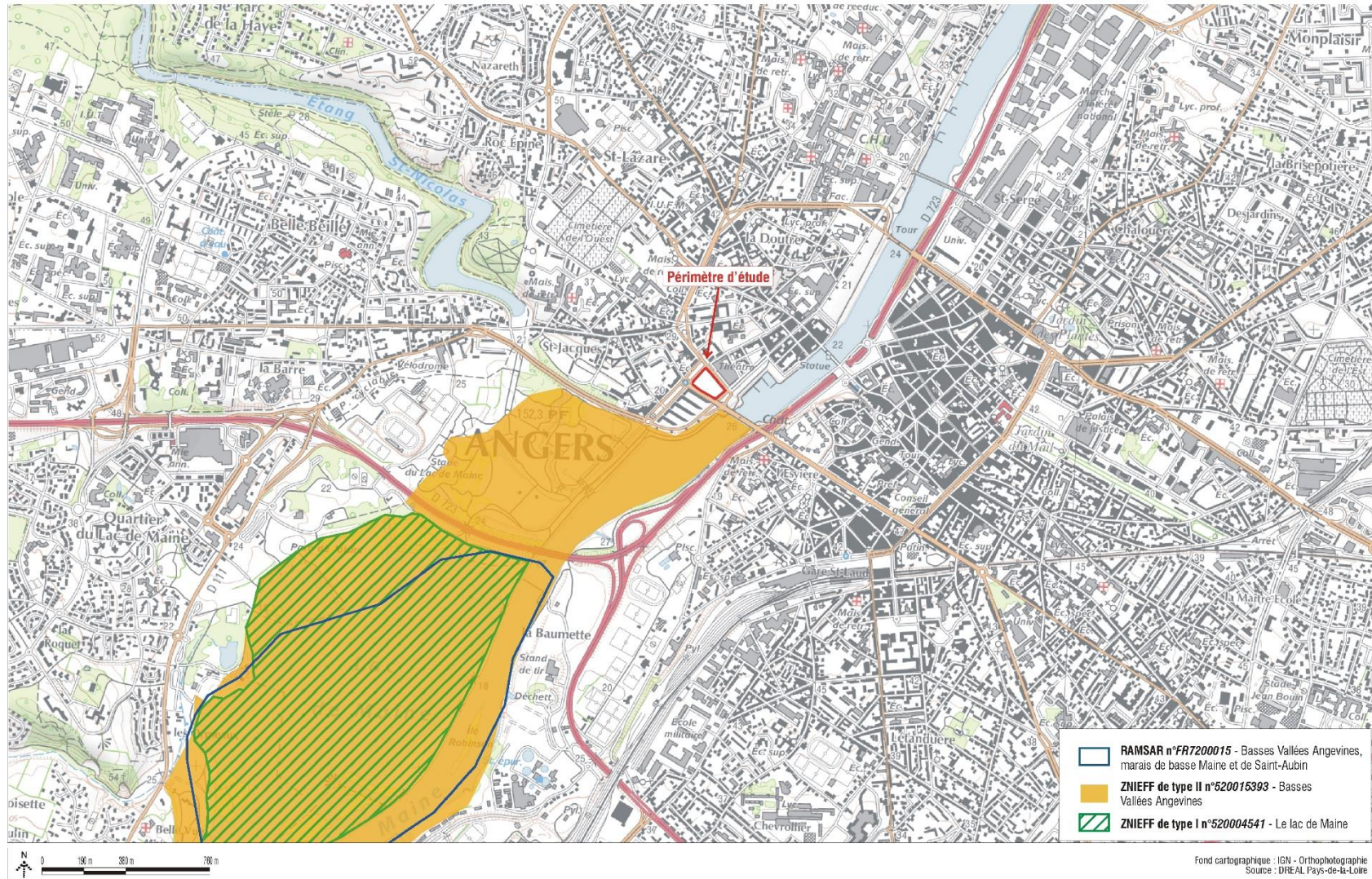


Annexes Facultatives  
Projet « Le Musée des Collectionneurs »  
Angers (49)



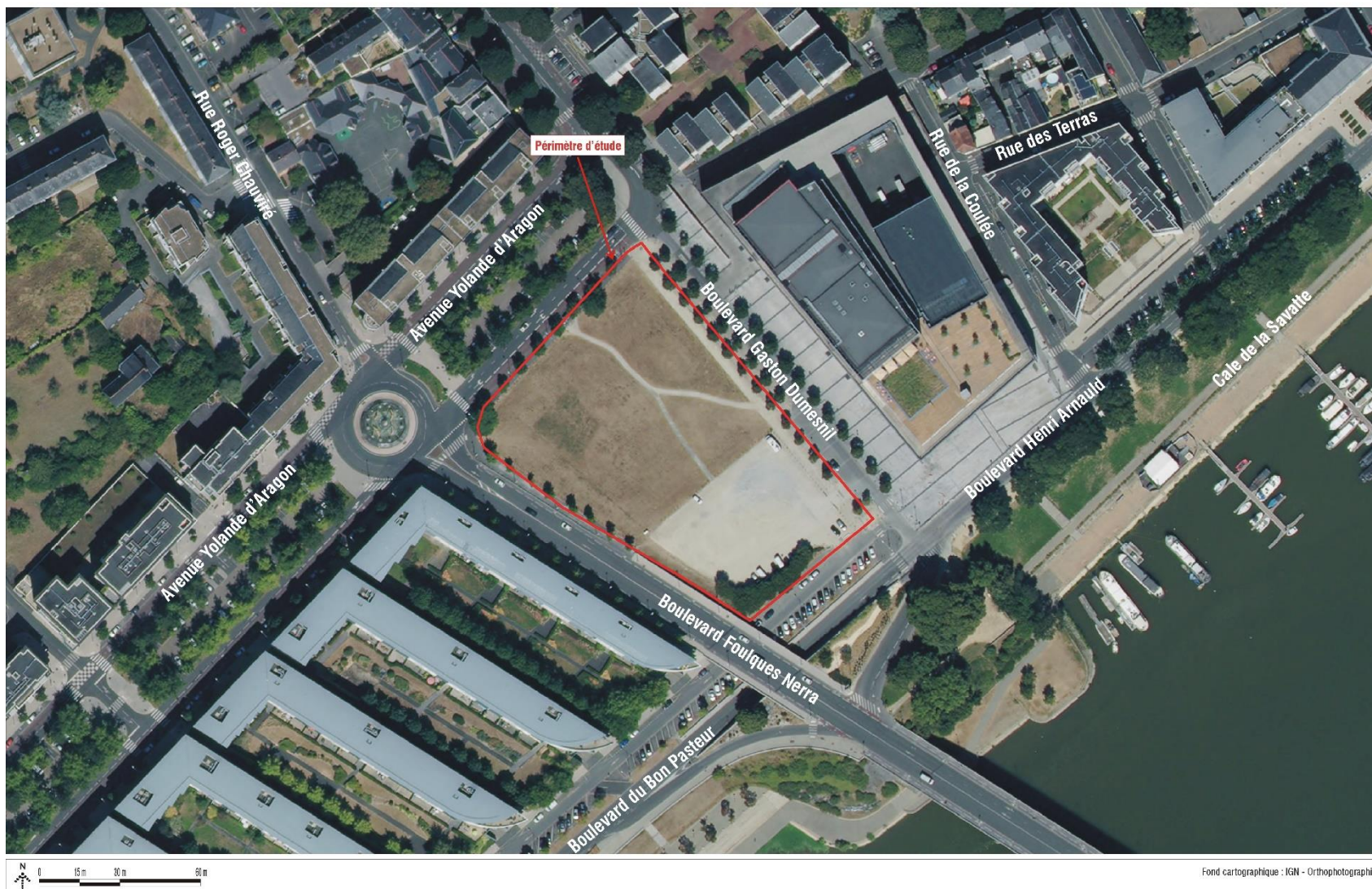
## LOCALISATION DES SITES NATURELS SENSIBLES



Annexe 7 : Sites naturels sensibles

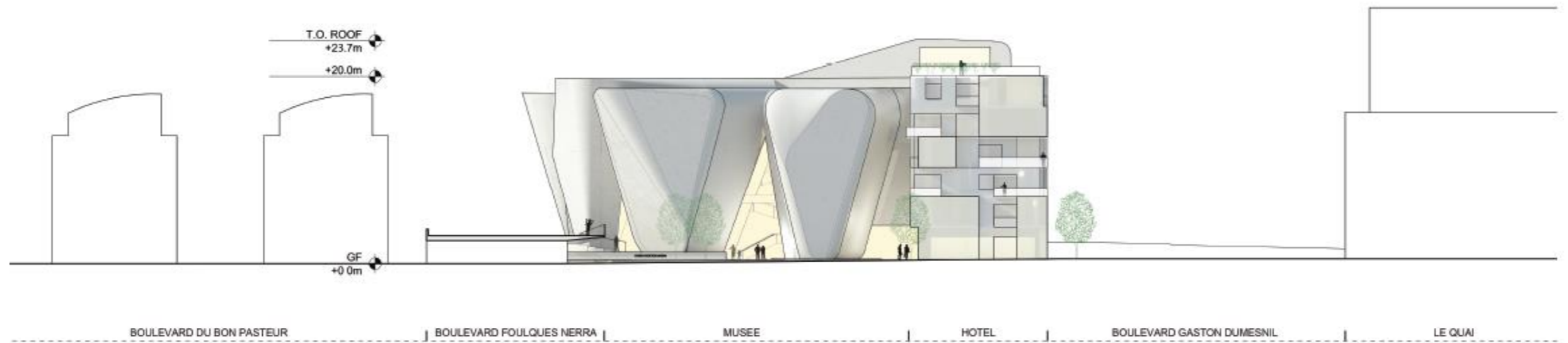


Annexe 8 : Occupation du sol du site d'étude



Annexe 9 : Vue aérienne du site du projet

Annexe 10 : Coupes du projet



Annexe 11 : Visuels du projet



Vue depuis le Boulevard Foulques Nerra

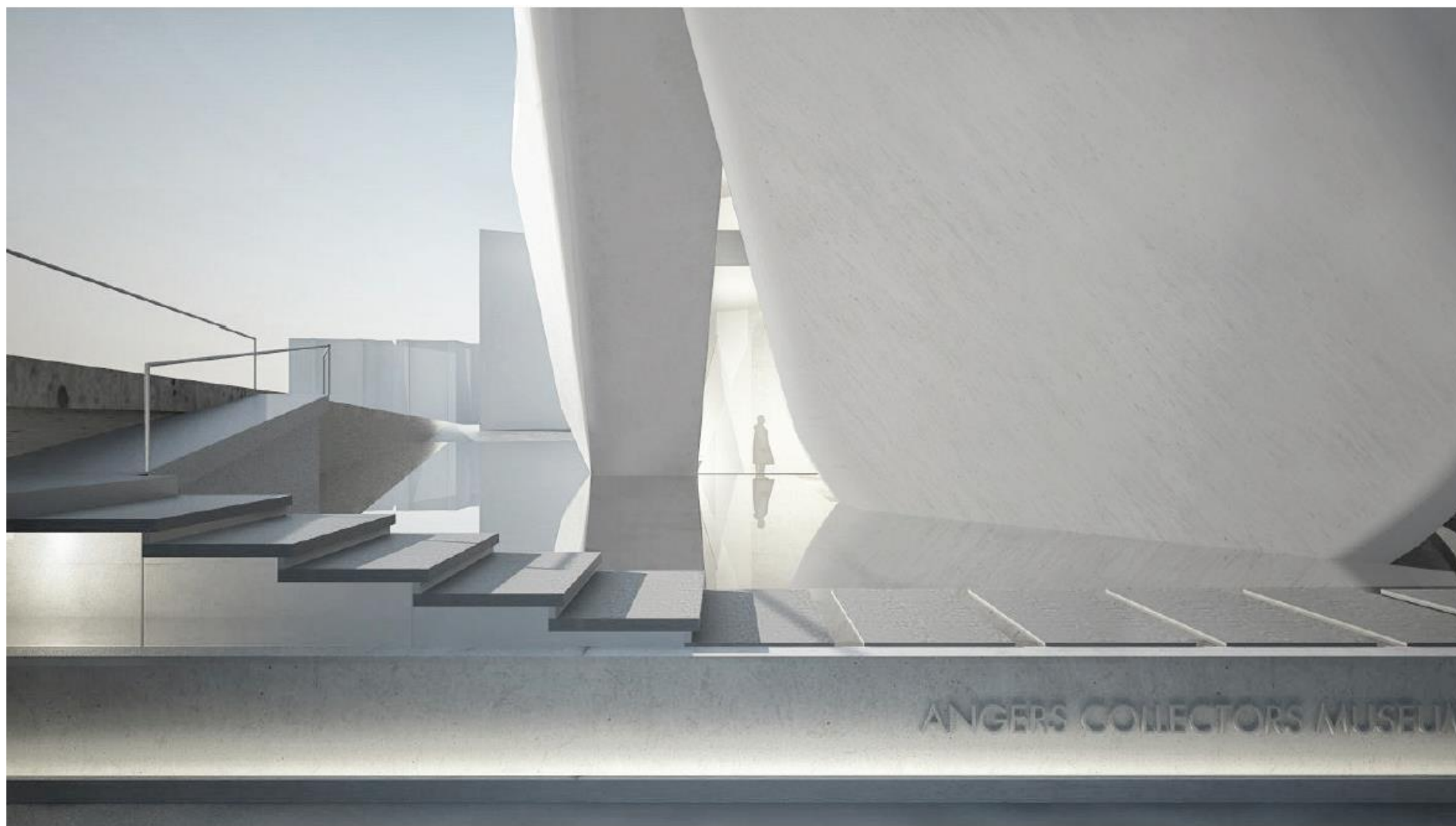


2 - Vue depuis le boulevard Bon Pasteur



Vue depuis le Boulevard Fouques Nerra





4 - Vue depuis le boulevard Bon Pasteur



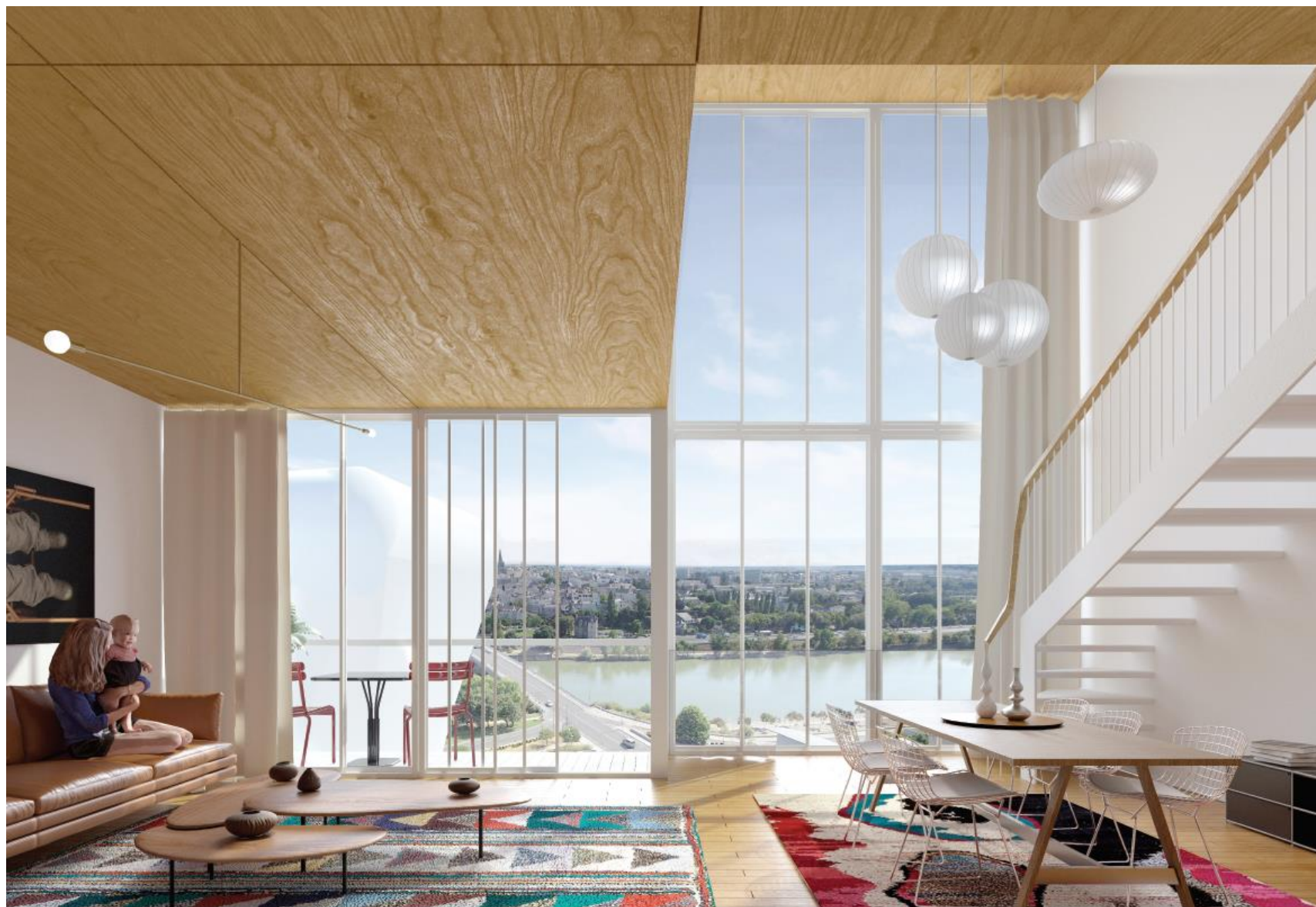
Vue intérieur du hall du musée



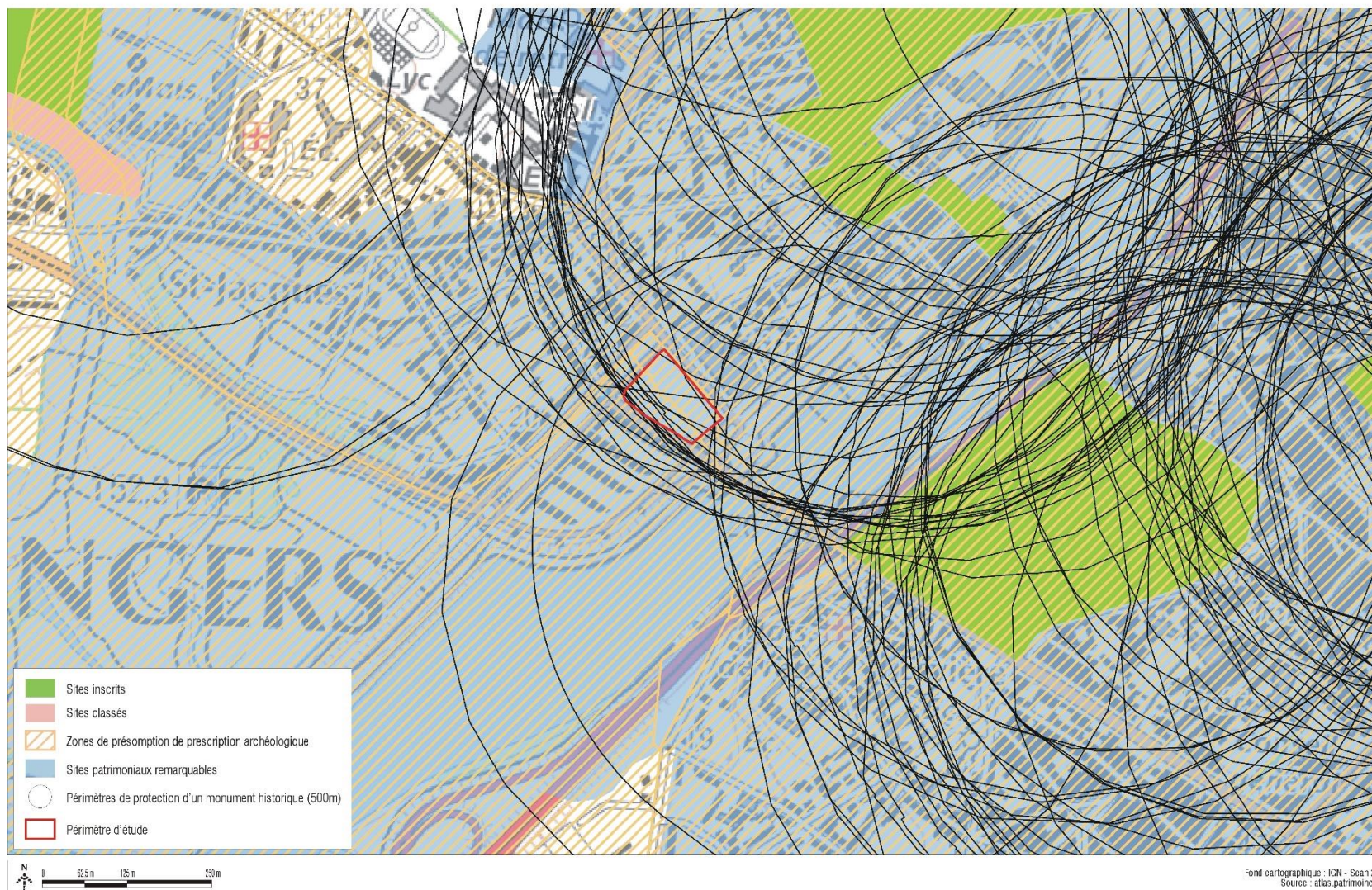
Vue depuis l'Avenue Yolande d'Aragon



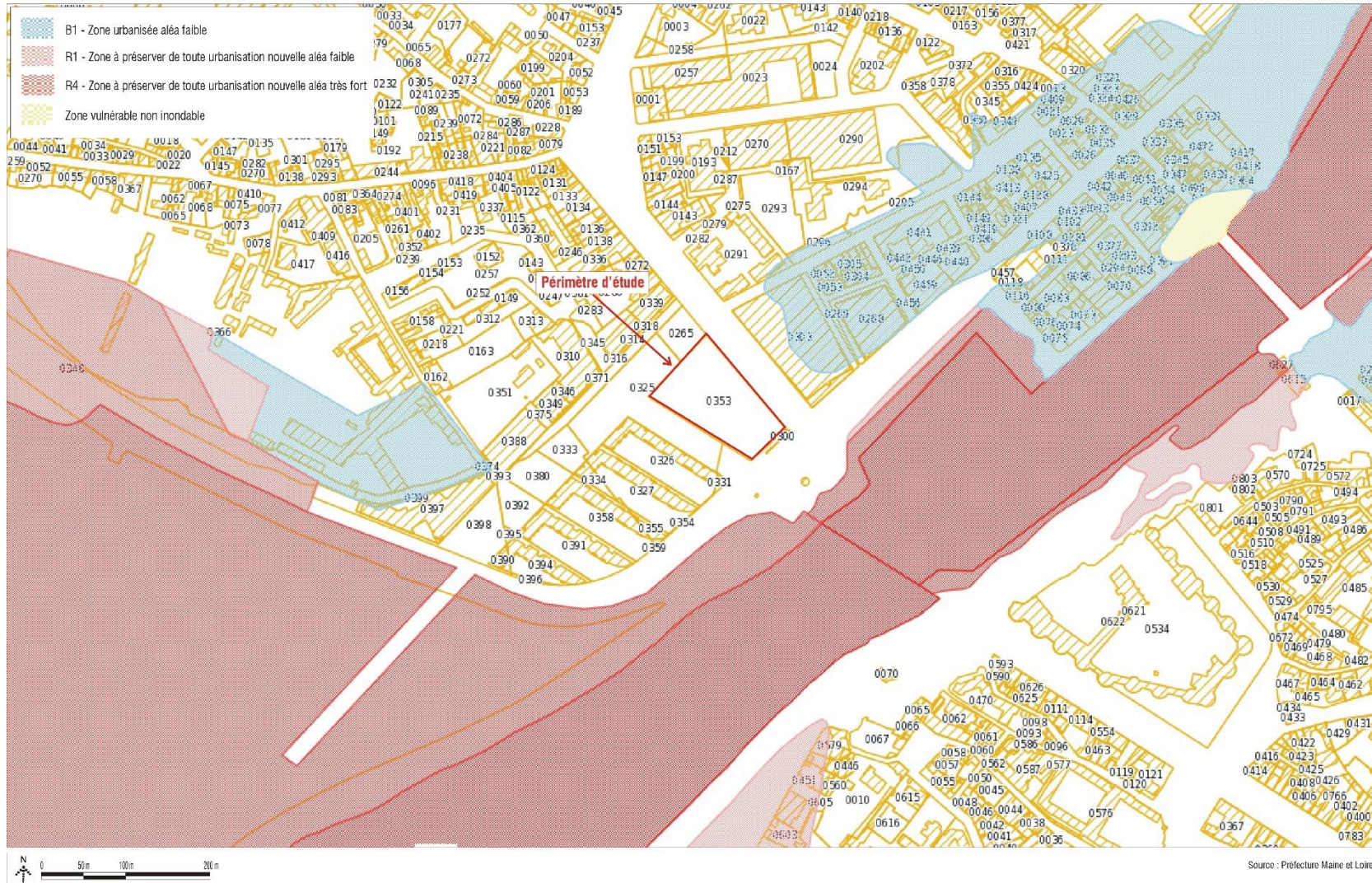
8 - Vue depuis le Boulevard Foulques Neira



Vue depuis l'intérieur d'un logement



Annexe 12 : Patrimoine culturel et paysager



Annexe 13 : Extrait du zonage réglementaire des Plans de Prévention des Risques d'Inondation « Val du Louet » et « Confluence Maine »







## SPL2A

Site du futur centre des congrès  
secteur Foulques Nerra / Gaston Dumesnil  
à ANGERS (49)

### **Diagnostic environnemental du milieu souterrain**

Rapport RSSPLB03002-01

26/07/2013



[www.burgeap.fr](http://www.burgeap.fr)



## SPL2A

Site du futur centre des congrès d'ANGERS (49)

# Diagnostic environnemental du milieu souterrain

Pour cette étude, le chef du projet est : Fanny VILARASAU

Ce rapport a été rédigé avec la collaboration de .....

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction		Vérification		Supervision et validation	
			Nom	Signature	Nom	Signature	Nom	Signature
Rapport	26/07/2013	01	F.VILARASAU		A. BOUDIOS		A. GERARDIN	
		02						
		03						
		04						

Numéro de rapport :	RSSPLB03002-01
Numéro d'affaire :	A34201
N° de contrat :	CSSPLB131257
Domaine technique :	SP01
Mots clé du thésaurus	ETUDE HISTORIQUE, DOCUMENTAIRE ET MEMORIELLE DIAGNOSTIC DE QUALITE ENVIRONNEMENTALE

BURGEAP AGENCE LOIRE BRETAGNE

9, rue du Chêne Lassé

44800 ST HERBLAIN

Téléphone : 33(0)2.40.38.67.06. Télécopie : 33(0)2.40.85.68.50

e-mail : [agence.de.nantes@burgeap.fr](mailto:agence.de.nantes@burgeap.fr)

RSSPLB03002-01 / CSSPLB131257	
FVU - ABS - PL	
26/07/2013	Page : 2/52

## SOMMAIRE

<b>Synthèse non technique</b>	<b>7</b>
<b>Synthèse technique</b>	<b>8</b>
<b>1. Introduction</b>	<b>9</b>
1.1 Objet de l'étude	9
1.2 Méthodologie générale et réglementation en vigueur	9
1.3 Documents de référence et sources consultées	10
<b>2. Visite de site (A100)</b>	<b>11</b>
2.1 Localisation et identification du site	11
2.2 Description du site actuel	11
2.3 Description des environs du site	11
<b>3. Etude historique, documentaire et mémorielle (A110)</b>	<b>12</b>
3.1 Informations recueillies auprès des archives départementales	12
3.2 Informations recueillies auprès des archives municipales	12
3.3 Consultation des photographies aériennes	13
3.4 Données des sites BASIAS et BASOL	14
3.5 Vérification auprès du service des installations classées de la Préfecture	16
3.6 Identification des activités/installations potentiellement polluantes	16
<b>4. Contexte environnemental et étude de vulnérabilité des milieux (A120)</b>	<b>17</b>
4.1 Contexte géologique	17
4.2 Contexte hydrogéologique	17
4.3 Contexte hydrologique	17
4.4 Zones naturelles sensibles	17
4.5 Utilisation de la ressource en eau dans le secteur d'étude	19
4.5.1 Captage pour l'alimentation en eau potable (AEP)	19
4.5.2 Ouvrages recensés dans la banque de données du sous-sol	19
4.6 Risque d'inondation	20
4.7 Recensement des sites potentiellement pollués autour du site	20
4.8 Conclusion sur la vulnérabilité de l'environnement	21
4.8.1 Eaux souterraines	21
4.8.2 Eaux superficielles	22
4.8.3 Zones naturelles sensibles et environnement proche du site	22
4.8.4 Sites potentiellement pollués	22
<b>5. Investigations sur les sols (A200)</b>	<b>23</b>
5.1 Nature des investigations	23
5.2 Observations de terrain	23
5.3 Stratégie et mode opératoire d'échantillonnage	24

5.4	Conservation des échantillons	24
5.5	Programme analytique	24
5.6	Valeurs de référence pour les sols	25
5.7	Résultats et interprétation des analyses sur le milieu « sols »	26
<b>6.</b>	<b>Schéma conceptuel d'usage futur</b>	<b>29</b>
6.1	Méthodologie	29
6.2	Anomalies dans les sols	29
6.3	Enjeux	30
6.3.1	Sur site	30
6.3.2	Hors site	30
6.4	Voies de transfert et/ou d'exposition	30
<b>7.</b>	<b>Mesures de gestion des pollutions</b>	<b>31</b>
7.1	Objectifs	31
7.1.1	La maîtrise des anomalies/sources de pollution	31
7.1.2	La gestion des matériaux excavés	31
7.2	Caractéristiques des sources de pollution à considérer	31
7.2.1	Les anomalies en métaux dans les sols	31
7.2.2	Les anomalies en hydrocarbures dans les sols	32
7.2.3	Synthèse des anomalies prises en compte	32
7.3	Revue des techniques disponibles pour la gestion des sources	33
<b>8.</b>	<b>Conclusions et recommandations</b>	<b>36</b>
<b>9.</b>	<b>Limites d'utilisation d'une étude de pollution</b>	<b>38</b>
	<b>FIGURES</b>	<b>39</b>
	<b>ANNEXES</b>	<b>40</b>

## TABLEAUX

Tableau 1 : Sources consultées	10
Tableau 2 : Synthèse de la consultation des photographies aériennes	13
Tableau 3 : Sources potentielles de pollution	16
Tableau 4 : Zones remarquables pour la protection de l'Environnement les plus proches du site	18
Tableau 5 : Usage des eaux souterraines à proximité du site	19
Tableau 6 : Caractéristiques des sites recensés sur BASIAS dans un rayon de 500 m autour du site	20
Tableau 7 : Programme des investigations	23
Tableau 8 : Niveaux d'eaux souterraines	24
Tableau 9 : Programme analytique	25
Tableau 10 : Résultats d'analyses sur sols bruts	26
Tableau 11 : Résultats d'analyses sur les éluats	27
Tableau 12 : Synthèse des anomalies dans les sols	29
Tableau 13 : Extension des anomalies dans les sols	32
Tableau 14 : Estimation des coûts de gestion des matériaux impactés	34

## Synthèse non technique

Dans le cadre du projet de construction du futur centre des congrès d'Angers (49) en rive droite de la Maine, la SPL2A, en qualité de propriétaire, a missionné BURGEAP pour la réalisation d'un diagnostic environnemental visant à évaluer le degré de pollution des sols de ce site.

Le projet d'aménagement porté par la SPL2A en est à la phase concours avec deux groupements en concurrence sur les parties conception/construction. Néanmoins, il est envisagé avec le centre des congrès et son auditorium de 1500 places, la construction d'un hôtel trois étoiles de 150 chambres et l'aménagement d'un parking en sous-sol sur un ou deux niveaux.

L'étude historique a mis en évidence :

- avant 1840, une plaine ou prairie alluviale ;
- sur une majeure partie du site, la présence de l'ancien abattoir municipal d'Angers depuis le milieu du XIX<sup>ème</sup> siècle puis l'abattoir moderne au début du XX<sup>ème</sup> siècle (reconstruction et agrandissement après démolition de l'ancien devenu obsolète et insuffisant en terme de capacité) ;
- un horizon important de remblais apporté lors de l'aménagement des abattoirs (anciens et modernes) ;
- des maisons d'habitation et une société de vente automobiles avec une partie garage le long du boulevard Gaston Dumesnil ;
- l'absence de structure bâtie vers la fin des années 1980.

Les recherches relatives aux milieux ont quant à elles révélé :

- une vulnérabilité et une faible sensibilité de la nappe alluvionnaire ;
- la proximité de la Maine et d'un environnement naturel remarquable (ZNIEFF).

Les investigations de terrain, réalisées en juillet 2013 ont intégré :

- 6 sondages au carottier battu jusqu'à 6 mètres de profondeur ;
- des prélèvements d'échantillons de sols au sein de tous les sondages pour définition de la qualité de ces derniers.

Les investigations et analyses de sols réalisées ont montré :

- l'absence de constat organoleptique suspect (odeur et/ou couleur anormale) ;
- un impact faible à modéré par des métaux et métalloïdes dans les remblais et limons du site (entre 0 et 6 m) ;
- des traces d'hydrocarbures C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> dans les premiers mètres de remblais du parking ;
- en partie Ouest du site, une légère teneur anormale en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans l'horizon superficiel du sondage S1 ;
- l'inadmissibilité en Installation de Stockage de Déchets Inertes (ISDI) de certains sols du fait de la présence de HAP (sondage S1) ou d'antimoine sur éluat.

Les usages considérés sur le site correspondent à un équipement culturel, un hôtel et un parking en sous-sol avec potentiellement des espaces-verts. Les cibles sur site sont ainsi des adultes et enfants.

Les coûts de gestion des matériaux impactés sont ainsi estimés en 1<sup>ère</sup> approche, entre 49 à 1339 k€ pour une gestion globale hors site et entre 35 et 355 k€ HT pour une conservation des matériaux sur site.

Compte tenu du raisonnement par maillage utilisé lors de ce diagnostic, des investigations complémentaires sont recommandées pour affiner les montants annoncés et déterminer la solution de gestion la plus adaptée en fonction du projet (gestion hors site et/ou gestion sur site).

RSSPLB03002-01 / CSSPLB131257	
FVU - ABS - PL	
26/07/2013	Page : 7/52

## Synthèse technique

Client	<b>SPL2A</b>
Informations sur le site lui-même	<p><b>adresse</b> : Boulevards Foulques Nerra, du Bon Pasteur, Gaston Dumesnil et Yolande d'Aragon à ANGERS (49)</p> <p><b>références cadastrales</b> : espace public et parcelles CZ 265 et CZ 267</p> <p><b>superficie</b> : 8300 m<sup>2</sup></p> <p><b>usage et exploitant actuel</b> : espace vert et parking pour véhicules légers</p> <p><b>situation administrative</b> : non soumis au régime ICPE</p>
Contexte de l'étude	Cette étude est réalisée dans le cadre de la construction du futur centre des congrès d'Angers
Historique succinct	Entre 1840 et 1988, le site est occupé en majeure partie par l'abattoir municipal d'Angers, seule la partie nord-est est occupée par des maisons d'habitation. Dans les années 1970, une activité de vente automobiles et de garage est recensée le long du boulevard Dumesnil.
Géologie / hydrogéologie	<ul style="list-style-type: none"> <li>de la terre végétale sur 20 à 40 cm au droit de S1, S2, S3 et S4 (espace vert) et un remblai sableux gris sur 40 cm pour S5 et S6 (parking) ;</li> <li>des remblais sablo-limoneux à limoneux ou schisteux, bruns à noirâtres ou ocre pouvant être rencontrés jusqu'à la base des sondages ;</li> <li>des sables ocre/beige à partir de 3,5 m au droit de S1 et S3 jusqu'à 6 m ;</li> <li>des limons bruns uniquement au droit de S2 sur une épaisseur de 1,3 m.</li> </ul>
Nature des investigations réalisées	<ul style="list-style-type: none"> <li>6 sondages au carottier battu descendus à 6 mètres de profondeur ;</li> <li>prélèvements et analyses des sols issus des sondages.</li> </ul>
Composés recherchés	<ul style="list-style-type: none"> <li>IH C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>, HAP, PCB, BTEX, 8 métaux et métalloïdes, pack ISDI</li> </ul>
Impacts identifiés lors de cette étude	<ul style="list-style-type: none"> <li>l'absence de constat organoleptique suspect (odeur et/ou couleur anormale) ;</li> <li>un impact faible à modéré par des métaux et métalloïdes dans les remblais et limons du site (entre 0 et 6 m) ;</li> <li>des traces d'hydrocarbures C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> dans les premiers mètres de remblais du parking ;</li> <li>en partie Ouest du site, une légère teneur anormale en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans l'horizon superficiel du sondage S1 ;</li> <li>l'inadmissibilité en Installation de Stockage de Déchets Inertes (ISDI) de certains sols du fait de la présence de HAP (sondage S1) ou d'antimoine sur éluat.</li> </ul>
Conséquences sur le projet / recommandations	<p>Les coûts de gestion des matériaux impactés sont ainsi estimés en 1<sup>ère</sup> approche, <u>entre 50 à 1400 k€ pour une gestion globale hors site et entre 35 et 355 k€ HT pour une conservation des matériaux sur site.</u></p> <p>Compte tenu du raisonnement par maillage utilisé lors de ce diagnostic, des investigations complémentaires sont recommandées pour affiner les montants annoncés et déterminer la solution de gestion la plus adaptée en fonction du projet (gestion hors site et/ou gestion sur site).</p>

RSSPLB03002-01 / CSSPLB131257

FVU - ABS - PL

26/07/2013

Page : 8/52

## 1. Introduction

### 1.1 Objet de l'étude

Dans le cadre du projet de construction du futur centre des congrès d'Angers (49) en rive droite de la Maine, la SPL2A, en qualité de propriétaire, a missionné BURGEAP pour la réalisation d'un diagnostic environnemental visant à évaluer le degré de pollution des sols de ce site.

Le projet d'aménagement porté par la SPL2A en est à la phase concours avec deux groupements en concurrence sur les parties conception/construction. Néanmoins, il est envisagé avec le centre des congrès et son auditorium de 1500 places, la construction d'un hôtel trois étoiles de 150 chambres et l'aménagement d'un parking de 200 places en sous-sol.

La présentation de la méthodologie, des données acquises suite à la visite du site et aux études historiques et de vulnérabilité de l'environnement, ainsi que les investigations menées sur le site en juillet 2013, les résultats des analyses effectuées et nos recommandations en termes de gestion des pollutions du site sont l'objet du présent rapport.

### 1.2 Méthodologie générale et réglementation en vigueur

La méthodologie retenue par BURGEAP pour la réalisation de cette étude prend en compte les textes et outils de la politique nationale de gestion des sites et sols pollués en France de février 2007 et les exigences de la **norme AFNOR NF X 31-620 « Qualité du sol - Prestations de services relatives aux sites et sols pollués »** révisée en juin 2011, pour le domaine A : « Etudes, assistance et contrôle ».

Nous nous plaçons dans une prestation de type  **EVAL** (évaluation environnementale des sols, dont les objectifs sont.

- de procéder à un état des lieux ;
- de reconstituer, à travers l'histoire des pratiques industrielles et environnementales du site, d'une part les zones potentiellement polluées et d'autre part les types de polluants potentiellement présents au droit du site concerné ;
- d'identifier les possibilités de transfert des pollutions et les usages des milieux dans l'environnement du site ;
- de vérifier les suspicions de pollution des sols

Cette prestation globale de type  **EVAL** inclut les prestations élémentaires suivantes :

- **A100** : Visite du site
- **A110** : Etudes historiques, documentaires et mémorielles
- **A120** : Etude de vulnérabilité des milieux
- **A200** : Prélèvements, mesures, observations et analyses sur les sols.

L'étude a en outre été réalisée sur la base des connaissances techniques et scientifiques disponibles à la date de sa réalisation.

RSSPLB03002-01 / CSSPLB131257	
FVU - ABS - PL	
26/07/2013	Page : 9/52



### 1.3 Documents de référence et sources consultées

Les différentes consultations réalisées pour la rédaction de ce rapport sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Sources consultées

Etablissement consulté	Type de consultation	Date	Dossier disponible
IGN	Internet	Juillet 2013	Photographies aériennes
ARS de Pays de la Loire			Captages d'eau potable
Infoterre			Géologie et captages
DREAL			Zones naturelles sensibles
BASOL			Sites potentiellement pollués
BASIAS			Sites industriels et activités de service
Géoportail			-
Carte IGN			Angers carte n°1.522 O
Carte géologique			Angers carte n°454
PPRI « Confluence Maine »			Règlement et cartographie sur Angers
Archives départementales du Maine et Loire			Cadastre napoléonien
Site étudié			Visite de site
Archives municipales d'Angers	Consultation sur place	17 juillet	Cartes postales, plans du site, de la ville
Préfecture du Maine-et-Loire bureau des ICPE	Conversation téléphonique / consultation sur place	26 juillet 2013	Dossier réglementaire archivé

## 2. Visite de site (A100)

### 2.1 Localisation et identification du site

Le site du futur centre des congrès est localisé en rive droite de *la Maine*, face au château des Ducs d'Anjou. Inséré entre de nouvelles résidences et l'équipement culturel « le Quai », il se situe à l'ouest du centre-ville historique. (cf. **Figure 1**).

Correspondant à la parcelle cadastrée EZ 353, le terrain présente une superficie totale d'environ 8 300 m<sup>2</sup>.

Son altitude moyenne est comprise entre +21,70 et +23,25 m NGF (Nivellement Général de la France) avec une légère pente dirigée vers *la Maine*.

### 2.2 Description du site actuel

Le site étudié correspond à un espace vert en partie Nord-ouest et à un parking pour véhicules légers en partie sud-est.

Lors de la visite de la zone d'étude par un intervenant de BURGEAP le 04/06/2013 dans le cadre de la formulation de l'offre, le site s'est avéré correspondre à un terrain enherbé au droit de l'espace vert et empierré (mélange terre/pierre) au droit du parking, sans aucune structure bâtie sur son emprise. L'espace vert est par ailleurs traversé par un chemin piétonnier desservant le parking depuis le boulevard Yolande d'Aragon.

L'accès à la partie parking se fait par l'angle sud-est du site. Une zone de stationnement en enrobé étant préalablement à traverser.

Le reportage photographique issu des visites du site est présenté en **Annexe 1**, les informations recueillies quant à elles sont synthétisées sur la **Figure 2**.

### 2.3 Description des environs du site

Les abords immédiats du site sont les suivants :

- au nord-est, le boulevard Gaston Dumesnil et au-delà l'équipement culturel « le Quai » ;
- au sud-est, une zone de stationnement, puis le boulevard du Bon Pasteur et *la Maine* ;
- au sud-ouest, le boulevard Foulques Nerra puis un complexe résidentiel ;
- au nord-ouest, le boulevard Yolande d'Aragon, et au-delà des immeubles d'habitation et une école.

La **Figure 2** présente les occupations extérieures autour du site.

RSSPLB03002-01 / CSSPLB131257	
FVU - ABS - PL	
26/07/2013	Page : 11/52

### 3. Etude historique, documentaire et mémorielle (A110)

L'étude historique est destinée à rassembler et à synthétiser les informations ou documents disponibles sur les activités qui ont eu lieu sur le site et la nature des produits manipulés, puis de définir les zones à risque de pollution du milieu souterrain pour les éventuelles investigations ultérieures.

#### 3.1 Informations recueillies auprès des archives départementales

Le site internet des archives départementales permet de visualiser le cadastre napoléonien de 1810 et de 1842 de la commune d'Angers.

En 1810, la zone d'étude correspond à une plaine ou prairie alluviale, dénommée « le pré d'Alloyau ». En 1842, un bâtiment de forme carrée apparaît sur le cadastre avec la dénomination d'abattoir (voir **Annexe 2**).

#### 3.2 Informations recueillies auprès des archives municipales

Les archives municipales d'Angers ont été consultées et ont permis de retracer l'occupation du site depuis la moitié du XIX<sup>ème</sup> siècle jusqu'aux années soixante-dix.

Elles disposent d'une centaine de cotes indexées sous ou avec le mot clé « Abattoir » dans les archives anciennes (9M-1-53) et dans les archives iconographiques.

Le conservateur des archives d'Angers, M BERTOLDI a également rédigé deux chroniques évoquant l'abattoir au sein du magazine « Vivre à Angers ».

Les principales informations historiques en rapport avec le sujet de la présente étude sont synthétisées ci-dessous.

La construction du premier abattoir est mise en concours en 1830, jusqu'alors les animaux étaient tués en pleine rue. Son implantation sur le pré d'Alloyau est fixée en 1832 malgré de nombreuses oppositions. Avant sa construction, il a été nécessaire de remblayer et de stabiliser les lieux afin de mettre hors d'eau le terrain. La première pierre est posée en octobre 1842 mais l'ouverture de l'abattoir n'aura lieu qu'en 1847.

L'**annexe 3** présente une vue de l'abattoir où la surélévation par rapport à la Maine est bien visible, ainsi qu'un plan de masse de l'abattoir.

Pensé par l'architecte angevin Moll, son accès se fait par le boulevard Gaston Dumesnil (anciennement le boulevard de Nantes), perpendiculaire à l'ancien boulevard Henri Arnaud. De faible emprise, il devient très vite insuffisant en terme de capacité pour les 52 bouchers présents sur la ville en 1880.

Plusieurs projets d'agrandissement se succèdent mais ne sont pas retenus. Finalement, la municipalité se décide à élever un abattoir modèle, entièrement neuf, quasiment au droit de l'ancien et des terrains limitrophes. Pour cela, elle ouvre un concours en 1903 et c'est l'architecte Blitz qui est retenu en 1904. Le nouvel abattoir (nommé également abattoir moderne) inauguré le 30 octobre 1910, est orienté vers la Maine et son accès se fait par l'ancien boulevard Henri Arnaud qui a été prolongé. Il regroupe tous les progrès de l'époque en matière d'hygiène, d'aération, de chauffage central sur une emprise au sol de 20 000 m<sup>2</sup> environ.

Le plan masse de cet abattoir (plus grand que le site), moderne pour l'époque, fait état (sur l'emprise de la zone d'étude) du bâtiment pour les chevaux (l'hippophagie), de celui pour les porcs (la charcuterie), du pavillon du concierge et de l'emplacement réservé au bâtiment frigorifique. Ce dernier comprend entre autre une salle de chaudière associée à une zone de stockage de charbon et une salle des machines pour la production de glace. Le système employé pour la fabrication de la glace n'est pas connu. Néanmoins au vu du

plan des installations (présence de chaudières), il pourrait s'agir vraisemblablement d'un système à compression, les chaudières servant à fournir l'énergie aux compresseurs.

Une chaufferie est également indiquée plus au Nord (hors du site), son mode d'alimentation se faisait au charbon.

L'**annexe 4** regroupe les archives iconographiques de la ville d'Angers concernant l'abattoir moderne.

L'abattoir ne subira pas de transformations majeures dans son infrastructure au cours des années jusqu'à sa fermeture en 1970.

Les bâtiments serviront alors à plusieurs usages simultanés ou successifs : usine relais pour la société DBA (traitement métaux), atelier chorégraphique, expositions, entrepôt pour le théâtre des Pays de la Loire, subdivision sud du service voirie, ....

En 1973, l'extrémité Est est détruite pour accueillir l'échangeur routier du pont de la Basse Chaine. Le reste du site suivra en 1991 dans le cadre d'un vaste programme immobilier (immeubles d'habitat collectif).

### 3.3 Consultation des photographies aériennes

Les observations recueillies lors de la consultation des photographies aériennes de l'Institut Géographique National (IGN) sont synthétisées dans le tableau ci-dessous. Les principales photographies aériennes sont fournies en **annexe 5**.

Tableau 2 : Synthèse de la consultation des photographies aériennes

Année	Site étudié	Environnement du site
1923	Au droit du site étudié, semblent se trouver en partie nord-est, des habitations avec jardins, le reste étant occupé par l'abattoir municipal d'Angers (essentiellement le bâtiment dédié aux porcs, le pavillon du concierge et dans l'angle sud-est, l'entrepôt frigorifique)	<p>Au nord et à l'est, les terrains sont urbanisés. A l'ouest, l'urbanisation s'étend principalement le long de la rue Saint-Jacques.</p> <p>Au-delà de la rue Henri Fournier, au nord, on distingue une zone de jardins/potagers.</p> <p>La rue Henri Arnaud en front de Maine, dessert l'abattoir et s'arrête où se termine l'abattoir.</p> <p>La plaine limitrophe à l'abattoir en partie ouest est inoccupée.</p> <p>Le pont de la Basse Chaine relie la rue Gaston Dumesnil au château d'Angers.</p>
1949 1958	Pas de modification au niveau du bâti	<p>Pas de changement important en parties nord et est, l'urbanisation croît légèrement.</p> <p>On remarque une zone remblayée (plus claire sur la photographie de 1949) en limite ouest de l'abattoir au niveau de la plaine et quelques structures (pans de mur) y apparaissent en 1958. En 1958, le boulevard de Nantes est visible (ancienne rue Henri Arnaud) et prolongé pour rejoindre la rue Saint-Jacques.</p>
1960 1962 1964	Pas de modification au niveau du bâti	<p>Pas de changement important en parties nord et est. En partie nord-ouest, le quartier s'urbanise avec des logements collectifs.</p> <p>En partie Ouest, deux bâtiments sont identifiés en limite de l'abattoir ainsi qu'un très grand entrepôt de forme triangulaire légèrement plus à l'ouest.</p> <p>En 1960, le nouveau pont de la Basse chaine est en cours de construction. Ce dernier n'est plus</p>

Année	Site étudié	Environnement du site
		perpendiculaire à la Maine, il débouche face à l'entrée principale de l'abattoir. En 1962, le nouveau pont de la Basse Chaine est en service, on devine les piliers de l'ancien pont.
1968	Peu de modification du bâti. En partie nord-ouest au niveau des maisons d'habitations, sur l'une des parcelles apparaît un nouveau bâtiment, recouvrant ainsi la totalité de la parcelle (il s'agirait du numéro 7 de la rue Gaston Dumesnil) ; l'usage d'habitation n'est pas certain pour cette emprise.	L'urbanisation en partie nord-ouest continue.
1971	Des bâtiments apparaissent entre la halle d'abattage en limite ouest du site et le bâtiment des porcs, couvrant ainsi une partie de la cour principale.	En partie nord, on observe une restructuration du quartier compris entre les boulevards Dumesnil, Monprofit, Clémenceau et Descazeaux.
1977 1981 1988	Des bâtiments ont été détruits en parties sud et sud-est du site. Le pavillon du concierge, l'entrepôt frigorifique ne sont plus là ainsi que les nouvelles structures identifiées en 1971, laissant la place à de nouvelles voiries pour une meilleure circulation au niveau du pont.	Pas de modifications majeures, hormis les voies de circulation au proche du pont.
1994	Le site est totalement vierge de toute construction.	L'abattoir a totalement été démolit ainsi que les deux hangars situés en limite ouest de ce dernier. Le boulevard Foulques Nerra dans le prolongement du pont a été construit, il longe le site en partie ouest. On devine le nouveau boulevard Yolande d'Aragon en lieu et place de la rue Henri Fournier au nord-ouest.
2002	Pas de modification au droit du site.	La modification majeure réside en la présence des logements collectifs en partie sud-est du site, au-delà du boulevard Foulques Nerra.
2008	Le site correspond à l'état actuel avec sa partie en espace vert et sa zone de stationnement empierrée	La principale évolution est la construction de l'équipement culturel « Le quai » au nord-est du site.

### 3.4 Données des sites BASIAS et BASOL

La base de données **BASIAS** (inventaire des anciens sites industriels et activités de service) recense une ancienne activité sur le site. D'après sa fiche BASIAS, il s'agissait d'une société de vente d'automobiles avec une partie garage, implantée au 7, boulevard Gaston Dumesnil.

Selon cette même fiche, la société a débuté à la fin de l'année 1968 et 2 activités différentes y ont été exercées depuis le début d'exploitation :

RSSPLB03002-01 / CSSPLB131257	
FVU - ABS - PL	
26/07/2013	Page : 14/52



- une activité de commerce de voitures et de véhicules automobiles légers ;
- une activité de dépôt de liquides inflammables de type hydrocarbures pour une quantité de 12 m<sup>3</sup>.

La date de fin de l'exploitation n'est pas connue. Au regard des photographies aériennes, la fermeture a du intervenir avant 1994.

Le site ne figure par ailleurs pas dans la banque de données **BASOL** (recensement des sites potentiellement pollués appelant à une action des pouvoirs publics).

La base de données BASOL recense un seul site dans un rayon de 2 km autour du site d'étude (1,8 km en direction du nord-est). Ce site, localisé sur la **Figure 5**, correspond à une ancienne usine à gaz de Gaz de France (GDF).

RSSPLB03002-01 / CSSPLB131257	
FVU - ABS - PL	
26/07/2013	Page : 15/52

### 3.5 Vérification auprès du service des installations classées de la Préfecture

Dans le cadre de l'étude, le bureau des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) de la Préfecture de Maine-et-Loire a été consulté afin de déterminer si le site avait été soumis au régime des ICPE et accueilli par le passé des activités potentiellement polluantes (vérification dans la liste des installations soumises à autorisation ou déclaration).

Après interrogation de leur service d'archives, le bureau des ICPE a obtenu un seul dossier en lien avec l'abattoir d'Angers pour cette localisation. Le dossier portait sur la demande d'installation d'un four incinérateur en partie du nord-ouest de l'abattoir, en dehors de l'emprise du site d'étude.

### 3.6 Identification des activités/installations potentiellement polluantes

Les données recueillies ont permis de montrer que la partie sud-est du site a été occupé dès 1842 par le premier abattoir municipal d'Angers. Le reste du site étant libre de toute construction.

Au début du XX<sup>ème</sup> siècle, le site était majoritairement occupé par l'abattoir moderne d'Angers, seule la partie nord-est semblait être occupée par des maisons d'habitations avec jardins jusque dans les années 1990.

A noter, la présence au numéro 7 du boulevard Gaston Dumesnil, d'une société de ventes de véhicules avec dépôt de liquides inflammables (carburant et mazout) à partir de 1968 (date de fin d'activité non connue).

Par ailleurs, la totalité du site a fait l'objet d'un remblaiement d'après les données historiques :

- entre 1832 et 1841 pour la création de l'ancien abattoir avec des matériaux pris au pâtes Saint-Nicolas ;
- en 1905 et 1906, pour l'abattoir moderne sur environ 7 m d'épaisseur avec du sable de Loire.

Le site n'est par ailleurs plus bâti depuis une vingtaine d'années.

Hormis les remblais présents au droit du site, les zones de stockage de charbon du bâtiment frigorifique et l'activité recensée par Basias au numéro 7, du boulevard Dumesnil, aucune autre activité/installation potentiellement polluante n'a été identifiée au droit du site lors de cette étude historique.

Tableau 3 : Sources potentielles de pollution

Source potentielle	Profondeur (m)	Polluants potentiels (*)	Milieux potentiellement influencés
Remblais	0 à 7	HCT, HAP, métaux,	Sols / Eaux souterraines
Zone de stockage de charbon (bâtiment frigorifique)	0 à 2	HCT, HAP, métaux,	
Réservoirs d'hydrocarbures	0 à 3 ? si structures enterrées	HCT, HAP, BTEX	

(\*) HCT : hydrocarbures  
 HAP : hydrocarbures aromatiques polycycliques  
 BTEX : benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes

## 4. Contexte environnemental et étude de vulnérabilité des milieux (A120)

### 4.1 Contexte géologique

D'après la carte géologique n°454 d'Angers au 1/50 000ème (cf. **Figure 3**) et les données archivées sur le serveur de la banque de données Infoterre, la formation géologique susceptible d'être rencontrée au droit de la zone d'étude correspond à un horizon de remblais (X) sus-jacent aux schistes d'Angers (O<sub>3-4</sub>).

### 4.2 Contexte hydrogéologique

Les nappes recensées au droit de la carte géologique d'Angers n°484 sont principalement :

- la nappe des formations alluvionnaires de *la Loire* et de *l'Authion* ;
- la nappe des schistes d'Angers. C'est une nappe contenue dans les fissures et altérations des schistes de la partie superficielle de la formation ainsi que possiblement dans les chambres et galeries des anciennes exploitations. Cette nappe est vulnérable à d'éventuelles pollutions industrielles, vulnérabilité en partie augmentée par la connexion aléatoire qui existe entre les fractures.

Au vu de l'emplacement du site et du contexte géologique, la nappe des formations alluvionnaires de *la Maine* est présente au droit du site.

Le sens d'écoulement de cette nappe est probablement dirigé vers le sud en direction de *la Maine* qui va rejoindre *la Loire* vers Bouchemaine.

### 4.3 Contexte hydrologique

Le site (dans sa partie la plus proche) est localisé à environ 100 m au nord-ouest (en rive droite) de *la Maine* qui s'écoule selon un axe nord-est/sud-ouest et à environ 6,4 km au nord de *la Loire* s'écoulant en direction de l'ouest.

*La Maine*, d'une longueur de 11 km, est constituée de la confluence des trois grands affluents *le Loir*, *la Sarthe* et *la Mayenne* et se jette dans *la Loire* à Bouchemaine.

Ce cours d'eau, appartenant au domaine public fluvial navigable, transféré au Département depuis 2008, est fortement urbanisé hormis le secteur des marais de la Baumette. Il y est exercé une très forte pression de pêche amateur et professionnelle ainsi que de la navigation, des loisirs nautiques et de la promenade.

### 4.4 Zones naturelles sensibles

Les données relatives aux zones naturelles sensibles ont été recueillies auprès des services de la Direction Régionale de l'Environnement (base de données CARMEN) et de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN). Les zones naturelles remarquables les plus proches du site (moins de 5 km) sont recensées dans le tableau suivant. La **Figure 4** précise leur localisation.



Tableau 4 : Zones remarquables pour la protection de l'Environnement les plus proches du site

Référence	Nom de la zone naturelle sensible	Distance et position hydraulique par rapport au site (*)
<b>Espaces protégés</b>		
Zone humide protégée par la convention de Ramsar		
FR7200015	1 : Basses vallées angevines, marais de Basse Maine et de Saint Aubin	4 km en amont 2,7 km en aval
<b>Natura 2000</b>		
Zone de Protection Spéciale (ZPS)		
FR5210115	2 : Basses vallées angevines et prairies de la Baumette	4 km en amont
FR5212002	3 : Vallée de la Loire de Nantes aux Ponts-de-Cé et ses annexes	3,5 km en aval
Site d'intérêt communautaire (SIC)		
FR5200630	4 : Basses vallées angevines, aval de la rivière Mayenne et prairies de la Baumette	4 km en amont
FR5200622	5 : Vallée de la Loire de Nantes aux Ponts-de-Cé et ses annexes	3,5 km en aval
<b>Inventaires</b>		
ZNIEFF de type 1 de deuxième génération		
520015394	6 : Basses vallées angevines – prairies alluviales de la Mayenne, de la Sarthe et du Loir	4,5 en amont
520004541	7 : Le Lac de Maine	3,7 en aval
520014647	8 : Prairies et rocher de la Baumette	4,5 en aval
ZNIEFF de type 2 de deuxième génération		
520015393	9 : Basses vallées angevines	3,5 km en amont 200 m en aval

(\*) en référence au sens d'écoulement de la nappe superficielle

#### Le site étudié ne fait pas partie d'une zone naturelle sensible.

De par leur position en aval hydraulique du site étudié (à 200 m) et la présence de la nappe alluviale de *la Maine* au droit de ce dernier, les basses vallées angevines sont considérées comme vulnérables vis-à-vis d'éventuelles pollutions en provenance du site. Le risque d'impact en provenance du site est considéré comme fort.

Par ailleurs, on note la présence de plusieurs sites classés et inscrits à proximité du site. Le site inscrit le plus proche est celui du « quartier de la cité » en rive gauche de la Maine à environ 300 mètres à l'est, incluant le château des ducs d'Anjou (identifiant 49SI22). Le site classé le plus proche est « l'étang de Saint-Nicolas et ses rives » à 850 mètres à l'ouest du site (identifiant 49SC10).

## 4.5 Utilisation de la ressource en eau dans le secteur d'étude

Cette étude des usages de l'eau a été réalisée à partir des données communiquées par l'ARS et l'Agence de l'Eau.

Il faut en effet noter que les captages d'eau, et plus particulièrement les captages pour l'alimentation en eau potable (AEP), sont des cibles potentielles par rapport à la pollution des sols et que les nappes sont des voies de transfert de ces pollutions.

### 4.5.1 Captage pour l'alimentation en eau potable (AEP)

**Le site d'étude n'est pas inclus dans un périmètre de protection de captage.**

Les captages AEP les plus proches sont ceux de l'île au bourg (champ captant) sur la commune des Ponts-de-Cé à environ 6,6 km en latéral hydraulique au sud-est du site, captant la nappe alluviale de *la Loire* et celui de Port de vallée sur la commune de la Bohalle à environ 13 km en latéral hydraulique au sud-est du site captant également la nappe alluviale de *la Loire*.

Ces captages, sans relation hydrogéologique avec la zone étudiée, ne sont donc pas sensibles à un éventuel impact en provenance du site.

### 4.5.2 Ouvrages recensés dans la banque de données du sous-sol

Les recherches documentaires via la banque de données du sous-sol (BDSS) du BRGM ont permis de mettre en évidence la présence de 10 ouvrages dans un rayon de 1,5 km autour du site.

Les ouvrages recensés par la BDSS pour l'utilisation des eaux souterraines sont présentés dans le tableau ci-dessous et localisés sur la **Figure 5**.

Tableau 5 : Usage des eaux souterraines à proximité du site

N° sur la fig. 5	Identifiant	Adresse	Profondeur atteinte (m)	Altitude (m NGF)	Utilisation	Positionnement hydraulique	Distance au site
1	04542X0200/S1	BD DU BON PASTEUR	17	22	FORAGE	latéral	250 m au sud-ouest
2	04542X0219/GEO6	10 RUE KELLERMANN	110	30	SONDE-GEOTHERMIQUE	Sans lien hydraulique	Entre 450et 480 m au sud-est
3	04542X0215/GEO2						
4	04542X0218/GEO5						
5	04542X0214/GEO1						
6	04542X0217/GEO4						
7	04542X0216/GEO3						
8	04542X0220/F						
9	04542X0279/SG	RUE KENNEDY	120	20	SONDE-GEOTHERMIQUE	latéral	1200 m au sud-ouest
10	04542X0198/F	52 R.MONTESQUIEU	45	32	FORAGE	latéral	1400 m au nord-ouest

#### 4.6 Risque d'inondation

Le site d'étude ne se trouve pas en zone inondable d'après le PPRI (Plan de Prévention du Risque d'Inondation) Confluence Maine, applicable pour les terrains localisés en amont du pont de la Basse Chaîne.

#### 4.7 Recensement des sites potentiellement pollués autour du site

L'état environnemental des terrains voisins de la zone d'étude a été évalué via les bases de données BASIAS (inventaire des anciens sites industriels et activités de service) et BASOL (recensement des sites potentiellement pollués appelant à une action des pouvoirs publics).

La base de données **BASIAS** recense plusieurs sites localisés au droit ou à proximité de la zone d'étude.

Le tableau suivant rassemble les informations relatives aux sites BASIAS situés dans un rayon de 500 mètres autour du site étudié. Ils sont localisés sur la **Figure 5**.

Tableau 6 : Caractéristiques des sites recensés sur BASIAS dans un rayon de 500 m autour du site

N° sur la fig. 5	n° BASIAS	Nom de l'établissement	Etat d'occupation du site	Activités	Distance et position par rapport au site (*)
1	PAL4900137	STE ANGEVINE DE VENTE AUTOMOBILE	Activité terminée	Commerce de voitures et de véhicules automobiles légers; dépôt de liquides inflammables (D.L.I.)	Au droit du site (anciennement 7 boulevard Gaston Dumesnil)
2	PAL4900076	DBA (STE)	Activité terminée	Traitement et revêtement des métaux (traitement de surface, sablage et métallisation, traitement électrolytique, application de vernis et peintures); Fabrication d'équipements électriques et électroniques automobiles; Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.)	75 m en latéral
3	PAL4902831	GILES ET MICHEL	Activité terminée	Fonderie de cuivre	80 m en amont
4	PAL4900075	VILALTA Mr (SA)	Activité terminée	Garages, ateliers, mécanique et soudure ; Autres transports terrestres de voyageurs non classés ailleurs (n.c.a). (gare de bus, tramway, métro et atelier de réparation) Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.)	160 m en aval latéral
5	PAL4900138	PERDREAU Loïc, avant FAUCHEUX Albert, avant CHASSARD Victor	En activité	Commerce de voitures et de véhicules automobiles légers Commerce de gros, de détail, de desserte de carburant en magasin spécialisé (station service de toute capacité de stockage) Traitement et revêtement des métaux (traitement de surface, sablage et métallisation, traitement électrolytique, application de vernis et peintures)	165 m en amont latéral
6	PAL4900358	LE P'TIT JAUNET, avant LAGRILLE (SARL)	En activité	Fabrication de produits de boulangerie-pâtisserie et de pâtes alimentaires Démantèlement d'épaves, récupération de matières métalliques recyclables (ferrailleur, casse auto...)	195 m en amont latéral

N° sur la fig. 5	n° BASIAS	Nom de l'établissement	Etat d'occupation du site	Activités	Distance et position par rapport au site (*)
7	PAL4900073	RENAULT	Activité terminée	Garages, ateliers, mécanique et soudure; Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station service de toute capacité de stockage)	280 m en latéral
8	PAL4900084	MONASTERE DU BON PASTEUR	En activité	Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.)	385 m en latéral
9	PAL4900309	ANGERS HABITAT, avant THEZELAIS Michel	En activité	Production et distribution de vapeur (chaleur) et d'air conditionné Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.);	385 m sans lien hydraulique
10	PAL4900079	Mr AXELARD	Activité terminée	Forge, marteaux mécaniques, emboutissage, estampage, matriçage découpage ; métallurgie des poudres	400 m en latéral
11	PAL4900037	GIRARD Pierre	En activité	Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.); Garages, ateliers, mécanique et soudure	455 m en latéral
12	PAL4900128	Mr CHRETIEN	Activité terminée	Forge, marteaux mécaniques, emboutissage, estampage, matriçage découpage ; métallurgie des poudres; Fabrication d'autres ouvrages en métaux (emballages métalliques, boulons, articles ménagers, ressorts, ...)	475 m en amont
13	PAL4900099	BERNIER Edouard	Activité terminée	Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.)	490 m en latéral

(\*) en référence au sens d'écoulement présumé de la nappe superficielle

Une partie du site d'étude est recensée dans la base de données BASIAS. La fiche BASIAS est fournie en **annexe 6**.

Quatre sites BASIAS se trouvent en amont-latéral hydraulique du site d'étude dans un rayon de 500 m. Les activités pratiquées sur ces sites (fonderie, station-service, traitement et revêtement de métaux, démantèlement d'épaves, fabrication d'éléments métal, dépôt de liquides inflammables) sont susceptibles d'avoir influencé la qualité des eaux souterraines au droit du site (en considérant un transfert par la nappe). Les polluants potentiels associés aux activités pratiquées sur ces sites sont les suivants : hydrocarbures, composés organo-halogénés volatils, métaux.

La base de données BASOL recense un seul site dans un rayon de 2 km autour du site d'étude (1,8 km en direction du nord-est). Ce site, localisé sur la **Figure 5**, correspond à une ancienne usine à gaz de Gaz de France sans lien hydraulique avec la zone d'étude puisque situé en rive gauche de la Maine.

## 4.8 Conclusion sur la vulnérabilité de l'environnement

### 4.8.1 Eaux souterraines

La première nappe rencontrée au droit du site est contenue dans les alluvions de *la Maine*. Compte tenu de la proximité de cette formation avec la surface et de l'absence de couche imperméable la surmontant, cette nappe est considérée comme **vulnérable** face à une éventuelle pollution du fait d'une activité polluante provenant du site.



Il n'existe pas de captage d'eau destinée à la consommation humaine en aval hydraulique du site.

Compte tenu des distances des différents ouvrages de captages, de leurs usages et des nappes captées, les eaux souterraines au droit du site peuvent être qualifiées de **peu sensibles**.

#### 4.8.2 Eaux superficielles

*La Maine* est située à une distance d'environ 100 m, en aval hydraulique présumé du site. Compte tenu la distance au site et des relations nappe / rivière, la rivière de *la Maine* peut être **vulnérable** face à une éventuelle pollution du fait d'une activité polluante provenant du site. Des usages sensibles tels que l'activité piscicole ayant été identifiés, elle est considérée comme **sensible**.

#### 4.8.3 Zones naturelles sensibles et environnement proche du site

Le site étudié ne fait pas partie d'une zone naturelle sensible. La ZNIEFF de type 2 « les basses vallées angevines » se trouve néanmoins en aval hydraulique proche du site.

La zone d'étude est également entourée de plusieurs sites classés ou inscrits et à proximité des zones inondables du PPRI Confluence Maine.

L'environnement du site est donc **sensible** sur le plan anthropique.

#### 4.8.4 Sites potentiellement pollués

Le présent rapport montre que plusieurs sites BASIAS peuvent avoir une influence sur la qualité des sols et des eaux au droit du site étudié. Les polluants principaux susceptibles d'être générés par les activités exercées au droit de ces sites (fonderie, station-service, traitement et revêtement de métaux, démantèlement d'épaves, fabrication d'éléments métal, dépôt de liquides inflammables) sont des hydrocarbures, des composés organo-halogénés volatils, et des métaux. La qualité des sols et des eaux souterraines circulant au droit du site pourrait donc être dégradée par ces substances.

Un site BASOL a été identifié à moins de 2 km (1,8 km) de la zone d'étude en rive gauche de la Maine, de ce fait il est peu probable qu'il ait influencé la qualité du sous-sol au droit du site.

RSSPLB03002-01 / CSSPLB131257	
FVU - ABS - PL	
26/07/2013	Page : 22/52

## 5. Investigations sur les sols (A200)

### 5.1 Nature des investigations

Les investigations qui ont été menées sur site sont celles décrites dans le tableau 2 ci-après. Elles sont localisées en **Figure 6**.

Les sondages ont été réalisés à l'aide d'un carottier battu de la société NEOTERRA et suivis par un technicien spécialisé de BURGEAP, le 04/07/2013. Après prélèvement, les sondages ont été rebouchés avec les déblais en suivant la succession initiale des sols.

Les sondages ont été repartis de manière à couvrir le site et en fonction de l'accessibilité et des réseaux présents.

Tableau 7 : Programme des investigations

Prestations	Localisation	Milieux reconnus	Quantité	Profondeur
Sondages au carottier battu	Répartition homogène en suivant un maillage (découpage du site en 6 parties)	sols	6	6 m

### 5.2 Observations de terrain

Les terrains rencontrés ont été décrits et échantillonnés pour analyses chimiques en laboratoire. Les descriptions ont porté sur l'aspect général, la présence ou non d'indices visuels de pollution. Les fiches d'échantillonnage de sols sont présentées en **Annexe 7**.

Les coupes lithologiques des sondages mettent globalement en évidence :

- de la terre végétale sur une épaisseur comprise entre 20 et 40 cm au droit de S1, S2, S3 et S4 (espace vert) et un remblai sableux gris sur 40 cm pour S5 et S6 (parking) ;
- des remblais sablo-limoneux à limoneux ou schisteux, bruns à noirâtres ou ocre, et pouvant être rencontrés jusqu'à la base des sondages ;
- des sables de couleur ocre ou beige à partir de 3,5 m au droit de S1 et S3 jusqu'à 6 m ;
- des limons bruns uniquement au droit de S2 sur une épaisseur de 1,3 m .

Ces deux derniers horizons peuvent être apparentés à du terrain naturel remanié (non en place).

Aucun indice organoleptique de pollution de type odeur n'a été mis en évidence lors de l'échantillonnage des sols en place. Une grande majorité des remblais contenait des petits morceaux de briques et plus ponctuellement des petits morceaux d'enrobé.

De plus, lors de la réalisation des investigations, aucune venue d'eaux souterraines n'a été observée au droit de l'ensemble des sondages, menés à une profondeur maximale de 6 m par rapport à la surface du sol. Toutefois une légère humidité est apparue en fond du sondage S6.

Par ailleurs, le niveau d'eaux souterraines des trois piézomètres présents sur site a été relevé (ouvrages installés précédemment par la société SIC Infra).

Tableau 8 : Niveaux d'eaux souterraines

Ouvrages	PZ1	PZ2	PZ3
Cote du repère (NGF)	23.35	21.97	23.06
Niveau statique/repère (m)	6.80	5.80	6.85
Cote de la nappe (NGF)	16.55	16.17	16.21

Aucun constat organoleptique n'a été identifié sur la sonde servant à la mesure du niveau des eaux souterraines des ouvrages (pas d'odeur ni d'irisation).

### 5.3 Stratégie et mode opératoire d'échantillonnage

Pour chacun des sondages, après en avoir décrit la nature (structure et texture), ainsi que les caractéristiques organoleptiques, le collaborateur de BURGEAP a procédé au prélèvement des échantillons de sols selon le protocole détaillé ci-après (conformément au référentiel normatif) :

- un échantillon pour chaque horizon lithologique homogène,
- un échantillon par mètre, si l'épaisseur de l'horizon dépasse 1 m,
- un échantillon de chaque niveau lithologique suspect.

Un niveau de sol a été jugé suspect lorsqu'il présentait des traces de souillures, des caractéristiques organoleptiques anormales (odeur, couleur, texture), des réponses positives aux tests de terrain ou qu'il renfermait des matériaux suspects (briques, mâchefers...).

Une fois prélevés, les échantillons ont été conditionnés dans des bocaux en verre d'une contenance de 375 ml.

### 5.4 Conservation des échantillons

Après description, conditionnement et étiquetage, les échantillons de sol ont été stockés en glacière jusqu'à leur arrivée au laboratoire ou au réfrigérateur dans les locaux de BURGEAP. Le délai de transport n'a pas excédé 48 h.

### 5.5 Programme analytique

Les analyses chimiques ont été réalisées par le laboratoire EUROFINS.

Le programme analytique intègre la recherche des hydrocarbures totaux (IH C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>), des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), des métaux et métalloïdes, ainsi que des polychlorobiphényles (PCB), en lien avec la situation du site en milieu urbain et les anciennes activités industrielles recensées lors de l'étude historique (remblaiement de la plaine alluviale, garage automobile).

En accord avec SPL2A, des packs ISDI visant à évaluer le caractère inerte ou non de futurs déblais, et ainsi juger de leur admissibilité (ou non) en Installation de Stockage de Déchets Inertes (ISDI) ont également été réalisés.

Les méthodes analytiques et les limites de quantification figurent en **Annexe 8**.

**Tableau 9 : Programme analytique**

Substances analysées	Milieu reconnu	Echantillons analysés	TOTAL
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	sols	S1(0.2-1) ; S2(0.2-1)	2
8 métaux et métalloïdes		S1(0.2-3.5)/S3(0.43.4) ; S1(3.5-6)/S3(3.4-6) ; S2(0.2-3)/S4(0.4-3.2) ; S2(3-4.7)/S4(3.6-6) ; S5(0-3.1)/S6(0-2.9) ; S5(3.1-6)/S6(2.9-6) ; S1(0.2-1) ; S2(0.2-1) ; S2(4.7-6) ; S3(0-0.4) ; S3(0.4-1) ; S4(0.4-1.1) ; S5(0-0.4)/S6(0-0.3) ; S5(0.4-1.5) ; S6(0.3-1.1)	15
Pack inertes (ISDI)		S1(0.2-3.5)/S3(0.43.4) ; S1(3.5-6)/S3(3.4-6) ; S2(0.2-3)/S4(0.4-3.2) ; S2(3-4.7)/S4(3.6-6) ; S5(0-3.1)/S6(0-2.9) ; S5(3.1-6)/S6(2.9-6) ; S2(4.7-6)	7

Métaux : As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn

HC : indice hydrocarbures C10-C40

HAP : hydrocarbures aromatiques polycycliques (16 composés)

BTEX : hydrocarbures aromatiques monocycliques (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes)

ISDI : installation de stockage des déchets inertes (critères d'acceptation définis par l'arrêté du 28/10/2010)

sur sol brut : HCT C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>, hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et monocycliques (BTEX), polychlorobiphényles (PCB), carbone organique total (COT), test de lixiviation EN 12457-2 (L/S=10, 1x24h)

sur éluat : 12 métaux et métalloïdes (As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Zn), chlorures, fluorures, sulfates, indice phénol, carbone organique total (COT), fraction soluble

## 5.6 Valeurs de référence pour les sols

Conformément aux recommandations des circulaires ministérielles de février 2007, les concentrations dans les sols au droit de la zone d'étude ont été comparées à des concentrations caractéristiques du bruit de fond.

Ces valeurs de comparaison sont présentées dans les premières colonnes des tableaux de synthèse analytique.

Pour les **métaux et métalloïdes**, la gamme de concentrations qui a été utilisée pour comparaison est celle mise en évidence dans les sols naturels ordinaires (sans anomalie géochimique) par l'INRA (Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols, Denis BAIZE, 1997). A défaut, nous avons utilisé également les valeurs proposées par l'ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry).

Pour les **HAP**, en l'absence de données locales, les valeurs de référence qui seront utilisées sont extraites de l'ATSDR (Toxicological profile for PAHs, 1995 et 2005) et des fiches toxicologiques de l'INERIS pour des sols urbains.

Pour les autres composés, en l'absence de valeurs caractérisant le bruit de fond, un simple constat de présence ou d'absence a été réalisé en référence à des teneurs supérieures ou inférieures aux limites de quantification du laboratoire.

Afin d'appréhender la gestion de terres excavées sur le site, les concentrations ont été comparées aux critères d'acceptation de l'arrêté du 28 octobre 2010 relatif aux installations de stockage de déchets inertes.







Tableau 11 : Résultats d'analyses sur les éluats

	Bruit de fond (**)	Valeurs limite de catégorie A1 (ISDD)	valeurs limites de catégorie B1 (ISOND)	valeurs limites de catégorie B2 (bio-traitement)	valeurs limites de catégorie C (ISIC)	Localisation							
						Espace vert				Parking			
						Sondage	S1/S3	S1/S3	S2/S4	S2/S4	S2	S5/S6	S5/S6
						Profondeur (m)	0,2-3,5/0,4-3,4	3,5-6/3,4-6	0,2-3,0/4-3,2	3,4-7/3,6-6	4,7-6	0-3,1/0-2,9	3,1-6/2,9-6
						Lithologie	remblais limoneux	sables	remblais sablo-limoneux	remblais sablo-limoneux	limons	remblais sableux à limoneux	remblais sablo-limoneux à schisteux
						Indices organoleptiques	-	-	-	-	-	-	-
<b>ANALYSES SUR ELUAT</b>													
<b>Paramètres généraux</b>													
						pH	-	-	-	-	-	-	-
						Conductivité corrigée à 25 °C	µS/cm	-	-	-	-	-	-
						Fraction soluble (***)	mg/lq M.S.	-	4000	60000	60000	100000	-
						Carbone organique total	mg/lq M.S.	-	500	800	800	1000	-
						Indice phénol	mg/lq M.S.	-	1	-	-	-	-
<b>Éléments</b>													
						Fluorures	mg/lq M.S.	-	10	150	150	500	-
						Chlorures (***)	mg/lq M.S.	-	800	15000	15000	25000	-
						Sulfates (***)	mg/lq M.S.	-	1000	20000	20000	50000	-
<b>Métaux et métalloïdes</b>													
						Antimoine	mg/lq M.S.	-	0,06	0,7	0,7	5	-
						Arsenic	mg/lq M.S.	-	0,5	2	2	25	-
						Baryum	mg/lq M.S.	-	20	100	100	300	-
						Cadmium	mg/lq M.S.	-	0,04	1	1	5	-
						Chrome	mg/lq M.S.	-	0,5	10	10	70	-
						Cuivre	mg/lq M.S.	-	2	50	50	100	-
						Mercur	mg/lq M.S.	-	0,01	0,2	0,2	2	-
						Molybdène	mg/lq M.S.	-	0,5	10	10	30	-
						Nickel	mg/lq M.S.	-	0,4	10	10	40	-
						Plomb	mg/lq M.S.	-	0,5	10	10	50	-
						Zinc	mg/lq M.S.	-	4	50	50	200	-
						Selenium	mg/lq M.S.	-	0,1	0,5	0,5	7	-

(\*) Pour les sols, une valeur limite plus élevée peut être admise, à condition que la valeur limite de 500 mg/kg de matière sèche soit respectée pour le carbone organique total sur éluat, soit au pH du sol, soit pour un pH situé entre 7,5 et 8,0.

(\*\*) Valeurs en gras : source = Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols, Denis BAIZE, 1997. En italique : source = ATSDR

(\*\*\*) Si le déchet ne respecte pas au moins une des valeurs fixées pour le chlorure, le sulfate ou la fraction soluble, le déchet peut être encore jugé conforme aux critères d'admission s'il respecte soit les valeurs associées au chlorure et au sulfate, soit celle associée à la fraction soluble.

LQ : Limite de quantification du laboratoire

concentration supérieure aux valeurs limites de catégorie A2 et inférieure aux limites de catégorie A1	en terres de catégorie B1 ou plus
concentration supérieure aux valeurs limites de catégorie B1 et inférieure aux limites de catégorie B2	en terres de catégorie B2 ou plus
concentration supérieure aux valeurs limites de catégorie B2 et inférieure aux limites de catégorie C	en terres de catégorie C ou plus
concentration supérieure aux valeurs limites des catégories A, B et C	

Les analyses en laboratoire ont été confiées au laboratoire EUROFINs.

Sur la base des investigations réalisées au droit du site et des paramètres recherchés lors de ce diagnostic, les résultats analytiques de sols mettent en évidence les éléments suivants :

- concernant les métaux et métalloïdes sur brut :
  - des anomalies faibles à modérées ont été mises en évidence en arsenic dans l'horizon superficiel (remblais limoneux bruns) au droit des sondages S3 et S6 respectivement en partie sud-ouest et est du site, ainsi que dans l'horizon profond des limons (entre 4,7 et 6 m de profondeur) au droit de S2 en partie nord du site,
  - des anomalies faibles à modérées en cuivre, mercure et plomb sur la quasi-totalité des prélèvements aussi bien dans l'horizon superficiel que profond ;
  - une faible anomalie en zinc au sein d'un échantillon composite de remblais profonds (sondages S2+S4),
- concernant le paramètre indice hydrocarbures  $C_{10}$ - $C_{40}$  (HC  $C_{10}$ - $C_{40}$ ) :

La très faible présence voire l'absence (teneurs inférieures au seuil de quantification du laboratoire) de l'indice hydrocarbures  $C_{10}$ - $C_{40}$  au sein des sondages (concentrations comprises entre 29,9 et 99,6 mg/kg MS), à l'exception d'une teneur notable (206 mg/kg MS) au sein des premiers mètres de remblais du composite S5+S6.

Notons que le peu d'hydrocarbures  $C_{10}$ - $C_{40}$  présent se caractérise par une prédominance des fractions les plus lourdes ( $C_{22}$ - $C_{40}$ ) et considérées comme faiblement à très faiblement volatiles.

- concernant les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) :

Une très faible présence de la somme des 16 HAP (concentrations restant largement en deçà de la valeur de référence) pour la quasi-totalité des sols analysés. **Seul le sondage S1 entre 0,2 et 1 m, montre une concentration en la somme des 16 HAP supérieure à la valeur de référence de 50 mg/kg MS.** Le naphthalène, seul HAP considéré volatil n'est quant à lui que légèrement présent au sein de l'échantillon (< 0,245 mg/kg MS).

- concernant les hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAM) :

L'ensemble des concentrations obtenues dans les sols, est inférieur à la limite de quantification du laboratoire (0,05 mg/kg).

- concernant les polychlorobiphényles (PCB) :

L'absence (teneurs inférieures au seuil de quantification du laboratoire) des PCB au sein des sondages,

- concernant les critères d'admission des déchets en ISDI de l'arrêté du 28/10/10 :

**Seul un léger dépassement de la valeur d'acceptation en ISDI en Antimoine (0,074 mg/kg MS) est mis en évidence sur le composite des premiers mètres de remblais de S5+S6 (parking).**

Dans le cadre d'une élimination hors site, la quasi-totalité des matériaux présents au droit de l'espace vert et ceux présent au droit du parking en profondeur (entre 3 et 6 mètres) sont susceptibles d'être dirigés vers une ISDI sous réserve du respect des critères d'acceptation propres au centre pressenti.

Le premier mètre de remblais au droit du sondage S1 (HAP) et les premiers mètres de remblais présents au droit du parking (problématique d'antimoine sur éluat) devront quant à eux être évacués vers une filière de traitement agréée.

La **Figure 7** synthétise les résultats significatifs d'analyses dans les sols sur l'ensemble du site.

RSSPLB03002-01 / CSSPLB13	
FVU - PL - PL	
26/07/2013	Page : 28/52

## 6. Schéma conceptuel d'usage futur

### 6.1 Méthodologie

Le schéma conceptuel, établi sur la base du diagnostic réalisé, est présenté de façon à visualiser :

- la ou les sources de pollution ;
- les voies de transfert possibles et les milieux d'exposition ;
- les cibles potentielles ;
- les milieux d'exposition.

Rappelons que le risque est la combinaison de trois paramètres : une source, une voie de transfert et une cible. Dans la mesure où l'un de ces trois paramètres n'existe pas, le risque est supprimé.

### 6.2 Anomalies dans les sols

Les résultats du diagnostic de pollution mené, ont essentiellement mis en évidence des anomalies en hydrocarbures et métaux au sein des horizons superficiels et profonds, présentées dans le tableau suivant.

Tableau 12 : Synthèse des anomalies dans les sols

Sondages	Localisation	Nature de la pollution/anomalie	Lithologie	Profondeur
S1	Espace vert en partie est du site	HAP (58,8 mg/kg)	Remblais limoneux bruns	Entre 0,2 et 1 m de profondeur
S5/S6	Parking	Indice hydrocarbures C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> (206 mg/kg) considéré faiblement volatil	Remblais sableux à limoneux	Entre 0 et 3,1 m de profondeur
S1 à S6	Ensemble du site	Métaux sur brut (arsenic cuivre, mercure et plomb)	limons et remblais	Entre 0 et 6 m de profondeur
S5/S6	Parking	Métaux sur éluat (Antimoine)*	Remblais sableux à limoneux	Entre 0 et 3,1 m de profondeur
	anomalies en hydrocarbures			
	anomalies en métaux et métalloïdes			

\* : l'Antimoine, composé peu toxique, identifié dans les remblais à une teneur très légèrement supérieure à la valeur de référence n'induit pas de problématique sanitaire, mais induit une contrainte en terme de gestion des matériaux excavés.

Soulignons que le léger impact en hydrocarbures, présente une prédominance de la fraction C<sub>22</sub>-C<sub>40</sub> considérée faiblement volatile.

## 6.3 Enjeux

### 6.3.1 Sur site

Le projet de réaménagement du site n'est pas précisément défini. Il correspondra au futur centre des congrès d'Angers avec également un hôtel 3 étoiles et un parking en sous-sol d'1 ou 2 niveaux. L'ensemble du projet d'aménagement pourrait être associé à d'éventuels espaces-verts.

Par ailleurs, aucun usage sensible (usage boisson ou arrosage de potagers) des eaux souterraines sur le site n'est prévu et n'a été pris en compte pour les recommandations finales de ce rapport.

Les cibles à considérer dans le cadre de ce projet sont les enfants/adultes usagers du site et/ou travaillant sur le site.

### 6.3.2 Hors site

Compte tenu de la présence de la nappe alluvionnaire à partir d'environ 6 m de profondeur, cette dernière (en l'absence de niveau sus-jacent imperméable) est considérée comme vulnérable à une pollution issue du site. Néanmoins au regard des concentrations obtenues au sein des sols en métaux et en hydrocarbures jugées faibles à modérées, il n'est pas attendu de dégradation de la qualité des eaux souterraines au droit du site et de fait de la rivière La Maine en relation hydraulique.

Aucun scénario n'est alors retenu hors site.

## 6.4 Voies de transfert et/ou d'exposition

Lors de la contamination d'un sol par une pollution, les voies de transfert de la source-sol vers les autres milieux peuvent être les suivantes :

- l'envol de poussières depuis les sols non recouverts (futurs espaces-verts au droit du site). Les milieux d'exposition par inhalation sont l'air atmosphérique ;
- le contact direct (par ingestion de sols et contact cutané), étant donné le non recouvrement des sols aménagés en espaces-verts au droit du site.

Ces voies de transfert sont retenues dans la suite de l'étude et devront nécessiter des mesures de réhabilitation appropriées.

Ont été exclues :

- la perméation au travers de conduites d'amenée d'eau potable enterrées dans les sols pollués : Le léger impact en hydrocarbures correspondant à des fractions lourdes peu mobiles, **cette voie de transfert n'a pas été considérée** ;
- la migration dans la chaîne alimentaire (culture de plantes ou de fruits destinés à la consommation humaine), étant donné l'absence d'usage de potagers (avec arbres fruitiers) au droit du site ;
- la volatilisation depuis les sols non saturés et la dispersion atmosphérique ou le transfert au-travers des parois d'un bâtiment :

Les métaux et métalloïdes et les hydrocarbures possédant des chaînes carbonées longues (fraction C<sub>16</sub>-C<sub>40</sub>), sont non ou faiblement volatils. Les teneurs relevées en hydrocarbures et en mercure étant faibles, **cette voie de transfert n'a pas été retenue.**

- la migration depuis les sols vers les eaux souterraines, **cette voie de transfert n'a pas été considérée** car le milieu eaux souterraines n'est pas suspecté d'être impacté par les anomalies relevées sur site.

## 7. Mesures de gestion des pollutions

### 7.1 Objectifs

#### 7.1.1 La maîtrise des anomalies/sources de pollution

En tout premier lieu, les possibilités de suppression des teneurs anormales et de leurs impacts doivent être recherchées. En effet, la maîtrise des anomalies/sources de pollution s'avère souvent techniquement plus simple et économiquement plus avantageuse dans le temps que la maîtrise des impacts. Elle doit donc être privilégiée lorsque son coût est acceptable par le maître d'ouvrage et qu'il n'y a pas d'autres contraintes identifiées pour sa mise en œuvre.

Néanmoins, lorsque la suppression de l'intégralité d'une pollution n'est pas possible, pour des motifs sociaux, économiques, techniques ou autres, il est alors nécessaire de garantir que les impacts découlant de la pollution résiduelle sont parfaitement maîtrisés et acceptables pour les populations et l'environnement (via la réception analytique des fouilles et l'analyse des risques résiduelles).

#### 7.1.2 La gestion des matériaux excavés

Dans le cadre de dépassement des seuils pour une élimination des sols en installation de stockage de déchets inertes, la gestion des matériaux excavés doit être étudiée de façon à assurer une traçabilité de ces matériaux et à optimiser techniquement et financièrement le projet.

Dans le cadre de l'évacuation hors site de matériaux reconnus pollués ou présentant des anomalies suivant les critères définis pour les déchets inertes, l'évacuation et l'élimination des matériaux seront menées selon les dispositions de la loi n°75-633 du 15 juillet 1975 relative à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux et la circulaire 17 décembre 2010 sur le statut des terres excavées.

### 7.2 Caractéristiques des sources de pollution à considérer

#### 7.2.1 Les anomalies en métaux dans les sols

Des anomalies faibles à modérées en métaux sur brut ont été mises en évidence de façon quasi-généralisée au sein des remblais et des limons du site (en arsenic, cuivre, mercure et zinc).

Ces remblais, dans l'éventualité où ils ne seraient pas évacués hors site (en Installation de Stockage de Déchets Inertes (hormis pour ceux concernés par une problématique d'antimoine sur éluat - voir ci-après), pourront être conservés sur site, à condition qu'un recouvrement pérenne (par de la terre végétale de 30 cm d'épaisseur, de la voirie, ou une dalle béton) soit mis en place pour supprimer tout risque sanitaire par suppression de la voie de transfert.

Ce recouvrement est envisageable car ces matériaux ne lixivient pas (hormis ceux concernés par une problématique d'antimoine sur éluat - voir ci-après) et que les anomalies sont globalement légères.

Au vu de ces éléments, le terme « source » n'a pas été retenu pour ces anomalies qui n'induiront par ailleurs que peu de contraintes pour l'aménagement. La mise en place d'une servitude pour conserver la mémoire de ces anomalies et du recouvrement peut par précaution être envisagée mais ne revêt pas un caractère obligatoire au vu des faibles teneurs mesurées et de l'usage futur prévu du site.

Par ailleurs, au niveau d'un échantillon composite (S5+S6), une anomalie en antimoine sur éluat a également été identifiée. Ce composé est peu toxique, et à cette concentration, n'induit pas d'enjeu sanitaire. Dans le cas où les matériaux le refermant restent en place, aucune mesure de gestion n'est à donc à prévoir. Néanmoins, **en cas d'évacuation hors site, ces matériaux ne pourront pas être dirigés vers une**

**ISDI** sur la base des résultats analytiques obtenus à ce jour. La réalisation de caractérisations complémentaires est vivement recommandée du fait du très léger dépassement (0,074 mg/kg pour une valeur seuil de 0,06 mg/kg) et d'une forte incertitude analytique (45%).

### 7.2.2 Les anomalies en hydrocarbures dans les sols

Un léger impact en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) a été mis en évidence dans les sols du sondage S1, entre 0,2 et 1 m de profondeur. Cet impact (« **source 1** » dans la suite du rapport) se caractérise par des composés majoritairement lourds considérés comme faiblement volatils.

L'extension de cet impact restant relativement limitée, et en tenant compte du projet de création de parkings enterrés au droit du site, un traitement de la source de pollution est à privilégier afin d'être cohérent avec les textes réglementaires (circulaires ministérielles de février 2007) qui recommandent la maîtrise des pollutions.

Ces matériaux pourraient éventuellement rester sur site, en regard du recouvrement déjà prévu (celui prévu vis-à-vis des anomalies en métaux et métalloïdes) mais une servitude d'usage serait alors à instaurer sur le site (conservation de la mémoire de cette pollution, des contraintes d'usage et de gestion hors site).

Une anomalie en hydrocarbures C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> (avec une fraction majoritairement lourde) a été mise en évidence en S5+S6 (dans les sols déjà concernés par une problématique d'antimoine sur éluat). Au vu de cette conjoncture, ces sols (noté « **source 2** » dans la suite du rapport) devront être préférentiellement être évacués hors site (après une caractérisation complémentaire voir § 7.2.1), car sinon à défaut, ils devront bénéficier d'un recouvrement pérenne et de l'instauration d'une servitude (conservation de leur mémoire et de la nécessité d'un recouvrement pour limiter les risques sanitaires).

### 7.2.3 Synthèse des anomalies prises en compte

La **Figure 9** permet de localiser approximativement les anomalies dans les sols. Leurs caractéristiques sont présentées dans le tableau 13.

Tableau 13 : Extension des anomalies dans les sols

Anomalie	Sondages (nature de l'anomalie)	Profondeur reconnue impactée	Surface estimée *		Volume estimé de matériaux impactés (tonne**)	
			Minimale	Maximale	Minimale	Maximale
Source 1	S1 (HAP)	De 0,2 à 1 m	25 m <sup>2</sup>	1 600 m <sup>2</sup>	20 m <sup>3</sup>	1 300 m <sup>3</sup>
Source 2	S5/S6 (Antimoine sur éluat et Hydrocarbures C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> )	De 0 à 3,1 m	50 m <sup>2</sup>	2 300 m <sup>2</sup>	150 m <sup>3</sup>	6 900 m <sup>3</sup>
<b>TOTAL estimé</b>					<b>170 m<sup>3</sup></b>	<b>8 200 m<sup>3</sup></b>
					<b>(310 t)</b>	<b>(14 800 t)</b>

\* extension approximative fixée selon la source et les caractéristiques de la pollution

\*\* densité des sols de 1,8

En première approche, une estimation (sur la base du maillage des sondages réalisés) de 170 à 8 200 m<sup>3</sup> de matériaux légèrement impactés essentiellement en métaux et/ou hydrocarbures (type C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> ou HAP) devrait être considérée dans le cadre de la réhabilitation du site pour le projet d'aménagement).

La réalisation d'investigations complémentaires au droit de la maille accueillant le sondage S1 et des mailles incluant le parking (S5 et S6) permettrait de préciser cette première approche.

### 7.3 Revue des techniques disponibles pour la gestion des sources

Deux sources ont été reconnues comme nécessitant des mesures de gestion. Les techniques de gestion pour ces deux sources sont de trois types :

- hors site : traitement/enfouissement dans une filière extérieure au site après excavation des matériaux ;
- in-situ : traitement/confinement des matériaux en place (sans excavation) ;
- sur site : traitement/confinement sur le site après excavation des matériaux (si nécessaire).

Compte tenu de la nature et des concentrations des anomalies identifiées, du projet d'aménagement avec un parking en sous-sol sur un ou deux niveaux, les traitements IN-SITU des pollutions ne s'avèrent pas opportuns.

Aussi, les techniques de gestion envisageables pour les « sources 1 et 2 » sont principalement :

- l'enfouissement HORS SITE en filière agréée ;
- le confinement SUR SITE (terre végétale sur 30 cm, voiries et parking).

Le principe de gestion pour le traitement HORS SITE est le suivant :

- l'excavation des matériaux et leur chargement en benne ;
- l'évacuation par transport routier vers l'installation ayant accepté au préalable de recevoir les matériaux (établissement de certificat d'acceptation préalable - CAP) ;
- la réception des flancs et fonds de fouilles (prélèvement et analyses d'échantillons) ;
- le remblaiement des fouilles si nécessaire ou leur sécurisation.

Le principe de gestion pour le confinement SUR SITE est le suivant :

- si nécessaire (si le confinement ne peut être réalisé à l'emplacement actuel des matériaux) :
  - l'excavation des matériaux et leur mise en lot d'environ 50 m<sup>3</sup> au sein d'une aire de stockage prévue à cet effet ;
  - la reprise des matériaux nécessitant d'être confinés ;
  - leur mise en place dans une zone destinée à être recouverte de façon pérenne ;
- leur repérage à l'aide d'un grillage avertisseur et/ou d'un géotextile ;
- le contrôle de la mise en place de la couverture (couche de terre végétale saine d'au moins 30 cm, enrobé et béton).



Le tableau suivant présente une estimation des coûts de gestion des sources. Cette estimation est maximaliste (pour l'hypothèse haute) compte tenu du raisonnement par maillage utilisé. Des investigations complémentaires sont recommandées pour affiner les montants annoncés.

Tableau 14 : Estimation des coûts de gestion des matériaux impactés

Nature de la pollution/anomalie		HYPOTHESE BASSE		HYPOTHESE HAUTE	
		HAP	Antimoine	HAP	Antimoine
Volume (tonnage) incluant une incertitude		S1	S5+S6	S1	S5+S6
<b>EVACUATION HORS SITE</b>					
Excavation et Evacuation en ISDND (Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux)	60 à 80 €/tonne*	5 k€	17 à 22 k€	140 à 190 k€	750 à 1000 k€
Apport de matériaux sains, mise en forme et compactage au droit des espaces verts**	30-35 €/m <sup>3</sup>	23 à 27 k€			
Suivi et réception des travaux de réhabilitation	-	5 à 6 k€		91 à 123 k€	
<b>TOTAUX</b>		<b>50 à 60 k€</b>		<b>1004 à 1400 k€</b>	
<b>CONSERVATION SUR SITE</b>					
Excavation, transport interne et confinement (y compris géotextile/grillage avertisseur)	10 à 20 €/tonne*	5 k€	5 k€	24 à 46 k€	125 à 250 k€
Apport de matériaux sains, mise en forme et compactage au droit des espaces verts**	30-35 €/m <sup>3</sup>	23 à 27 k€			
Suivi et réception des travaux de réhabilitation	-	2 à 4 k€		17 à 32 k€	
<b>TOTAUX</b>		<b>35 à 41 k€</b>		<b>189 à 355 k€</b>	

\* ou forfait minimum

\*\* en considérant 30% d'espaces verts au droit du site



Compte tenu des caractéristiques du site étudié, des usages projetés et des imprécisions liées à l'extension des impacts dans les sols, **le coût de la gestion des matériaux présentant des anomalies en métaux/hydrocarbures est estimé en 1<sup>ère</sup> approche :**

- **pour une gestion hors site : 50 à 1400 k€ HT ;**
- **pour une gestion sur site : 35 à 355 k€ HT.**

RSSPLB03002-01 / CSSPLB131257	
FVU - ABS - PL	
26/07/2013	Page : 35/52

## 8. Conclusions et recommandations

Dans le cadre du projet de construction du futur centre des congrès d'Angers (49) en rive droite de la Maine, la SPL2A, en qualité de propriétaire, a missionné BURGEAP pour la réalisation d'un diagnostic environnemental visant à évaluer le degré de pollution des sols de ce site.

Le site localisé à l'ouest du centre-ville historique et inséré entre des résidences récentes et l'équipement culturel « le Quai », accueille majoritairement un espace vert, seule sa partie sud-est est dédiée au stationnement de véhicules légers (parking).

Le projet d'aménagement porté par la SPL2A en est à la phase concours avec deux groupements en concurrence sur les parties conception/construction. Néanmoins, il est envisagé avec le centre des congrès et son auditorium de 1500 places, la construction d'un hôtel trois étoiles de 150 chambres et l'aménagement d'un parking de 200 places en sous-sol (à 1 ou 2 niveaux).

L'étude historique a mis en évidence la présence sur une majeure partie du site de l'ancien abattoir municipal d'Angers depuis le milieu du XIX<sup>ème</sup> siècle puis l'abattoir moderne au début du XX<sup>ème</sup> siècle jusqu'aux années 1980, reposant sur un horizon important de remblais apporté lors de l'aménagement des abattoirs pour la mise hors d'eau des structures (avant 1840, le site correspondait à prairie alluviale). Au XX<sup>ème</sup> siècle des maisons d'habitation et une société de vente automobiles avec une partie garage étaient également présentes le long du boulevard Gaston Dumesnil.

Les recherches relatives aux milieux ont quant à elles révélé une vulnérabilité et une faible sensibilité de la nappe alluvionnaire, la proximité de la Maine et d'un environnement naturel remarquable (ZNIEFF).

Dans le cadre du diagnostic environnemental du milieu souterrain, 6 sondages au carottier battu ont été réalisés selon une répartition homogène par maillage jusqu'à 6 mètres de profondeur (en cohérence avec le projet d'aménagement, parking enterré à 1 ou 2 niveaux). Les sondages ont fait l'objet de prélèvements d'échantillons de sols pour définition de la qualité de ces derniers.

La lithologie observée au droit du site correspond à :

- de la terre végétale sur une épaisseur comprise entre 20 et 40 cm au droit de l'espace vert et un remblai sableux gris sur 40 cm pour le parking ;
- des remblais sablo-limoneux à limoneux ou schisteux, bruns à noirâtres ou ocre, et pouvant être rencontrés jusqu'à la base des sondages ;
- des sables de couleur ocre ou beige à partir de 3,5 m jusqu'à 6 m en partie ouest et sud-ouest du site ;
- des limons bruns en partie Nord sur une épaisseur de 1,3 m en fin de sondage.

En outre, aucune venue d'eaux souterraines n'a été identifiée sur l'ensemble des sondages, jusqu'à 6 m de profondeur.

Les investigations et analyses de sols réalisées ont montré :

- l'absence de constat organoleptique suspect (odeur et/ou couleur anormale) ;
- un impact faible à modéré par des métaux et métalloïdes (Arsenic, Cuivre, Mercure, Plomb et Zinc) dans les remblais et limons du site (entre 0 et 6 m).
- des traces d'hydrocarbures C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> dans les premiers mètres de remblais du parking actuel (sondages S5 et S6) ;
- en partie Ouest du site, une légère teneur anormale en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans l'horizon superficiel du sondage S1 ;
- l'inadmissibilité en Installation de Stockage de Déchets Inertes (ISDI) de certains sols du fait de la présence de HAP (sondage S1) ou d'antimoine sur éluat.



Les usages considérés sur le site correspondent à un équipement culturel, un hôtel et un parking en sous-sol avec potentiellement des espaces-verts. Les cibles sur site sont ainsi des adultes et enfants.

Compte tenu des caractéristiques des anomalies observées, de la superficie du site étudié et des usages projetés, il est recommandé le recouvrement des espaces verts du projet par 30 cm de terre végétale (les futurs bâtiments et voiries servant de couverture pour le reste du site).

Pour les anomalies en Antimoine sur éluat et hydrocarbures C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> et en HAP, les solutions de gestion restent à déterminer après des investigations complémentaires, en fonction :

- de la surface et du nombre de parkings prévus ;
- de l'emprise réelle des sources 1 et 2 ;
- de la possibilité ou non de conserver les matériaux sur site ;
- des contraintes de commercialisation liées à la mise en place de servitudes.

Les coûts de gestion des matériaux impactés sont ainsi estimés en 1<sup>ère</sup> approche, entre 50 à 1400 k€ pour une gestion globale hors site et entre 35 et 355 k€ HT pour une conservation des matériaux sur site.

Compte tenu du raisonnement par maillage utilisé lors de ce diagnostic, des investigations complémentaires sont recommandées pour affiner les montants annoncés et déterminer la solution de gestion la plus adaptée en fonction du projet (gestion hors site et/ou gestion sur site).

RSSPLB03002-01 / CSSPLB131257	
FVU - ABS - PL	
26/07/2013	Page : 37/52



## 9. Limites d'utilisation d'une étude de pollution

1- Une étude de la pollution du milieu souterrain a pour seule fonction de renseigner sur la qualité des sols, des eaux ou des déchets contenus dans le milieu souterrain. Toute utilisation en dehors de ce contexte, dans un but géotechnique par exemple, ne saurait engager la responsabilité de notre société.

2- Il est précisé que le diagnostic repose sur une reconnaissance du sous-sol réalisée au moyen de sondages répartis sur le site, soit selon un maillage régulier, soit de façon orientée en fonction des informations historiques ou bien encore en fonction de la localisation des installations qui ont été indiquées par l'exploitant comme pouvant être à l'origine d'une pollution. Ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas, dont l'extension possible est en relation inverse de la densité du maillage de sondages, et qui sont liés à des hétérogénéités toujours possibles en milieu naturel ou artificiel. Par ailleurs, l'inaccessibilité de certaines zones peut entraîner un défaut d'observation non imputable à notre société.

3- Le diagnostic rend compte d'un état du milieu à un instant donné. Des événements ultérieurs au diagnostic (interventions humaines ou phénomènes naturels) peuvent modifier la situation observée à cet instant.

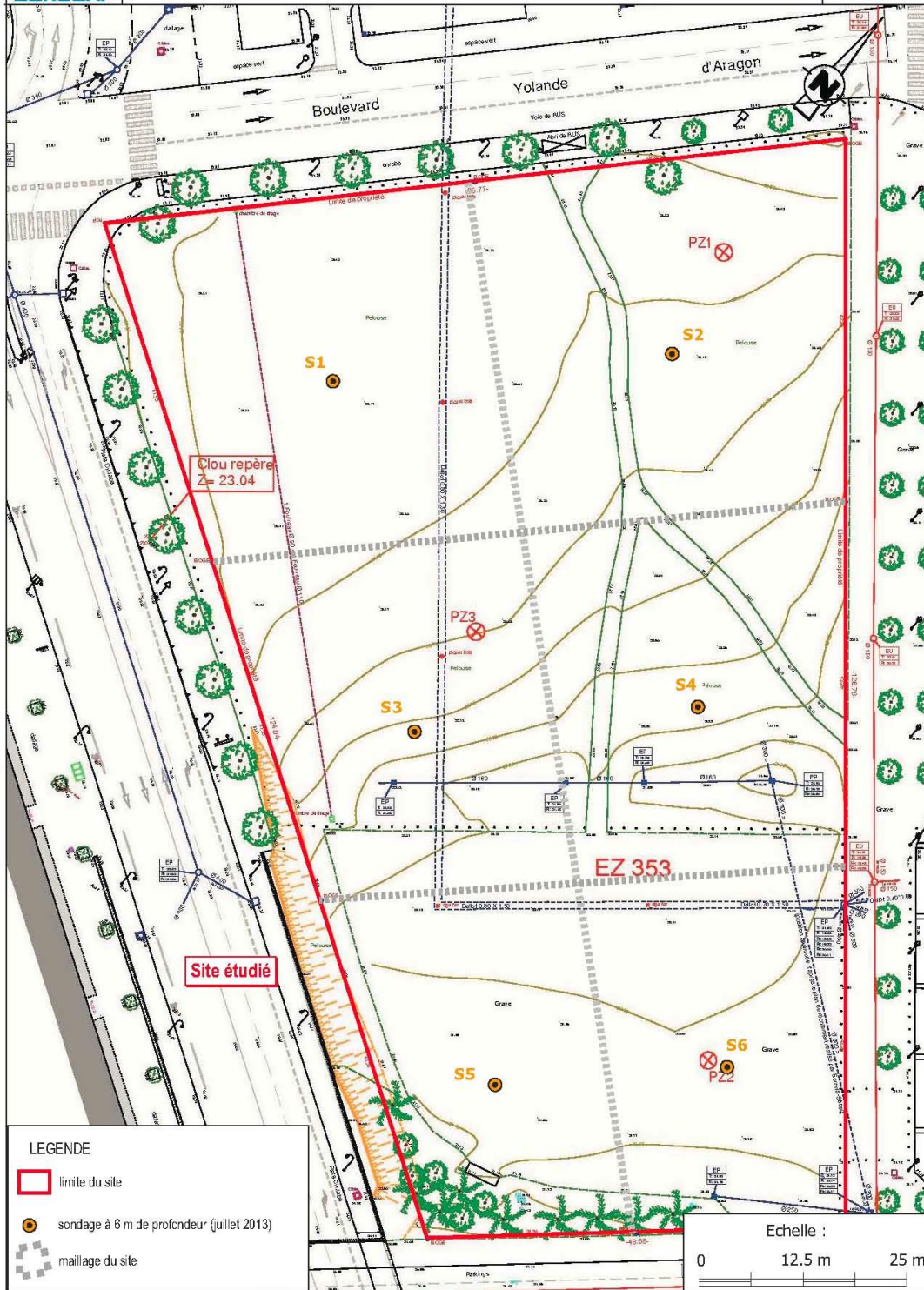
RSSPLB03002-01 / CSSPLB131257	
FVU - ABS - PL	
26/07/2013	Page : 38/52

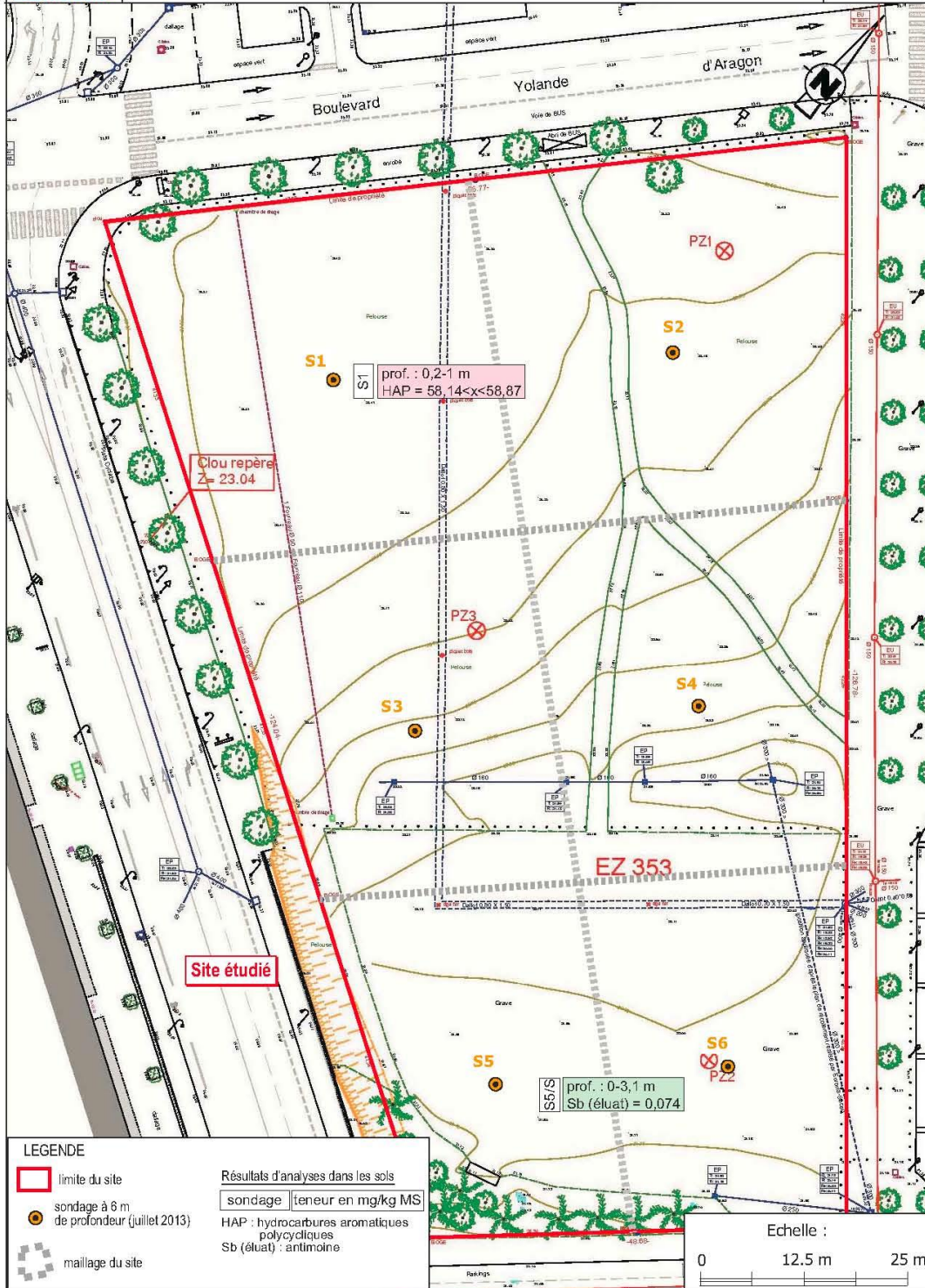


# FIGURES

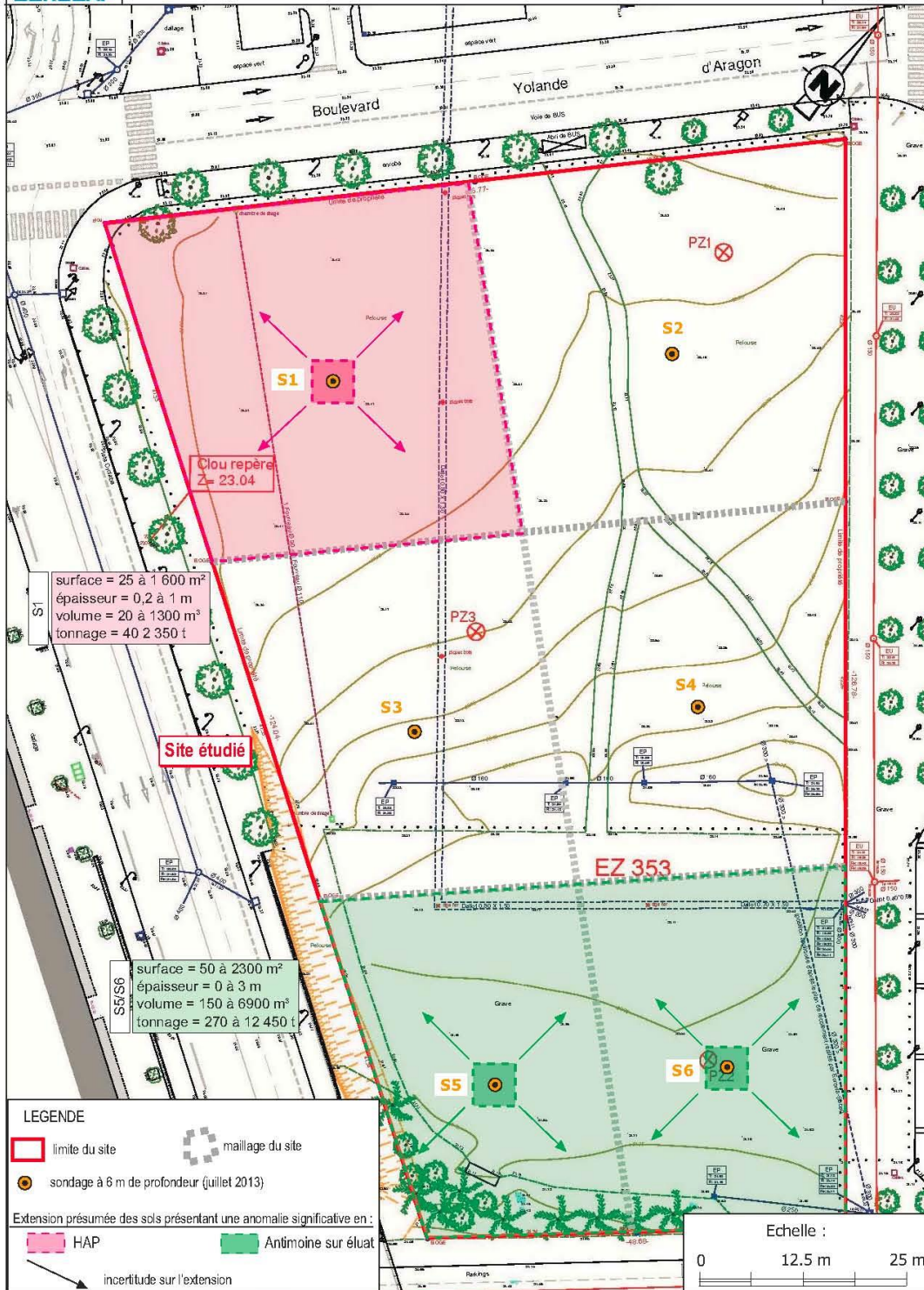
RSSPLB03002-01 / CSSPLB13	
FVU - ABS - PL	
26/07/2013	FIGURES

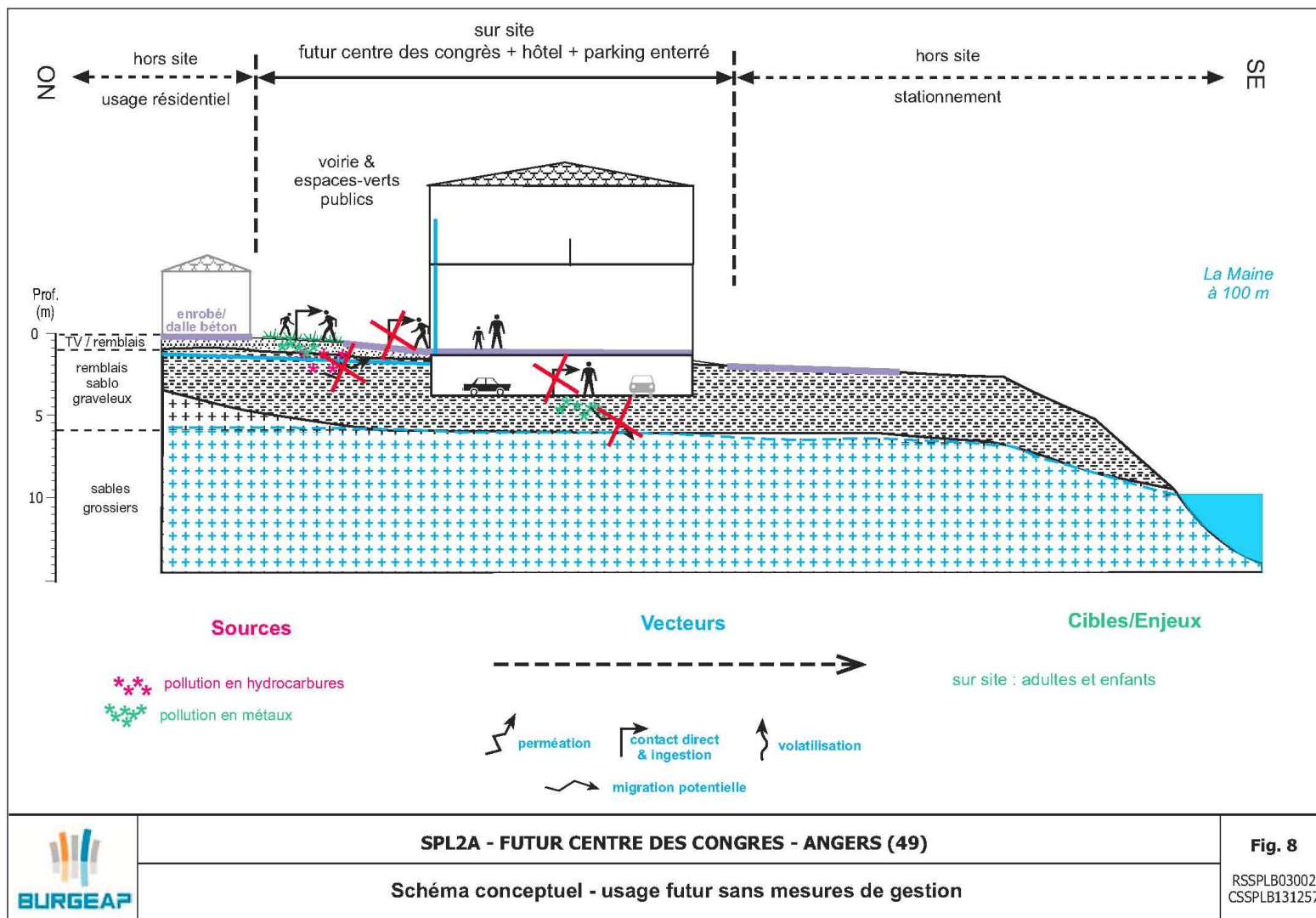












## ALTER

ZAC Front de Maine, Boulevard Yolande  
d'Aragon à Angers (49)

# Diagnostic environnemental du milieu souterrain

Rapport

Réf : CSSPLB171968 / RSSPLB07155

MTO / FVU / PL




25/09/2017



## ALTER

ZAC Front de Maine, Boulevard Yolande d'Aragon à Angers (49)  
 Diagnostic environnemental du milieu souterrain

Pour cette étude, le chef du projet est Fanny VILARASAU

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction		Vérification		Validation/Supervision	
			Nom	Signature	Nom	Signature	Nom	Signature
Rapport	25/09/2017	01	M.TORCHY		F.VILARASAU		P.PICARD	

Numéro de contrat / de rapport :	Réf : CSSPLB171968 / RSSPLB07155
Numéro d'affaire :	A44577
Domaine technique :	SP01 et SP02
Mots clé du thésaurus	DIAGNOSTIC DE POLLUTION DES SOLS

Agence Loire-Bretagne • 8, 10, 12, rue du docteur Herpin • 37000 Tours  
 Tél : 02.47.75.25.45 • Fax : 02.47.75.02.07 • agence.de.tours@burgeap.fr

## SOMMAIRE

Synthèse technique .....	5
1. Introduction .....	7
1.1 Objet de l'étude.....	7
1.2 Méthodologie générale et réglementation en vigueur .....	7
2. Localisation et historique du site .....	8
2.1.1 Localisation, description et environnement du site.....	8
2.1.2 Rappel succinct de l'historique du site .....	9
3. Investigations sur les sols (A200) .....	10
3.1 Nature des investigations.....	10
3.2 Observations et mesures de terrain .....	13
3.3 Stratégie et mode opératoire d'échantillonnage.....	15
3.4 Conservation des échantillons .....	15
3.5 Programme analytique sur les sols.....	15
3.6 Valeurs de référence pour les sols.....	15
3.7 Résultats et interprétation des analyses sur les sols .....	15
3.7.1 Interprétation : impacts sur les sols.....	26
3.7.2 Interprétation : caractère inerte des matériaux.....	27
4. Synthèse des impacts et schéma conceptuel d'usage futur .....	29
4.1 Synthèse des impacts.....	29
4.2 Schéma conceptuel sur l'usage futur .....	29
5. Recommandations sur la réhabilitation du site .....	32
6. Synthèse et conclusion.....	33
7. Limites d'utilisation d'une étude de pollution.....	34

## FIGURES

Figure 1 : Localisation du site d'étude (Cartographie IGN) .....	8
Figure 2 : Localisation des investigations .....	12
Figure 3 : Récapitulatif des impacts observés sur le site .....	28
Figure 4 : Schéma conceptuel usage futur (avec recouvrement des espaces verts par de la terre saine) .....	31

## TABLEAUX

Tableau 1 : Activités et installations potentiellement polluantes identifiées .....	9
Tableau 2 : Investigations réalisées sur les sols .....	10
Tableau 3 : Constats de pollution observés lors de la réalisation des sondages .....	13
Tableau 4 : Résultats d'analyses sur les sols .....	16

## ANNEXES

Annexe 1. Fiches d'échantillonnage des sols
Annexe 2. Méthodes analytiques et limites de quantification
Annexe 3. Bordereaux d'analyse des sols
Annexe 4. Propriétés physico-chimiques
Annexe 5. Glossaire

## Synthèse technique

<b>Client</b>	ALTER
<b>Informations sur le site</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intitulé/adresse du site : ZAC Front de Maine, Boulevard Yolande d'Aragon à Angers (49) ;</li> <li>• Parcelles cadastrales : section EZ n° 353 ;</li> <li>• Superficie totale : 8 304 m<sup>2</sup> environ ;</li> <li>• Propriétaire actuel : ALTER ;</li> <li>• Usage et exploitant actuel : aire de stationnement pour véhicules et espaces verts ;</li> <li>• Régime ICPE : non soumis.</li> </ul>
<b>Contexte de l'étude</b>	Cette étude est réalisée en vue d'un projet de réaménagement.
<b>Projet d'aménagement</b>	Le projet de réaménagement du site n'est pas encore défini. Il est notamment susceptible d'accueillir des logements, des commerces, des bureaux, une crèche ou tout autre ERP et potentiellement du stationnement souterrain.
<b>Historique succinct</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• avant 1842 : plaine ou prairie alluviale ;</li> <li>• entre 1842 et 1970 : construction de l'ancien abattoir municipal d'Angers, puis de l'abattoir moderne de la ville sur la partie Sud-Est du site. Construction de logements individuels avec jardins sur la partie Nord-Est du site lors de l'aménagement de l'abattoir moderne ;</li> <li>• entre 1970 et 1991 : aménagement de différentes installations dans les anciens locaux de l'abattoir (une usine avec traitement des métaux, ateliers chorégraphiques...). Implantation d'une société de vente automobile exerçant également l'activité de garage à côté des maisons d'habitation sur la partie Nord-Ouest du site.</li> <li>• entre 1991 et 2008 : parcelle en friche ;</li> <li>• à partir de 2008 : espaces verts et aire de stationnement pour véhicules (état actuel du site).</li> </ul>
<b>Géologie / hydrogéologie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• terre végétale jusqu'à 20 cm de profondeur ;</li> <li>• remblais limono-sableux ou sablo-limoneux jusqu'à 2 à 4 m de profondeur ;</li> <li>• remblais en dessous composés de sables grossiers au droit des espaces verts et de limons bruns au droit du parking.</li> </ul> <p>La nappe la plus superficielle est celle des alluvions de la Maine, cette dernière est considérée comme moyennement sensible.</p>
<b>Investigations réalisées</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 20 sondages de sol à la tarière mécanique de 4 m de profondeur ;</li> <li>• Analyses : HC, HAP, ETM, BTEX, COHV et pack ISDI et Antimoine sur éluat.</li> </ul>
<b>Impacts identifiés lors de l'étude précédente</b>	<p>Six analyses ponctuelles de sol ont été réalisées en 2013 dans le cadre d'un diagnostic environnemental, elles ont mis en évidence :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• un impact faible à modéré en métaux et métalloïdes dans les remblais et limons sur l'ensemble du site jusqu'à une profondeur de 6 m ;</li> <li>• des traces d'hydrocarbures dans les premiers mètres de remblais du parking ;</li> <li>• une anomalie en HAP dans les terrains superficiels sur la partie Ouest du site ;</li> <li>• l'inadmissibilité en Installation de Stockage de Déchets Inertes (ISDI) suite à des dépassements en HAP ou Antimoine sur éluat, dans la partie Ouest du site.</li> </ul>
<b>Impacts identifiés lors de cette étude</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• des anomalies notables à significatives en métaux au sein des remblais de la majorité des sondages, observées sur toute la hauteur des remblais (entre 0 et 4 m de profondeur) parfois associées à une coloration noire, caractéristique de remblais de mauvaise qualité ;</li> <li>• des impacts significatifs en paramètres hydrocarburés au droit de 4 mailles et plus ponctuellement en composés volatils et composés organochlorés au droit d'une maille ;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• environ 15/20% de matériaux non inertes devant faire l'objet d'une gestion particulière en cas de nécessité d'excavation.</li> </ul>
<b>Schéma conceptuel</b>	<p><b>Sources :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• en métaux généralisés à l'ensemble du site avec notamment en teneurs maximales du cadmium à 9,9 ; du cuivre à 760 ; du mercure à 2,6 ; du plomb à 5700 et du zinc à 2 200 mg/kg MS ;</li> <li>• en hydrocarbures au droit des mailles A3 (sables noirs et horizon sous-jacent entre 2,7 et 4 m) et A20 (limons ocres avec mâchefer entre 1,1 et 2,0 m de profondeur) ;</li> <li>• en HAP au sein des mailles A4, A19 et A20 dans les horizons limono-sableux bruns à ocres en surface comme en profondeur ;</li> <li>• en PCE et TCE dans les sables limoneux gris foncés de la maille A14 ;</li> <li>• en PCB dans les sables noirs de la maille A3.</li> </ul> <p><b>Voies de transfert :</b> volatilisation.</p> <p><b>Voies d'exposition :</b> inhalation de composés volatils.</p>
<b>Suites de l'étude</b>	<p>Compte tenu de la présence de plusieurs sources de pollution sur le site et du caractère volatil des composés constituant ces sources, il est préconisé une gestion hors site de ces matériaux pour un budget estimé en première approche entre 218 et 293 k€ HT.</p> <p>De plus, au regard du projet d'aménagement, les sols présents au droit du site, en l'absence de mesures de gestion, ne semblent pas compatibles d'un point de vue sanitaire avec le futur usage de la zone d'étude (usages sensibles).</p> <p>Dans ce cadre il est recommandé la réalisation d'un plan de gestion avec analyse des risques résiduels lorsque le projet d'aménagement sera précisé (stade de l'étude de faisabilité).</p>



## 1. Introduction

### 1.1 Objet de l'étude

La société ALTER envisage le réaménagement de la ZAC Front de Maine située au croisement des boulevards Yolande d'Aragon et Foulques Nerra, sur la commune d'Angers (49). L'emprise du site correspond à la parcelle cadastrale 353 de la section EZ. La superficie du site est de 8 304 m<sup>2</sup>.

Le site a déjà fait l'objet d'un premier diagnostic environnemental en 2013 par BURGEAP, dans le cadre de la construction du futur centre des congrès (projet depuis abandonné). Ce dernier a mis en évidence la présence d'anomalies peu significatives en hydrocarbures et en métaux.

Le projet de réaménagement du site en lien avec le concours « Imagine Angers », n'est pas encore totalement défini. La société ALTER envisage de vendre le terrain avec une programmation non définie à ce jour mais qui pourrait potentiellement comprendre des logements, commerces, services, bureaux, crèche ou tout autre ERP et potentiellement du stationnement souterrain sur le site.

Dans ce contexte, la société ALTER souhaite estimer le risque de pollution lié aux activités du site et vérifier par le biais d'investigations sur les sols la qualité environnementale du site. Les études historique et documentaire ayant été faites lors de la mission précédente, la société ALTER a missionné BURGEAP uniquement pour la réalisation d'un diagnostic environnemental.

Les investigations menées sur le site en août 2017, les résultats des analyses effectuées et nos recommandations en termes de gestion des éventuelles pollutions du site font l'objet du présent rapport.

### 1.2 Méthodologie générale et réglementation en vigueur

La méthodologie retenue par BURGEAP pour la réalisation de cette étude prend en compte les textes et outils de la politique nationale de gestion des sites et sols pollués en France d'avril 2017 et les exigences de la **norme AFNOR NF X 31-620 « Qualité du sol - Prestations de services relatives aux sites et sols pollués »** révisée en juin 2011, pour le domaine A : « Etudes, assistance et contrôle ».

Nous nous plaçons dans une prestation de type **CPIS**, dont les objectifs sont de répondre aux questions suivantes :

- Existe-il des sources de pollution ayant pu impacter la qualité du sous-sol au droit du site ?
- Si oui, quel sont les milieux pouvant être impactés, les enjeux à protéger ?
- Où et à quelle profondeur sonder, quels polluants rechercher ?
- Les sols du site sont-ils pollués, où, et par quelles substances ?
- Quelles sont les conséquences possibles sur les activités actuelles et futures du site, sur l'environnement ?
- Convient-il de faire une IEM, un Plan de Gestion, une simple surveillance ?

Cette étude comprend les missions élémentaires suivantes :

- **A100** : Visite du site ;
- **A200** : Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les sols.

## 2. Localisation et historique du site

### 2.1.1 Localisation, description et environnement du site

- adresse du site : ZAC Front de Maine, Boulevard Yolande d'Aragon à Angers (49) (**figure 1**). Le site est localisé à l'Ouest du centre-ville historique d'Angers sur la rive droite de la Maine ;



**Figure 1 : Localisation du site d'étude (Cartographie IGN)**

- parcelles cadastrales : section EZ n° 353 ;
- surface du site : 8 304 m<sup>2</sup> ;
- altitude moyenne / topographie : le site se situe à une altitude comprise entre +21,70 et +23,25 m NGF (Nivellement Général de la France) avec une légère pente en direction de la Maine.

Le site est constitué d'une aire de stationnement pour véhicules sur sa partie Sud-Est et d'espaces verts sur sa partie Nord-Ouest.

Le site est bordé :

- au Nord-Est, par le boulevard Gaston Dumesnil et au-delà par le complexe culturel « le Quai » ;
- au Sud-Est, par une zone de stationnement, puis par le boulevard du Bon Pasteur et la Maine ;
- au Sud-Ouest, par le boulevard Foulques Nerra et au-delà par des bâtiments de logements collectifs ;

- au Nord-Ouest, par le boulevard Yolande d'Aragon, puis par des immeubles d'habitations et une école primaire.

Le site fait partie du centre-ville d'Angers. Son environnement est donc considéré comme sensible.

### 2.1.2 Rappel succinct de l'historique du site

L'étude historique basée sur l'étude de photographies aériennes anciennes, ainsi que sur les informations recueillies auprès de la préfecture, des archives municipales et départementales, a été réalisée par BURGEAP en 2013 (cf. rapport RSSPLB03002-01). Celle-ci révèle que le site était occupé :

- avant 1842, par une plaine ou une prairie alluviale ;
- entre 1842 et 1970, par l'ancien abattoir municipal d'Angers, puis par l'abattoir moderne de la ville. Ces installations disposaient d'une zone de stockage de charbon. L'aménagement de ces deux structures s'est accompagné par un apport important de remblais réparti sur deux couches :
  - une en profondeur correspond à la création de l'ancien abattoir ;
  - une plus superficielle datant de la construction de l'abattoir moderne.
 Des logements individuels avec jardins sont construits sur la partie Nord-Est du site lors de l'aménagement de l'abattoir moderne ;
- entre 1970 et 1991,
  - sur la partie Sud-Est, par différentes installations situées dans les anciens locaux de l'abattoir : une usine relais pour la société DBA (traitement des métaux), des ateliers chorégraphiques, des entrepôts pour le théâtre des Pays de la Loire...
  - sur la partie Nord-Ouest, une société de vente automobile exerçant également l'activité de garage s'implante à côté des maisons d'habitation, au Nord du boulevard Gaston Dumesnil. Cette dernière est classée dans la base de donnée BASIAS, celle-ci fait référence à un dépôt de liquides inflammables (carburant et mazout) ;
- entre 1991 et 2008, par une parcelle de friche. Les anciennes structures présentes sur le site sont toutes détruites entre 1991 et 1994 ;
- à partir de 2008, par des espaces verts et une aire de stationnement pour véhicules (état actuel du site).

Cette étude historique a mis en évidence la présence d'activités et d'équipements potentiellement polluants au droit du site.

Ceux-ci ainsi que les substances associées sont décrites dans le tableau suivant :

**Tableau 1 : Activités et installations potentiellement polluantes identifiées**

Localisation	Installation/activité	Aérien/souterrain	Polluants potentiels <sup>1</sup>
Anciens abattoir	Zone de stockage de charbon	Souterrain	HCT, HAP et ETM
	Remblais	Souterrain	HCT, HAP, ETM, BTEX et COHV
Garage automobile	Réservoir d'hydrocarbures	-	HCT, HAP et BTEX

<sup>1</sup>HCT : hydrocarbures fraction C10-C40

HAP : hydrocarbures aromatiques polycycliques

BTEX : benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes

COHV : composés organo-halogénés volatils

ETM : arsenic, chrome, cuivre, mercure, plomb, zinc, cadmium, nickel

### 3. Investigations sur les sols (A200)

#### 3.1 Nature des investigations

Les sondages suivis par un collaborateur de BURGEAP ont été réalisés les 28 et 29 août 2017 par la société Neoterra. Après prélèvement, les sondages ont été rebouchés avec les déblais de forage.

Les investigations menées sur site sont celles décrites dans le **Tableau 2** ci-après. Elles sont localisées en **Figure 2**.

**Tableau 2 : Investigations réalisées sur les sols**

Milieu reconnu	Prestations	Localisation	Sondage	Profondeur (m)	Substances analysées	Nombre d'échantillons analysés
Sols	Sondages à la tarière mécanique	Espaces verts	A1	4	HCT, HAP, ETM et Sb sur éluât	2
			A2	4	HCT, HAP, COHV, BTEX, PCB, ETM, et Sb sur éluât	3
			A3	4	HCT, HAP, ETM, COHV et pack ISDI	4
			A4	4	HCT, HAP, PCB et ETM	4
			A5	4	HCT, HAP, ETM et Sb sur éluât	3
			A6	4	HCT, HAP, ETM et Sb sur éluât	2
			A7	4	HCT, HAP, PCB, ETM et Sb sur éluât	2
			A8	4	HCT, HAP, COHV, BTEX, ETM et Sb sur éluât	2
			A9	4	HCT, HAP, BTEX, ETM Sb sur éluât	3
			A10	4	ETM, COHV, pack ISDI et Sb sur éluât	2
			A11	4	HCT, HAP, COHV, BTEX et ETM	3
			A12	4	HCT, HAP, ETM et Sb sur éluât	3
			A13	4	HCT, HAP, ETM et Sb sur éluât	2
			A14	4	HCT, HAP, ETM, COHV, pack ISDI et Sb sur éluât	3
			A15	1,5	-	0
		Parking	A16	4	HCT, HAP, ETM et Sb sur éluât	6
			A17	4	HCT, HAP, ETM et Sb sur éluât	2
			A18	4	HCT, HAP, ETM, COHV, pack ISDI et Sb sur éluât	2
			A19	4	HCT, HAP, COHV, BTEX, ETM et Sb sur éluât	2
			A20	4	HCT, HAP, COHV, BTEX, ETM et Sb sur éluât	4
			A21	4	HCT, HAP, ETM et Sb sur éluât	2

Métaux : As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn

HCT C10-C40 : indice hydrocarbures C10-C40

HAP : hydrocarbures aromatiques polycycliques (16 composés)

BTEX : hydrocarbures aromatiques monocycliques (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes)

COHV : composés organo-halogénés volatils

Pack ISDI : installation de stockage des déchets inertes (critères d'acceptation définis par l'arrêté du 12/12/2014)

- a- sur sol brut : HCT C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>, hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et monocycliques (BTEX), polychlorobiphényles (PCB), carbone organique total (COT), test de lixiviation EN 12457-2 (L/S=10, 1x24h)
- b- sur éluat : 12 métaux et métalloïdes (As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Zn), chlorures, fluorures, sulfates, indice phénol, carbone organique total (COT), fraction soluble

Le sondage A15 a fait l'objet de trois refus et a été décalé au sondage A21. Les nombreux refus à proximité du sondage A15 peuvent être le témoin d'une structure enterrée.

On présente en **Annexe 4** les propriétés chimiques des principaux polluants susceptibles d'être présents et en **Annexe 5** un glossaire.

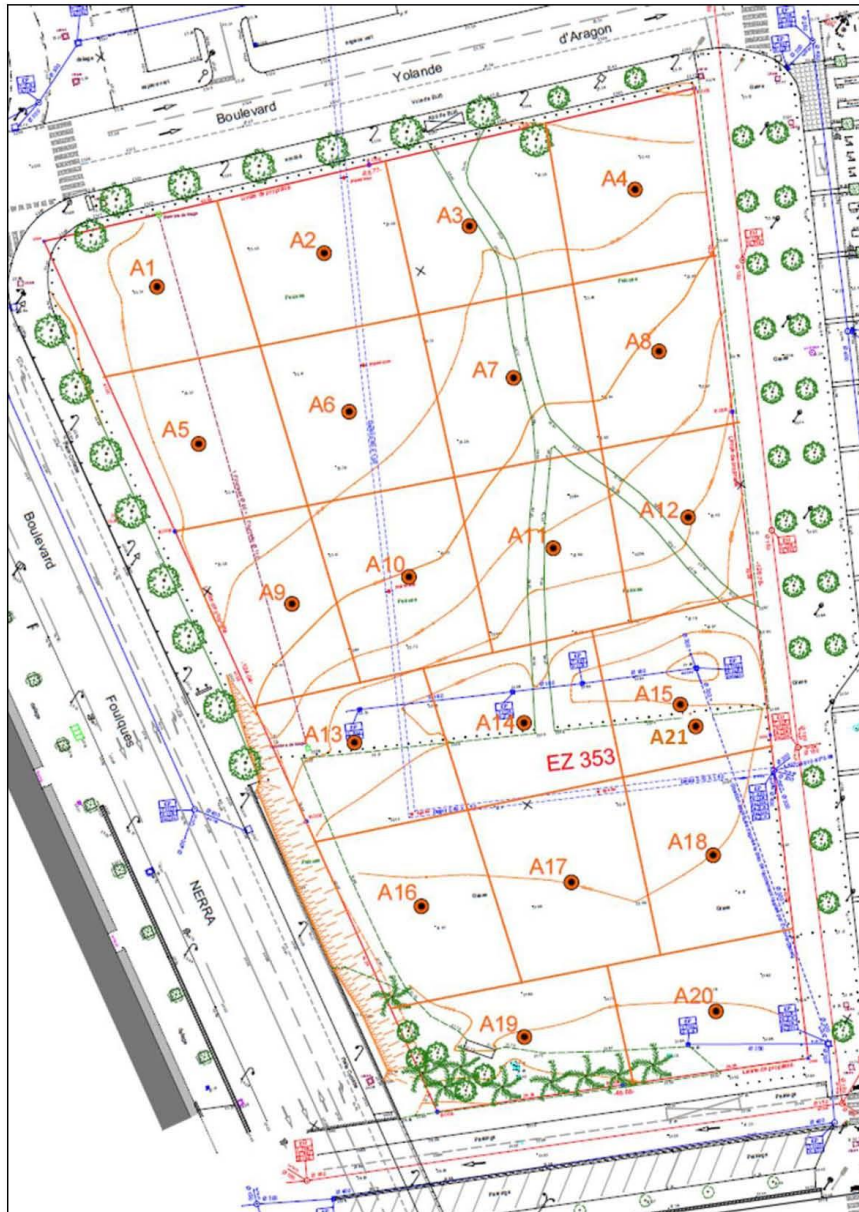


Figure 2 : Localisation des investigations

### 3.2 Observations et mesures de terrain

Les terrains recoupés en sondage ont été décrits avant échantillonnage. Une partie des échantillons a fait l'objet d'analyses chimiques en laboratoire. Les descriptions ont porté sur leur lithologie et la présence ou non de niveaux jugés suspects.

Les niveaux de sol sont jugés suspects s'ils présentent des traces de souillures, des caractéristiques organoleptiques anormales (odeur, couleur, texture), des réponses positives au PID ou qu'ils renferment des matériaux de type déchets, mâchefers, verre, bois....

La présence de composés organiques volatils dans les gaz des sols et au niveau de chaque échantillon prélevé a en effet été évaluée au moyen d'un détecteur à photo-ionisation (PID) équipé d'une lampe 10,6eV régulièrement calibré (mesures effectuées en espace de tête dans sachet hermétique).

Au regard des observations réalisées au cours des investigations, les formations géologiques au droit du site sont :

- de la terre végétale sur les dix à vingt premiers centimètres de profondeur au droit des espaces verts ;
- des remblais limono-sableux ou sablo-limoneux jusqu'à 2 à 4 m de profondeur ;
- et dessous, des remblais majoritairement composés de sables grossiers en partie Nord-Ouest du site et de limons bruns en partie Sud-Est.

Aucune venue d'eau n'a été constatée lors de la réalisation des sondages.

Des matériaux d'origine anthropiques (brique, débris de calcaires, schiste, mâchefer ...) ont été observés dans les terrains de la majorité des sondages. Par ailleurs, six sondages présentent des indices organoleptiques de pollution (traces noires) dans les remblais. L'ensemble des constats observés sur chaque sondage est résumé dans le tableau suivant :

**Tableau 3 : Constats de pollution observés lors de la réalisation des sondages**

sondage	profondeur	constats	mesures au PID
A1	0,1 - 1	Brique + schiste + débris calcaires	0,1
	1 - 2	Brique + schiste + débris calcaires	0,2
	2 - 3,5	Brique + schiste + débris calcaires	0,0
	3,5 - 4	Brique	0,0
A2	0,1 - 1,8	Brique + schiste	0,0
	1,8 - 2,9	Brique + schiste + débris calcaires + verre + traces noires	0,0
	2,9 - 4	Brique + schiste	0,0
A3	0,1 - 2,7	Brique + schiste + débris calcaires + plastique	0,0
	2,7 - 3	Brique + schiste + débris calcaires + traces noires + ferraille	2,8
	3 - 4	Quelques traces noires	4,2
A4	0,1 - 0,8	Débris calcaires + verre + bitume	0,0
	0,8 - 3,5	Brique + schiste + débris calcaires	0,0
	3,5 - 4	Schiste + débris calcaires	0,0
A5	0,1 - 3,1	Brique + schiste	0,0
	3,1 - 4	Brique	0,0
A6	0,1 - 1	Brique + schiste + plastique	0,0
	1 - 1,9	Brique + schiste	0,0
	1,9 - 2,9	Brique + schiste + débris calcaires	0,0
	2,9 - 4	Schiste	0,0
A7	0,1 - 1,9	Débris calcaires	0,0
	1,9 - 4	Brique + schiste + débris calcaires	0,0

sondage	profondeur	constats	mesures au PID
A8	0,15 - 1,1	Brique + schiste	0,1
	1,1 - 2,1	Brique + schiste + mâchefer + plastique	0,1
	2,1 - 4	Brique + schiste + débris calcaires	0,0
A9	0,1 - 1	Brique + schiste	0,1
	1 - 1,8	Brique + schiste	0,2
	1,8 - 2,7	Brique + schiste + traces noires + ciment	0,0
	2,7 - 4	Brique + schiste	0,0
A10	0,2 - 1,8	Brique + schiste + débris calcaires	0,0
	1,8 - 2,5	Brique + schiste + traces noires + mâchefer + verre	0,0
	2,5 - 2,9	Brique + schiste + débris calcaires	0,0
	2,9 - 3,1	Brique + schiste	0,0
	3,1 - 4	-	0,0
A11	0,1 - 1,9	Brique + débris calcaires	0,1
	1,9 - 2,6	Brique + schiste + débris calcaires + traces noires	0,0
	2,6 - 3	Brique + schiste + mâchefer	0,0
	3 - 4	Brique + schiste	0,0
A12	0,1 - 1,9	Brique + schiste	0,2
	1,9 - 4	Brique + schiste	0,1
A13	0,1 - 0,8	Brique + schiste	0,0
	0,8 - 1,3	Brique + schiste	0,1
	1,3 - 4	Brique + schiste	0,0
A14	0,1 - 0,8	Débris calcaires	0,0
	0,8 - 1,5	Brique + schiste + débris calcaires	0,2
	1,5 - 3,2	Brique + schiste + débris calcaires	0,0
	3,2 - 3,7	Brique + schiste + traces noires + mâchefer	0,0
	3,7 - 4	Brique + schiste + débris calcaires	0,0
A15	0,2 - 1,5	Brique + schiste	0,0
A16	0,4 - 2,8	Brique + schiste + débris calcaires	0,0
	2,8 - 4	Brique + schiste	0,0
A17	0 - 1,1	Débris calcaires	0,0
	1,1 - 4	Brique + schiste	0,0
A18	0 - 0,7	-	0,0
	0,7 - 1,8	Brique + schiste + débris calcaires + mâchefer	0,0
	1,8 - 2,5	Brique + schiste + débris calcaires	0,0
	2,5 - 4	Brique + schiste	0,0
A19	0,4 - 1,3	Brique + schiste + charbon	0,0
	1,3 - 4	Brique + schiste	0,0
A20	0 - 1,1	Brique + schiste + débris calcaires	0,0
	1,1 - 2	Brique + schiste + mâchefer + ciment	0,0
	2 - 4	Brique + schiste	0,0
A21	0,2 - 2,2	Brique + schiste	0,0
	2,2 - 4	Brique + schiste + débris calcaires	0,0

Une mesure au PID a également été réalisée dans chaque trou de sondage, seul le sondage A3 possède une valeur différente de 0,0 ppm avec une mesure de 16,3 ppm.

L'intégralité des observations figure dans les fiches d'échantillonnage de sols rassemblées en **Annexe 1**.



### 3.3 Stratégie et mode opératoire d'échantillonnage

Après le levé de la coupe du sondage, le collaborateur de BURGEAP a procédé au prélèvement des échantillons de sols selon le protocole détaillé ci-après :

- un échantillon pour chaque horizon lithologique homogène ;
- un échantillon tous les 1 m, si l'épaisseur de l'horizon dépasse 1 m ;
- un échantillon de chaque niveau lithologique suspect.

Une fois prélevé, les échantillons ont été conditionnés dans des bocaux d'une contenance de 370 ml.

### 3.4 Conservation des échantillons

Après description, conditionnement et étiquetage, les échantillons de sol ont été stockés en glacière jusqu'à leur arrivée au laboratoire.

### 3.5 Programme analytique sur les sols

Les analyses chimiques ont été réalisées par le laboratoire AGROLAB. Les échantillons soumis à analyse en laboratoire ont été sélectionnés en fonction des observations de terrain et/ou de leur proximité d'une installation potentiellement polluante ayant pu avoir un impact sur les milieux étudiés.

Le programme analytique mis en œuvre est présenté dans le **Tableau 2**.

Les méthodes analytiques et les limites de quantification figurent en **Annexe 2**.

### 3.6 Valeurs de référence pour les sols

Conformément aux recommandations des circulaires ministérielles de février 2007, les concentrations dans les sols au droit de la zone d'étude ont été comparées à des concentrations caractéristiques du bruit de fond.

Ces valeurs de comparaison sont présentées dans les premières colonnes des tableaux de présentation des résultats d'analyse.

Pour les **métaux et métalloïdes**, la gamme de concentrations utilisée pour comparaison est celle mise en évidence dans les sols naturels ordinaires (sans anomalie géochimique et avec anomalies dite modérées) dans le cadre du programme INRA-ASPITET. A défaut, les valeurs proposées par l'ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) ont été utilisées.

Pour les **HAP**, en l'absence de données locales, les valeurs de référence utilisées sont extraites de l'ATSDR (Toxicological profile for PAHs, 1995 et 2005) et des fiches toxicologiques de l'INERIS pour des sols urbains.

Pour les autres composés, en l'absence de valeurs caractérisant le bruit de fond, un simple constat de présence ou d'absence a été réalisé en référence à des teneurs supérieures ou inférieures aux limites de quantification du laboratoire.

Parallèlement, afin d'appréhender la gestion de terres potentiellement excavées hors site dans le cadre des futurs travaux de réaménagement, les concentrations sur le sol brut et sur l'éluât ont été comparées aux critères d'acceptation définis dans l'arrêté du 12 décembre 2014 relatif aux déchets inertes.

### 3.7 Résultats et interprétation des analyses sur les sols

Les bordereaux d'analyse sur les sols sont présentés en **Annexe 3**. Les résultats sont synthétisés dans les tableaux ci-après.

Tableau 4 : Résultats d'analyses sur les sols

Paramètres	Unités	Valeurs de référence		Sondage	A1-2	A1-5	A2-1	A2-2	A2-3	A3-2	A3-3	A3-4	A3-5	A4-1	A4-3	A4-4	
				Localisation	Espaces verts												
				Profondeur (m)	0,1 - 1	3,5 - 4	0,1 - 1	1 - 1,8	1,8 - 2,9	1 - 2	2 - 2,7	2,7 - 3	3 - 4	0,1 - 0,8	1,5 - 2,5	2,5 - 3,5	
				Lithologie	Limons	Sables	Limons sableux	Limons sableux	Limons argileux	Sables limoneux	Sables limoneux	Sables noirs	Sables	Sables	Sables limoneux	Sables limoneux	
Bruit de fond	Valeurs limite ISDI	Indices organoleptiques	Brique + schiste + débris calcaires	Brique	Brique + schiste	Brique + schiste	Brique + schiste + débris calcaires + traces noires + verre	Brique + schiste + débris calcaires + plastique	Brique + schiste + débris calcaires + plastique	Brique + schiste + débris calcaires + plastique + ferraille	quelques traces noires	Débris calcaires + verre + bitume	Brique + schiste + débris calcaires	Brique + schiste + débris calcaires			
<b>ANALYSES SUR SOL BRUT</b>																	
Matière sèche	%	-	-		94,6	96,9	92,7	92,7	87,2	90,1	90,8	89,9	92,5	97,3	89,1	86,5	
COT		-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Carbone Organique Total (*)	mg/kg Ms	-	30000		-	-	-	-	-	-	-	34000	8800	-	-	-	
<b>Métaux et métalloïdes</b>																	
Arsenic (As)	mg/kg Ms	25			20	11	22		35	21		21	7,7	14		49	
Cadmium (Cd)	mg/kg Ms	0,45			0,1	<0,1	0,1		0,1	0,1		9,9	1,3	<0,1		3,7	
Chrome (Cr)	mg/kg Ms	90			19	5,5	24		28	19		49	9,3	18		27	
Cuivre (Cu)	mg/kg Ms	20			64	2,3	29		140	46		760	46	32		180	
Mercure (Hg)	mg/kg Ms	0,1			0,26	<0,05	0,12		0,6	0,23		2,62	0,16	0,32		0,72	
Nickel (Ni)	mg/kg Ms	60			15	5,8	15		27	17		54	7,2	12		26	
Plomb (Pb)	mg/kg Ms	50			42	5	24		76	51		5700	150	31		1200	
Zinc (Zn)	mg/kg Ms	100			63	13	49		94	79		1100	250	47		2200	
<b>Indice hydrocarbone C10-C40</b>																	
Fraction C10-C12	mg/kg Ms	LQ	-		<4	<4	<4		<4	<4		<4	19	<4		<4	
Fraction C12-C16	mg/kg Ms	LQ	-		<4	<4	<4		<4	<4		52	99	7		5	
Fraction C16-C20	mg/kg Ms	LQ	-		4	<2	<2		11	6		210	260	35		30	
Fraction C20-C24	mg/kg Ms	LQ	-		7	3	4		18	9		620	380	26		74	
Fraction C24-C28	mg/kg Ms	LQ	-		9	3	6		14	16		1380	300	36		100	
Fraction C28-C32	mg/kg Ms	LQ	-		13	3	7		10	20		1030	160	85		80	
Fraction C32-C36	mg/kg Ms	LQ	-		13	3	7		6	19		380	64	110		47	
Fraction C36-C40	mg/kg Ms	LQ	-		9	<2	5		<2	12		130	19	57		20	
Somme des hydrocarbures C10-C40	mg/kg Ms	LQ	500		55	<20	30		67	85		3820	1300	360		357	
<b>HAP</b>																	
Naphtalène	mg/kg Ms	0,15	-		<0,050	<0,050	<0,050		<0,050	<0,050		0,24	0,077	<0,050		<0,050	
Acénaphylène	mg/kg Ms	-	-		<0,050	<0,050	<0,050		<0,050	<0,050		<0,050	<0,050	<0,050		<0,050	
Acénaphthène	mg/kg Ms	-	-		<0,050	<0,050	<0,050		<0,050	<0,050		0,057	<0,050	<0,050		<0,050	
Fluorène	mg/kg Ms	-	-		<0,050	<0,050	<0,050		<0,050	<0,050		0,14	0,1	<0,050		<0,050	
Phénanthrène	mg/kg Ms	-	-		0,1	<0,050	0,12		0,17	0,39		0,23	1,3	0,54		0,35	
Anthracène	mg/kg Ms	-	-		<0,050	<0,050	<0,050		<0,050	0,072		<0,050	0,21	0,058		0,11	
Fluoranthène	mg/kg Ms	-	-		0,37	<0,050	0,57		0,31	0,68		0,39	2,2	0,84		0,61	
Pyréne	mg/kg Ms	-	-		0,4	<0,050	0,55		0,25	0,54		0,33	2,2	0,57		0,52	
Benzo(a)anthracène	mg/kg Ms	-	-		0,27	<0,050	0,32		0,14	0,3		0,19	1,1	0,39		0,29	
Chrysène	mg/kg Ms	-	-		0,26	<0,050	0,31		0,15	0,28		0,19	0,95	0,32		0,22	
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg Ms	-	-		0,51	<0,050	0,42		0,17	0,31		0,24	1,4	0,48		0,31	
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg Ms	-	-		0,24	<0,050	0,22		0,087	0,16		0,11	0,68	0,23		0,16	
Benzo(a)pyréne	mg/kg Ms	-	-		0,55	<0,050	0,51		0,18	0,36		0,22	1,3	0,35		0,36	
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg Ms	-	-		0,075	<0,050	0,058		<0,050	<0,050		<0,050	0,14	<0,050		<0,050	
Benzo(g,h,i)peryène	mg/kg Ms	-	-		0,38	<0,050	0,33		0,13	0,22		0,12	0,92	0,24		0,21	
Indéno(1,2,3-cd)pyréne	mg/kg Ms	-	-		0,54	<0,050	0,44		0,16	0,27		0,18	1,3	0,35		0,28	
Somme des HAP	mg/kg Ms	25	50		3,7	<0,8	3,8		1,7	3,6		2,2	14	4,5		3,4	
<b>BTEX</b>																	
Benzène	mg/kg Ms	LQ	-						<0,05				<0,050	<0,050			
Toluène	mg/kg Ms	LQ	-						<0,05				<0,050	<0,050			
Ethylbenzène	mg/kg Ms	LQ	-						<0,05				<0,050	0,084			
m,p-Xylène	mg/kg Ms	LQ	-						<0,10				<0,10	0,16			
o-Xylène	mg/kg Ms	LQ	-						<0,050				<0,050	<0,050			
Somme des BTEX	mg/kg Ms	LQ	6						<0,3				<0,3	<0,3			

Paramètres	Unités	Valeurs de référence		Sondage	A1-2	A1-5	A2-1	A2-2	A2-3	A3-2	A3-3	A3-4	A3-5	A4-1	A4-3	A4-4	
				Localisation	Espaces verts												
				Profondeur (m)	0,1 - 1	3,5 - 4	0,1 - 1	1 - 1,8	1,8 - 2,9	1 - 2	2 - 2,7	2,7 - 3	3 - 4	0,1 - 0,8	1,5 - 2,5	2,5 - 3,5	
				Lithologie	Limons	Sables	Limons sableux	Limons sableux	Limons argileux	Sables limoneux	Sables limoneux	Sables noirs	Sables	Sables	Sables limoneux	Sables limoneux	
Bruit de fond	Valeurs limite ISDI	Indices organoleptiques	Brique + schiste + débris calcaires	Brique	Brique + schiste	Brique + schiste	Brique + schiste + débris calcaires + traces noires + verre	Brique + schiste + débris calcaires + plastique	Brique + schiste + débris calcaires + plastique	Brique + schiste + débris calcaires + ferraille	quelques traces noires	Débris calcaires + verre + bitume	Brique + schiste + débris calcaires	Brique + schiste + débris calcaires			
<b>COHV</b>																	
Tétrachloroéthylène (PCE)	mg/kg Ms	LQ	-	-	-	-	-	-	-0,05	-	-	-0,05	-0,05	-	-	-	
Trichloroéthylène (TCE)	mg/kg Ms	LQ	-	-	-	-	-	-	-0,05	-	-	-0,05	-0,05	-	-	-	
cis-1,2-dichloroéthylène	mg/kg Ms	LQ	-	-	-	-	-	-	<0,025	-	-	<0,025	<0,025	-	-	-	
trans-1,2-dichloroéthylène	mg/kg Ms	LQ	-	-	-	-	-	-	<0,025	-	-	<0,025	<0,025	-	-	-	
1,1-dichloroéthylène	mg/kg Ms	LQ	-	-	-	-	-	-	<0,10	-	-	<0,10	<0,10	-	-	-	
Chlorure de Vinyle	mg/kg Ms	LQ	-	-	-	-	-	-	<0,02	-	-	<0,02	<0,02	-	-	-	
1,1,2-trichloroéthane	mg/kg Ms	LQ	-	-	-	-	-	-	<0,05	-	-	<0,05	<0,05	-	-	-	
1,1,1-trichloroéthane	mg/kg Ms	LQ	-	-	-	-	-	-	<0,05	-	-	<0,05	<0,05	-	-	-	
1,2-dichloroéthane	mg/kg Ms	LQ	-	-	-	-	-	-	<0,05	-	-	<0,05	<0,05	-	-	-	
1,1-dichloroéthane	mg/kg Ms	LQ	-	-	-	-	-	-	<0,10	-	-	<0,10	<0,10	-	-	-	
Tétrachlorométhane	mg/kg Ms	LQ	-	-	-	-	-	-	<0,05	-	-	<0,05	<0,05	-	-	-	
Trichlorométhane	mg/kg Ms	LQ	-	-	-	-	-	-	<0,05	-	-	<0,05	<0,05	-	-	-	
Dichlorométhane	mg/kg Ms	LQ	-	-	-	-	-	-	<0,05	-	-	<0,05	<0,05	-	-	-	
Somme des COHV	mg/kg Ms	LQ	-	-	-	-	-	-	<0,67	-	-	<0,67	<0,67	-	-	-	
<b>PCB</b>																	
PCB (28)	mg/kg Ms	LQ	-	-	-	-	-	-	<0,001	-	-	<1,0	0,003	-	<0,001	<0,001	
PCB (52)	mg/kg Ms	LQ	-	-	-	-	-	-	<0,001	-	-	1,2	0,032	-	0,002	0,017	
PCB (101)	mg/kg Ms	LQ	-	-	-	-	-	-	0,002	-	-	10	0,075	-	0,008	0,057	
PCB (118)	mg/kg Ms	LQ	-	-	-	-	-	-	0,001	-	-	5	0,052	-	0,007	0,029	
PCB (138)	mg/kg Ms	LQ	-	-	-	-	-	-	0,003	-	-	30	0,091	-	0,013	0,095	
PCB (153)	mg/kg Ms	LQ	-	-	-	-	-	-	0,002	-	-	32	0,086	-	0,011	0,08	
PCB (180)	mg/kg Ms	LQ	-	-	-	-	-	-	0,001	-	-	23	0,051	-	0,006	0,046	
Somme des PCB	mg/kg Ms	LQ	1	-	-	-	-	-	0,009	-	-	100	0,39	-	0,047	0,32	
<b>ANALYSES SUR ELUAT</b>																	
<b>Paramètres généraux</b>																	
pH	-	-	-	9,5	8,5	-	9,4	-	-	-	-	8	7,9	-	-	-	
Conductivité corrigée à 25 °C	µS/cm	-	-	97	47,4	-	110	-	-	-	-	190	180	-	-	-	
Fraction soluble (**)	mg/kg Ms	-	4000	-	-	-	-	-	-	-	-	1300	<1000	-	-	-	
Carbone organique total	mg/kg Ms	-	500	-	-	-	-	-	-	-	-	90	31	-	-	-	
Indice phénol	mg/kg Ms	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,10	<0,10	-	-	-	
<b>Anions</b>																	
Fluorures	mg/kg Ms	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	-	-	-	
Chlorures (***)	mg/kg Ms	-	800	-	-	-	-	-	-	-	-	38	59	-	-	-	
Sulfates (***)	mg/kg Ms	-	1000	-	-	-	-	-	-	-	-	340	450	-	-	-	
<b>Métaux et métalloïdes</b>																	
Antimoine	mg/kg Ms	-	0,06	<0,05	<0,05	-	<0,05	-	-	-	-	0,71	0,17	-	-	-	
Arsenic	mg/kg Ms	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,05	<0,05	-	-	-	
Baryum	mg/kg Ms	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	0,58	0,28	-	-	-	
Cadmium	mg/kg Ms	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	0,002	<0,001	-	-	-	
Chrome	mg/kg Ms	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,02	<0,02	-	-	-	
Cuivre	mg/kg Ms	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,88	0,02	-	-	-	
Mercurure	mg/kg Ms	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0004	<0,0003	-	-	-	
Molybdène	mg/kg Ms	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0,08	-	-	-	
Nickel	mg/kg Ms	-	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,05	<0,05	-	-	-	
Plomb	mg/kg Ms	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	0,07	<0,05	-	-	-	
Zinc	mg/kg Ms	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0,32	-	-	-	
Selenium	mg/kg Ms	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,05	<0,05	-	-	-	

(\*\*) Si le déchet ne respecte pas au moins une des valeurs fixées pour le chlorure, le sulfate ou la fraction soluble, le déchet peut être encore jugé conforme aux critères d'admission s'il respecte soit les valeurs

Paramètres	Unités	Valeurs de référence		Sondage	A4-5	A5-1	A5-2	A5-3	A6-2	A6-4	A7-1	A7-3	A8-2	A8-4	A9-2	A9-3	
				Localisation	Espaces verts												
				Profondeur (m)	3,5 - 4	0,1 - 1	1 - 2	2 - 3	1 - 1,9	2,9 - 4	0,1 - 1	1,9 - 3	1,1 - 2,1	3 - 4	1 - 1,8	1,8 - 2,7	
				Lithologie	Sables	Limons	Limons	Limons	Limons	Sables	Limons	Sables	Limons	Sables limoneux	Limons	Limons sableux	
Bruit de fond	Valeurs limite ISDI	Indices organo/éptiques	Schiste + débris calcaires	Brique + schiste	Brique + schiste	Brique + schiste	Brique + schiste	Schiste	Débris calcaires	Brique + schiste + débris calcaires	Brique + schiste + plastique + mâchefer	Brique + schiste + débris calcaires	Brique + schiste + ciment + traces noires				
<b>ANALYSES SUR SOL BRUT</b>																	
Matière sèche	%	-	-		91,5	96,1	95,8	94,8	94,2	97,2	97,1	91,8	92,3	90,8	92,5	91,2	
<b>COT</b>																	
Carbone Organique Total (*)	mg/kg Ms	-	30000														
<b>Métaux et métalloïdes</b>																	
Arsenic (As)	mg/kg Ms	25			12			16	19	8,5	9,2	15	19	27		19	
Cadmium (Cd)	mg/kg Ms	0,45			0,1			0,1	0,2	0,1	<0,1	0,2	<0,1	0,4		0,2	
Chrome (Cr)	mg/kg Ms	90			23			18	19	4,3	16	15	20	20		19	
Cuivre (Cu)	mg/kg Ms	20			20			21	44	3,7	13	39	23	28		80	
Mercure (Hg)	mg/kg Ms	0,1			0,38			0,26	0,27	<0,05	0,18	0,56	0,13	0,85		0,29	
Nickel (Ni)	mg/kg Ms	60			12			13	17	7	9,6	14	12	17		18	
Plomb (Pb)	mg/kg Ms	50			48			34	60	6,5	17	100	20	97		100	
Zinc (Zn)	mg/kg Ms	100			64			68	96	64	35	98	48	140		120	
<b>Indice hydrocarbure C10-C40</b>																	
Fraction C10-C12	mg/kg Ms	LQ	-		<4	<4		<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4		<4	
Fraction C12-C16	mg/kg Ms	LQ	-		<4	<4		<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4		<4	
Fraction C16-C20	mg/kg Ms	LQ	-		<2	2		2	3	2	3	6	<2	7		3	
Fraction C20-C24	mg/kg Ms	LQ	-		<2	4		6	11	4	4	8	4	12		7	
Fraction C24-C28	mg/kg Ms	LQ	-		<2	6		8	33	6	6	10	7	17		11	
Fraction C28-C32	mg/kg Ms	LQ	-		<2	7		9	30	5	10	12	12	17		9	
Fraction C32-C36	mg/kg Ms	LQ	-		<2	7		7	12	3	12	9	14	11		6	
Fraction C36-C40	mg/kg Ms	LQ	-		<2	5		4	5	<2	10	6	8	6		3	
Somme des hydrocarbures C10-C40	mg/kg Ms	LQ	500		<20	33		36	93	25	47	53	47	73		41	
<b>HAP</b>																	
Naphtalène	mg/kg Ms	0,15	-		<0,050	<0,050		<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050		<0,050	
Acénaphylène	mg/kg Ms	-	-		<0,050	<0,050		<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050		<0,050	
Acénaphthène	mg/kg Ms	-	-		<0,050	<0,050		<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050		<0,050	
Fluorène	mg/kg Ms	-	-		<0,050	<0,050		<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050		<0,050	
Phénanthrène	mg/kg Ms	-	-		<0,050	0,14		0,19	0,17	<0,050	0,27	0,42	0,088	0,25		0,23	
Anthracène	mg/kg Ms	-	-		<0,050	0,054		0,064	0,064	<0,050	<0,050	0,083	<0,050	<0,050		<0,050	
Fluoranthène	mg/kg Ms	-	-		<0,050	0,31		0,59	0,38	<0,050	0,16	1,1	0,37	0,97		0,45	
Pyréne	mg/kg Ms	-	-		<0,050	0,3		0,55	0,37	<0,050	0,14	0,8	0,3	1,1		0,36	
Benzo(a)anthracène	mg/kg Ms	-	-		<0,050	0,21		0,35	0,24	<0,050	0,087	0,5	0,23	0,65		0,23	
Chrysène	mg/kg Ms	-	-		<0,050	0,21		0,3	0,21	<0,050	0,096	0,46	0,24	0,67		0,23	
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg Ms	-	-		<0,050	0,39		0,52	0,33	<0,050	0,14	0,68	0,39	1,5		0,34	
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg Ms	-	-		<0,050	0,18		0,25	0,17	<0,050	0,07	0,34	0,18	0,67		0,14	
Benzo(a)pyrène	mg/kg Ms	-	-		<0,050	0,41		0,57	0,33	<0,050	0,18	0,7	0,39	1,4		0,26	
Dibenzof(a,h)anthracène	mg/kg Ms	-	-		<0,050	<0,050		0,062	<0,050	<0,050	<0,050	0,089	0,088	0,2		<0,050	
Benzo(g,h,i)perylène	mg/kg Ms	-	-		<0,050	0,28		0,36	0,21	<0,050	0,12	0,48	0,25	1,1		0,18	
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg Ms	-	-		<0,050	0,36		0,47	0,3	<0,050	0,16	0,65	0,35	1,5		0,24	
Somme des HAP	mg/kg Ms	25	50		<0,8	2,8		4,3	2,8	<0,8	1,4	6,3	2,9	10		2,7	
<b>BTEX</b>																	
Benzène	mg/kg Ms	LQ	-										<0,05			<0,05	
Toluène	mg/kg Ms	LQ	-										<0,05			<0,05	
Ethylbenzène	mg/kg Ms	LQ	-										<0,05			<0,05	
m,p-Xylène	mg/kg Ms	LQ	-										<0,10			<0,10	
o-Xylène	mg/kg Ms	LQ	-										<0,050			<0,050	
Somme des BTEX	mg/kg Ms	LQ	6										<0,3			<0,3	

Paramètres	Unités	Valeurs de référence		Sondage	A4-5	A5-1	A5-2	A5-3	A6-2	A6-4	A7-1	A7-3	A8-2	A8-4	A9-2	A9-3	
				Localisation	Espaces verts												
				Profondeur (m)	3,5 - 4	0,1 - 1	1 - 2	2 - 3	1 - 1,9	2,9 - 4	0,1 - 1	1,9 - 3	1,1 - 2,1	3 - 4	1 - 1,8	1,8 - 2,7	
				Lithologie	Sables	Limons	Limons	Limons	Limons	Sables	Limons	Sables	Limons	Sables limoneux	Limons	Brique + schiste + ciment + traces noires	
		Eruit de fond	Valeurs limite ISDI	Indices organo/leptiques	Schiste + débris calcaires	Brique + schiste	Brique + schiste	Brique + schiste	Brique + schiste	Schiste	Débris calcaires	Brique + schiste + débris calcaires	Brique + schiste + plastique + mâchefer	Brique + schiste + débris calcaires	Brique + schiste		
<b>COHV</b>																	
Tétrachloroéthylène (PCE)	mg/kg Ms	LQ	-														
Trichloroéthylène (TCE)	mg/kg Ms	LQ	-														
cis-1,2-dichloroéthylène	mg/kg Ms	LQ	-														
trans-1,2-dichloroéthylène	mg/kg Ms	LQ	-														
1,1-dichloroéthylène	mg/kg Ms	LQ	-														
Chlorure de Vinyle	mg/kg Ms	LQ	-														
1,1,2-trichloroéthane	mg/kg Ms	LQ	-														
1,1,1-trichloroéthane	mg/kg Ms	LQ	-														
1,2-dichloroéthane	mg/kg Ms	LQ	-														
1,1-dichloroéthane	mg/kg Ms	LQ	-														
Tétrachlorométhane	mg/kg Ms	LQ	-														
Trichlorométhane	mg/kg Ms	LQ	-														
Dichlorométhane	mg/kg Ms	LQ	-														
Somme des COHV	mg/kg Ms	LQ	-														
<b>PCB</b>																	
PCB (28)	mg/kg Ms	LQ	-														
PCB (52)	mg/kg Ms	LQ	-														
PCB (101)	mg/kg Ms	LQ	-														
PCB (118)	mg/kg Ms	LQ	-														
PCB (138)	mg/kg Ms	LQ	-														
PCB (153)	mg/kg Ms	LQ	-														
PCB (180)	mg/kg Ms	LQ	-														
Somme des PCB	mg/kg Ms	LQ	1														
<b>ANALYSES SUR ELUAT</b>																	
<b>Paramètres généraux</b>																	
pH	-	-	-														
Conductivité corrigée à 25 °C	µS/cm	-	-														
Fraction soluble (***)	mg/kg Ms	-	4000														
Carbone organique total	mg/kg Ms	-	500														
Indice phénol	mg/kg Ms	-	1														
<b>Anions</b>																	
Fluorures	mg/kg Ms	-	10														
Chlorures (***)	mg/kg Ms	-	800														
Sulfates (***)	mg/kg Ms	-	1000														
<b>Métaux et métalloïdes</b>																	
Antimoine	mg/kg Ms	-	0,06														
Arsenic	mg/kg Ms	-	0,5														
Baryum	mg/kg Ms	-	20														
Cadmium	mg/kg Ms	-	0,04														
Chrome	mg/kg Ms	-	0,5														
Cuivre	mg/kg Ms	-	2														
Mercurure	mg/kg Ms	-	0,01														
Molybdène	mg/kg Ms	-	0,5														
Nickel	mg/kg Ms	-	0,4														
Plomb	mg/kg Ms	-	0,5														
Zinc	mg/kg Ms	-	4														
Selenium	mg/kg Ms	-	0,1														

(\*\*\*) Si le déchet ne respecte pas au moins une des valeurs fixées pour le chlorure, le sulfate ou la fraction soluble, le déchet peut être encore jugé conforme aux critères d'admission s'il respecte soit les valeurs

Paramètres	Unités	Valeurs de référence		Sondage	A9-5	A10-1	A10-3	A11-2	A11-3	A11-5	A12-1	A12-2	A12-3	A13-1	A13-4	A14-2	
				Localisation	Espaces verts												
				Profondeur (m)	3,1 - 3,6	0,2 - 1	1,8 - 2,5	1 - 1,9	1,9 - 2,6	3 - 4	0,1 - 1	1 - 1,9	1,9 - 3	0,1 - 0,8	2,4 - 3	0,8 - 1,5	
				Lithologie	Sables limoneux	Limons	Sables limoneux	Sables limoneux	Sables limoneux	Sables limoneux	Sables limoneux	Sables limoneux	Sables limoneux	Sables limoneux	Limons	Limons	Sables
Bruit de fond	Valeurs limite ISDI	Indices organoleptiques	Brique + schiste	Brique + schiste + débris calcaires	Brique + schiste + mâchefer + traces noires + verre	Brique + débris calcaires	Brique + schiste + débris calcaires + traces noires	Brique + schiste	Brique + schiste	Brique + schiste	Brique + schiste	Brique + schiste	Brique + schiste	Brique + schiste	Brique + schiste		
<b>ANALYSES SUR SOL BRUT</b>																	
Matière sèche	%	-	-		92,8	93,4	90,7	92,9	90,5	87,6	94,3	94,7	87,3	91	96,8	91,5	
<b>COT</b>					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Carbone Organique Total (*)	mg/kg Ms	-	30000				12000										
<b>Métaux et métalloïdes</b>																	
Arsenic (As)	mg/kg Ms	25			16	30	16	18	33	26	20		19	12	13	19	
Cadmium (Cd)	mg/kg Ms	0,45			0,2	0,3	0,3	0,3	<0,1	0,1	0,1		0,1	0,2	<0,1	0,5	
Chrome (Cr)	mg/kg Ms	90			15	30	20	20	22	16	22		17	28	10	24	
Cuivre (Cu)	mg/kg Ms	20			300	49	64	51	87	41	52		24	41	4,9	69	
Mercure (Hg)	mg/kg Ms	0,1			0,22	0,17	0,27	0,27	0,46	0,62	0,32		0,24	0,4	<0,05	0,72	
Nickel (Ni)	mg/kg Ms	60			13	24	23	17	33	24	23		11	15	11	18	
Plomb (Pb)	mg/kg Ms	50			100	46	100	150	95	120	50		44	150	12	240	
Zinc (Zn)	mg/kg Ms	100			99	140	190	95	94	75	79		62	120	24	630	
<b>Indice hydrocarbone C10-C40</b>																	
Fraction C10-C12	mg/kg Ms	LQ	-		<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4		<4	<4	<4	<4	
Fraction C12-C16	mg/kg Ms	LQ	-		<4	<4	8	<4	<4	<4	<4		<4	<4	<4	<4	
Fraction C16-C20	mg/kg Ms	LQ	-		3	3	17	4	11	<2	10		<2	4	<2	17	
Fraction C20-C24	mg/kg Ms	LQ	-		6	4	17	6	13	<2	13		<2	8	<2	34	
Fraction C24-C28	mg/kg Ms	LQ	-		11	5	13	11	17	<2	16		<2	12	<2	34	
Fraction C28-C32	mg/kg Ms	LQ	-		14	6	10	13	23	2	18		3	22	<2	30	
Fraction C32-C36	mg/kg Ms	LQ	-		12	5	7	12	25	<2	18		<2	11	<2	16	
Fraction C36-C40	mg/kg Ms	LQ	-		7	2	6	8	19	<2	10		<2	5	<2	6	
Somme des hydrocarbures C10-C40	mg/kg Ms	LQ	500		55	27	79	56	113	<20	89		<20	64	<20	141	
<b>HAP</b>																	
Naphtalène	mg/kg Ms	0,15	-		<0,050	<0,050	1,3	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050		<0,050	<0,050	<0,050	0,09	
Acénaphthylène	mg/kg Ms	-	-		<0,050	<0,050	0,2	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050		<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	
Acénaphthène	mg/kg Ms	-	-		<0,050	<0,050	0,21	<0,050	<0,050	<0,050	0,1		<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	
Fluorène	mg/kg Ms	-	-		<0,050	<0,050	1	<0,050	<0,050	<0,050	0,075		<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	
Phénanthrène	mg/kg Ms	-	-		0,14	0,13	4,3	0,19	0,32	0,16	1,4		0,11	0,15	<0,050	1,3	
Anthracène	mg/kg Ms	-	-		<0,050	<0,050	0,89	<0,050	<0,050	<0,050	0,32		<0,050	<0,050	<0,050	0,28	
Fluoranthène	mg/kg Ms	-	-		0,26	0,11	3,4	0,4	0,52	0,35	2,3		0,25	0,44	<0,050	4,3	
Pyrène	mg/kg Ms	-	-		0,19	0,1	2,9	0,28	0,4	0,28	2		0,15	0,33	<0,050	3,6	
Benzo(a)anthracène	mg/kg Ms	-	-		0,14	<0,050	1,3	0,17	0,21	0,15	0,93		0,077	0,23	<0,050	2,1	
Chrysène	mg/kg Ms	-	-		0,14	0,076	1,2	0,19	0,24	0,18	0,77		0,1	0,23	<0,050	1,7	
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg Ms	-	-		0,12	<0,050	1,1	0,23	0,3	0,21	0,92		0,11	0,31	<0,050	2,3	
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg Ms	-	-		0,086	<0,050	0,63	0,11	0,13	0,099	0,48		0,058	0,14	<0,050	1,2	
Benzo(a)pyrène	mg/kg Ms	-	-		0,16	0,059	1,2	0,22	0,24	0,21	0,99		0,11	0,27	<0,050	2,4	
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg Ms	-	-		<0,050	<0,050	0,12	<0,050	<0,050	<0,050	0,14		<0,050	<0,050	<0,050	0,3	
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg Ms	-	-		0,11	0,057	0,56	0,14	0,17	0,14	0,6		0,074	0,19	<0,050	1,3	
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg Ms	-	-		0,15	<0,050	0,52	0,2	0,22	0,19	0,75		0,11	0,26	<0,050	1,9	
Somme des HAP	mg/kg Ms	25	50		1,5	0,53	21	2,1	2,8	1,9	12		1,1	2,6	<0,8	23	
<b>BTEX</b>																	
Benzène	mg/kg Ms	LQ	-				<0,050		<0,050								
Toluène	mg/kg Ms	LQ	-				<0,050		<0,050								
Ethylbenzène	mg/kg Ms	LQ	-				<0,050		<0,050								
m,p-Xylène	mg/kg Ms	LQ	-				<0,10		<0,10								
o-Xylène	mg/kg Ms	LQ	-				<0,050		<0,050								
Somme des BTEX	mg/kg Ms	LQ	6				<0,3		<0,3								

Paramètres	Unités	Valeurs de référence		Sondage	A9-5	A10-1	A10-3	A11-2	A11-3	A11-5	A12-1	A12-2	A12-3	A13-1	A13-4	A14-2	
				Espaces verts													
				Localisation													
				Profondeur (m)	3,1 – 3,6	0,2 - 1	1,8 – 2,5	1 – 1,9	1,9 – 2,6	3 - 4	0,1 - 1	1 – 1,9	1,9 - 3	0,1 – 0,8	2,4 - 3	0,8 – 1,5	
Lithologie	Sables limoneux	Limons	Sables limoneux	Sables limoneux	Sables limoneux	Sables limoneux	Sables limoneux	Sables limoneux	Limons	Limons	Sables	Sables limoneux					
Bruit de fond	Valeurs limite ISDI	Indices organoleptiques	Brique + schiste	Brique + schiste + débris calcaires	Brique + schiste + mâchefer + traces noires + verre	Brique + débris calcaires	Brique + schiste + débris calcaires + traces noires	Brique + schiste	Brique + schiste	Brique + schiste	Brique + schiste	Brique + schiste	Brique + schiste	Brique + schiste	Brique + schiste + débris calcaires		
<b>COHV</b>				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Tétrachloroéthylène (PCE)	mg/kg Ms	LQ	-				<0,05		<0,05								
Trichloroéthylène (TCE)	mg/kg Ms	LQ	-				0,08		<0,05								
cis-1,2-dichloroéthylène	mg/kg Ms	LQ	-				<0,025		<0,025								
trans-1,2-dichloroéthylène	mg/kg Ms	LQ	-				<0,025		<0,025								
1,1-dichloroéthylène	mg/kg Ms	LQ	-				<0,10		<0,10								
Chlorure de Vinyle	mg/kg Ms	LQ	-				<0,02		<0,02								
1,1,2-trichloroéthane	mg/kg Ms	LQ	-				<0,05		<0,05								
1,1,1-trichloroéthane	mg/kg Ms	LQ	-				<0,05		<0,05								
1,2-dichloroéthane	mg/kg Ms	LQ	-				<0,05		<0,05								
1,1-dichloroéthane	mg/kg Ms	LQ	-				<0,10		<0,10								
Tétrachlorométhane	mg/kg Ms	LQ	-				<0,05		<0,05								
Trichlorométhane	mg/kg Ms	LQ	-				<0,05		<0,05								
Dichlorométhane	mg/kg Ms	LQ	-				<0,05		<0,05								
Somme des COHV	mg/kg Ms	LQ	-				<0,67		<0,67								
<b>PCB</b>				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PCB (28)	mg/kg Ms	LQ	-				<0,001										
PCB (52)	mg/kg Ms	LQ	-				<b>0,011</b>										
PCB (101)	mg/kg Ms	LQ	-				<b>0,03</b>										
PCB (118)	mg/kg Ms	LQ	-				<b>0,028</b>										
PCB (138)	mg/kg Ms	LQ	-				<b>0,032</b>										
PCB (153)	mg/kg Ms	LQ	-				<b>0,031</b>										
PCB (180)	mg/kg Ms	LQ	-				<b>0,009</b>										
Somme des PCB	mg/kg Ms	LQ	1				<b>0,14</b>										
<b>ANALYSES SUR ELUAT</b>																	
<b>Paramètres généraux</b>																	
pH	-	-	-	10,6	7,8	7,7	-	-	-	-	9,9	-	8,2	8,4	-	-	
Conductivité corrigée à 25 °C	µS/cm	-	-	290	290	410	-	-	-	-	130	-	110	41	-	-	
Fraction soluble (***)	mg/kg Ms	-	4000	-	-	2900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Carbone organique total	mg/kg Ms	-	500	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Indice phénol	mg/kg Ms	-	1	-	-	<0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Anions</b>																	
Fluorures	mg/kg Ms	-	10	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Chlorures (***)	mg/kg Ms	-	800	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Sulfates (***)	mg/kg Ms	-	1000	-	-	<b>1700</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Métaux et métalloïdes</b>																	
Antimoine	mg/kg Ms	-	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	-	-	-	-	<0,05	-	<b>0,09</b>	<0,05	-	-	
Arsenic	mg/kg Ms	-	0,5	-	-	<0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Baryum	mg/kg Ms	-	20	-	-	0,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cadmium	mg/kg Ms	-	0,04	-	-	<0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Chrome	mg/kg Ms	-	0,5	-	-	<0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cuivre	mg/kg Ms	-	2	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Mercur	mg/kg Ms	-	0,01	-	-	<0,0003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Molybdène	mg/kg Ms	-	0,5	-	-	<0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Nickel	mg/kg Ms	-	0,4	-	-	<0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Plomb	mg/kg Ms	-	0,5	-	-	<0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Zinc	mg/kg Ms	-	4	-	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Selenium	mg/kg Ms	-	0,1	-	-	<0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

(\*\*\*) Si le déchet ne respecte pas au moins une des valeurs fixées pour le chlorure, le sulfate ou la fraction soluble, le déchet peut être encore jugé conforme aux critères d'admission s'il respecte soit les valeurs

Paramètres	Unités	Valeurs de référence		Sondage	A14-3	A14-5	A16-2	A16-3	A16-5	A17-1	A17-3	A18-2	A18-5	A19-1	A19-3	A20-1
				Localisation	Espaces verts		Parking									
				Profondeur (m)	1,5 - 2,2	3,2 - 3,7	0,4 - 1,2	1,2 - 2	2,8 - 4	0 - 1,1	2 - 3	0,7 - 1,8	3,2 - 4	0,4 - 1,3	2 - 3	0 - 1,1
				Lithologie	Sables limoneux	Sables limoneux	Sables	Sables limoneux	Limons	Sables	Limons	Limons	Limons	Limons sableux	Limons sableux	Sables
Bruit de fond	Valeurs limite (SD)	Indices organoleptiques	Brique + schiste + débris calcaires	Brique + schiste + mâchefer + traces noires	Brique + schiste + débris calcaires	Brique + schiste + débris calcaires	Brique + schiste	Débris calcaires	Brique + schiste	Brique + schiste + débris calcaires + mâchefer	Brique + schiste	Brique + schiste + charbon	Brique + schiste	Brique + schiste + débris calcaires		
<b>ANALYSES SUR SOL BRUT</b>																
Matière sèche	%	-	-		91,9	86,7	92,9	90,4	85,6	96,5	86,6	96,9	84,1	83,6	90,1	95,7
COT					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Carbone Organique Total (*)	mg/kg Ms	-	30000			87000						1200				
<b>Métaux et métalloïdes</b>																
Arsenic (As)	mg/kg Ms	25			26		21	18	12	19	5,6	21	20	17		
Cadmium (Cd)	mg/kg Ms	0,45			0,6		0,2	0,1	<0,1	0,1	0,1	<0,1	0,2	0,1		
Chrome (Cr)	mg/kg Ms	90			23		33	27	11	29	17	33	21	34		
Cuivre (Cu)	mg/kg Ms	20			600		36	34	10	36	31	37	53	15		
Mercure (Hg)	mg/kg Ms	0,1			0,28		<0,05	<0,05	0,06	<0,05	0,09	<0,05	0,13	<0,05		
Nickel (Ni)	mg/kg Ms	60			30		22	21	12	25	15	19	13			
Plomb (Pb)	mg/kg Ms	50			280		12	19	13	9,7	16	85	11			
Zinc (Zn)	mg/kg Ms	100			480		76	55	35	50	52	56	88	33		
<b>Indice hydrocarbure C10-C40</b>																
Fraction C10-C12	mg/kg Ms	LQ	-		<4		<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4
Fraction C12-C16	mg/kg Ms	LQ	-		<4		<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4
Fraction C16-C20	mg/kg Ms	LQ	-		12		<2	<2	3	<2	4	<2	37	<2	<2	<2
Fraction C20-C24	mg/kg Ms	LQ	-		23		<2	<2	7	<2	8	<2	41	<2	3	3
Fraction C24-C28	mg/kg Ms	LQ	-		50		<2	<2	11	<2	11	<2	29	<2	3	3
Fraction C28-C32	mg/kg Ms	LQ	-		66		<2	<2	19	<2	14	<2	18	<2	2	2
Fraction C32-C36	mg/kg Ms	LQ	-		39		<2	<2	20	<2	11	<2	9	<2	<2	<2
Fraction C36-C40	mg/kg Ms	LQ	-		13		<2	<2	15	<2	5	<2	4	<2	<2	<2
Somme des hydrocarbures C10-C40	mg/kg Ms	LQ	500		205		<20	<20	75	<20	54	<20	142	<20	<20	<20
<b>HAP</b>																
Naphtalène	mg/kg Ms	0,15	-		0,33	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,50	<0,050	<0,050
Acénaphthylène	mg/kg Ms	-	-		<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,50	<0,050	<0,050
Acénaphthène	mg/kg Ms	-	-		0,14	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,73	<0,050	<0,050
Fluorène	mg/kg Ms	-	-		0,25	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,78	<0,050	0,06
Phénanthrène	mg/kg Ms	-	-		2,4	0,29	<0,050	<0,050	0,41	0,33	0,057	<0,050	11	<0,050	0,86	0,86
Anthracène	mg/kg Ms	-	-		0,42	0,058	<0,050	<0,050	0,087	0,074	<0,050	<0,050	2,6	<0,050	0,21	0,21
Fluoranthène	mg/kg Ms	-	-		3,5	0,67	<0,050	<0,050	1	0,64	0,11	<0,050	13	<0,050	1,9	1,9
Pyréne	mg/kg Ms	-	-		2,5	0,55	<0,050	<0,050	0,8	0,5	0,093	<0,050	10	<0,050	1,5	1,5
Benzo(a)anthracène	mg/kg Ms	-	-		1,4	0,29	<0,050	<0,050	0,45	0,24	<0,050	<0,050	5	<0,050	0,83	0,83
Chrysène	mg/kg Ms	-	-		1,3	0,28	<0,050	<0,050	0,4	0,22	<0,050	<0,050	4,4	<0,050	0,68	0,68
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg Ms	-	-		1,6	0,58	<0,050	<0,050	0,61	0,27	<0,050	<0,050	4,7	<0,050	0,86	0,86
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg Ms	-	-		0,77	0,15	<0,050	<0,050	0,28	0,13	<0,050	<0,050	2,5	<0,050	0,41	0,41
Benzo(a)pyrène	mg/kg Ms	-	-		1,5	0,36	<0,050	<0,050	0,61	0,29	<0,050	<0,050	5,3	<0,050	0,89	0,89
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg Ms	-	-		0,18	<0,050	<0,050	<0,050	0,081	<0,050	<0,050	<0,050	0,78	<0,050	0,11	0,11
Benzo(g,h,i)pyrène	mg/kg Ms	-	-		0,8	0,13	<0,050	<0,050	0,46	0,18	<0,050	<0,050	2,9	<0,050	0,53	0,53
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg Ms	-	-		1,1	0,28	<0,050	<0,050	0,57	0,23	<0,050	<0,050	3,7	<0,050	0,63	0,63
Somme des HAP	mg/kg Ms	25	50		18	3,6	<0,8	<0,8	5,8	3,1	0,32	<0,8	67	<0,8	9,5	9,5
<b>BTEX</b>																
Benzène	mg/kg Ms	LQ	-		<0,050							<0,050		<0,05		
Toluène	mg/kg Ms	LQ	-		<0,050							<0,050		<0,05		
Ethylbenzène	mg/kg Ms	LQ	-		<0,050							<0,050		<0,05		
m,p-Xylène	mg/kg Ms	LQ	-		<0,10							<0,10		<0,10		
o-Xylène	mg/kg Ms	LQ	-		<0,050							<0,050		<0,050		
Somme des BTEX	mg/kg Ms	LQ	6		<0,3							<0,3		<0,3		



Paramètres	Unités	Valeurs de référence		Sondage	A14-3	A14-5	A16-2	A16-3	A16-5	A17-1	A17-3	A18-2	A18-5	A19-1	A19-3	A20-1
				Localisation	Espaces verts		Parking									
				Profondeur (m)	1,5 – 2,2	3,2 – 3,7	0,4 – 1,2	1,2 - 2	2,8 - 4	0 – 1,1	2 - 3	0,7 – 1,8	3,2 - 4	0,4 – 1,3	2 - 3	0 – 1,1
				Lithologie	Sables limoneux	Sables limoneux	Sables	Sables limoneux	Limons	Sables	Limons	Limons	Limons	Limons sableux	Limons sableux	Sables
Bruit de fond	Valeurs limite ISDI	Indices organoleptiques	Brique + schiste + débris calcaires	Brique + schiste + mâchefer + traces noires	Brique + schiste + débris calcaires	Brique + schiste + débris calcaires	Brique + schiste	Débris calcaires	Brique + schiste	Brique + schiste + débris calcaires + mâchefer	Brique + schiste	Brique + schiste + charbon	Brique + schiste	Brique + schiste + débris calcaires		
<b>COHV</b>																
Tétrachloroéthylène (PCE)	mg/kg Ms	LQ	-			0,52						<0,05		<0,05		
Trichloroéthylène (TCE)	mg/kg Ms	LQ	-			2,7						<0,05		<0,05		
cis-1,2-dichloroéthylène	mg/kg Ms	LQ	-			<0,025						<0,025		<0,025		
trans-1,2-dichloroéthylène	mg/kg Ms	LQ	-			<0,025						<0,025		<0,025		
1,1-dichloroéthylène	mg/kg Ms	LQ	-			<0,10						<0,10		<0,10		
Chlorure de Vinyle	mg/kg Ms	LQ	-			<0,02						<0,02		<0,02		
1,1,2-trichloroéthane	mg/kg Ms	LQ	-			<0,05						<0,05		<0,05		
1,1,1-trichloroéthane	mg/kg Ms	LQ	-			<0,05						<0,05		<0,05		
1,2-dichloroéthane	mg/kg Ms	LQ	-			<0,05						<0,05		<0,05		
1,1-dichloroéthane	mg/kg Ms	LQ	-			<0,10						<0,10		<0,10		
Tétrachlorométhane	mg/kg Ms	LQ	-			<0,05						<0,05		<0,05		
Trichlorométhane	mg/kg Ms	LQ	-			<0,05						<0,05		<0,05		
Dichlorométhane	mg/kg Ms	LQ	-			<0,05						<0,05		<0,05		
Somme des COHV	mg/kg Ms	LQ	-			3,22						<0,67		<0,67		
<b>PCB</b>																
PCB (28)	mg/kg Ms	LQ	-			<0,001						<0,001				
PCB (52)	mg/kg Ms	LQ	-			0,001						<0,001				
PCB (101)	mg/kg Ms	LQ	-			0,008						<0,001				
PCB (118)	mg/kg Ms	LQ	-			0,005						<0,001				
PCB (138)	mg/kg Ms	LQ	-			0,022						<0,001				
PCB (153)	mg/kg Ms	LQ	-			0,021						<0,001				
PCB (180)	mg/kg Ms	LQ	-			0,013						<0,001				
Somme des PCB	mg/kg Ms	LQ	1			0,07						<0,007				
<b>ANALYSES SUR ELUAT</b>																
<b>Paramètres généraux</b>																
pH	-	-	-		8,1	7,9		7,6	8,1		8,2	9,2	7,8			8,1
Conductivité corrigée à 25 °C	µS/cm	-	-		390	180		91,5	85,3		100	65,3	160			110
Fraction soluble (***)	mg/kg Ms	-	4000			1200						<1000				
Carbone organique total	mg/kg Ms	-	500			17						<10				
Indice phénol	mg/kg Ms	-	1			<0,10						<0,10				
<b>Anions</b>																
Fluorures	mg/kg Ms	-	10			4						<1,0				
Chlorures (***)	mg/kg Ms	-	800			19						<10				
Sulfates (***)	mg/kg Ms	-	1000			370						59				
<b>Métaux et métalloïdes</b>																
Antimoine	mg/kg Ms	-	0,06		<0,05	0,08		<0,05	<0,05			<0,05	<0,05			<0,05
Arsenic	mg/kg Ms	-	0,5			0,05						0,1				
Baryum	mg/kg Ms	-	20			0,16						0,23				
Cadmium	mg/kg Ms	-	0,04			<0,001						<0,001				
Chrome	mg/kg Ms	-	0,5			<0,02						<0,02				
Cuivre	mg/kg Ms	-	2			0,05						<0,02				
Mercurure	mg/kg Ms	-	0,01			<0,0003						<0,0003				
Molybdène	mg/kg Ms	-	0,5			0,12						<0,05				
Nickel	mg/kg Ms	-	0,4			<0,05						<0,05				
Plomb	mg/kg Ms	-	0,5			<0,05						<0,05				
Zinc	mg/kg Ms	-	4			0,02						<0,02				
Selenium	mg/kg Ms	-	0,1			<0,05						<0,05				

(\*\*\*) Si le déchet ne respecte pas au moins une des valeurs fixées pour le chlorure, le sulfate ou la fraction soluble, le déchet peut être encore jugé conforme aux critères d'admission s'il respecte soit les valeurs

Paramètres	Unités	Valeurs de référence		Sondage	A20-2	A20-3	A20-4	A21-2	A21-4
				Localisation	Parking				
				Profondeur (m)	1,1 - 2	2 - 2,9	2,9 - 4	1 - 2,2	3,3 - 4
				Lithologie	Limons	Sables limoneux	Limons	Limons sableux	Sables limoneux
		Bruit de fond	Valeurs limite (SD)	Indices organoleptiques	Brique + schiste + ciment + mâchefer	Brique + schiste	Brique + schiste	Schiste + débris calcaires	Brique + schiste + débris calcaires
<b>ANALYSES SUR SOL BRUT</b>									
Matière sèche	%	-	-		88,9	91,5	85,1	94,8	89,3
<b>COT</b>					-	-	-	-	-
Carbone Organique Total (*)	mg/kg Ms	-	30000		-	-	-	-	-
<b>Métaux et métalloïdes</b>									
Arsenic (As)	mg/kg Ms	25			22		26	11	31
Cadmium (Cd)	mg/kg Ms	0,45			0,2		0,2	0,1	0,2
Chrome (Cr)	mg/kg Ms	90			37		41	25	22
Cuivre (Cu)	mg/kg Ms	20			29		38	20	33
Mercurure (Hg)	mg/kg Ms	0,1			0,1		<0,05	0,19	0,39
Nickel (Ni)	mg/kg Ms	80			21		23	15	14
Plomb (Pb)	mg/kg Ms	50			77		21	27	960
Zinc (Zn)	mg/kg Ms	100			130		89	53	72
<b>Indice hydrocarbure C10-C40</b>									
Fraction C10-C12	mg/kg Ms	LQ	-		9	<4	<4	<4	<4
Fraction C12-C16	mg/kg Ms	LQ	-		35	8	<4	<4	6
Fraction C16-C20	mg/kg Ms	LQ	-		210	57	<2	14	24
Fraction C20-C24	mg/kg Ms	LQ	-		280	75	<2	19	26
Fraction C24-C28	mg/kg Ms	LQ	-		240	66	<2	22	20
Fraction C28-C32	mg/kg Ms	LQ	-		160	45	<2	25	13
Fraction C32-C36	mg/kg Ms	LQ	-		89	24	<2	23	8
Fraction C36-C40	mg/kg Ms	LQ	-		30	8	<2	16	4
Somme des hydrocarbures C10-C40	mg/kg Ms	LQ	500		1060	283	<20	123	101
<b>HAP</b>									
Naphtalène	mg/kg Ms	0,15	-		5,1	1,4	<0,050	<0,050	<0,050
Acénaphthylène	mg/kg Ms	-	-		<0,50	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Acénaphthène	mg/kg Ms	-	-		4	0,92	<0,050	0,12	0,083
Fluorène	mg/kg Ms	-	-		4,2	1,5	<0,050	0,095	0,15
Phénanthrène	mg/kg Ms	-	-		44	14	0,095	1,6	1,5
Anthracène	mg/kg Ms	-	-		11	3,9	<0,050	0,37	0,38
Fluoranthène	mg/kg Ms	-	-		63	22	0,14	3,2	4,4
Pyrène	mg/kg Ms	-	-		46	17	0,11	2,5	3,7
Benzo(a)anthracène	mg/kg Ms	-	-		28	12	0,075	1,4	1,9
Chrysène	mg/kg Ms	-	-		24	9,3	0,085	1,2	1,6
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg Ms	-	-		29	12	<0,050	1,5	1,9
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg Ms	-	-		15	5,6	<0,050	0,69	1
Benzo(a)pyrène	mg/kg Ms	-	-		30	12	0,072	1,6	2,2
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg Ms	-	-		4,4	1,7	<0,050	0,2	0,24
Benzo(g,h,i)perylène	mg/kg Ms	-	-		17	6,4	<0,050	0,82	1,1
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg Ms	-	-		24	8,1	<0,050	1,1	1,6
Somme des HAP	mg/kg Ms	25	50		350	130	0,56	16	22
<b>BTEX</b>									
Benzène	mg/kg Ms	LQ	-		<0,05				
Toluène	mg/kg Ms	LQ	-		<0,05				
Ethylbenzène	mg/kg Ms	LQ	-		<0,05				
m,p-Xylène	mg/kg Ms	LQ	-		<0,10				
o-Xylène	mg/kg Ms	LQ	-		<0,050				
Somme des BTEX	mg/kg Ms	LQ	6		<0,3				

Paramètres	Unités	Valeurs de référence		Sondage	A20-2	A20-3	A20-4	A21-2	A21-4
				Localisation	Parking				
				Profondeur (m)	1,1 - 2	2 - 2,9	2,9 - 4	1 - 2,2	3,3 - 4
				Lithologie	Limons	Sables limoneux	Limons	Limons sableux	Sables limoneux
Bruit de fond	Valeurs limite ISDI	Indices organoleptiques	Brique + schiste + ciment + mâchefer	Brique + schiste	Brique + schiste	Schiste + débris calcaires	Brique + schiste + débris calcaires		
<b>COHV</b>									
Tétrachloroéthylène (PCE)	mg/kg Ms	LQ	-		<-0,05				
Trichloroéthylène (TCE)	mg/kg Ms	LQ	-		<-0,05				
cis-1,2-dichloroéthylène	mg/kg Ms	LQ	-		<-0,025				
trans-1,2-dichloroéthylène	mg/kg Ms	LQ	-		<-0,025				
1,1-dichloroéthylène	mg/kg Ms	LQ	-		<-0,10				
Chlorure de Vinyle	mg/kg Ms	LQ	-		<-0,02				
1,1,2-trichloroéthane	mg/kg Ms	LQ	-		<-0,05				
1,1,1-trichloroéthane	mg/kg Ms	LQ	-		<-0,05				
1,2-dichloroéthane	mg/kg Ms	LQ	-		<-0,05				
1,1-dichloroéthane	mg/kg Ms	LQ	-		<-0,10				
Tétrachlorométhane	mg/kg Ms	LQ	-		<-0,05				
Trichlorométhane	mg/kg Ms	LQ	-		<-0,05				
Dichlorométhane	mg/kg Ms	LQ	-		<-0,05				
Somme des COHV	mg/kg Ms	LQ	-		<-0,67				
<b>PCB</b>									
PCB (28)	mg/kg Ms	LQ	-						
PCB (52)	mg/kg Ms	LQ	-						
PCB (101)	mg/kg Ms	LQ	-						
PCB (118)	mg/kg Ms	LQ	-						
PCB (138)	mg/kg Ms	LQ	-						
PCB (153)	mg/kg Ms	LQ	-						
PCB (180)	mg/kg Ms	LQ	-						
Somme des PCB	mg/kg Ms	LQ	1						
<b>ANALYSES SUR ELUAT</b>									
<b>Paramètres généraux</b>									
pH	-	-	-				8,1	9,4	
Conductivité corrigée à 25 °C	µS/cm	-	-				90,8	69,7	
Fraction soluble (***)	mg/kg Ms	-	4000						
Carbone organique total	mg/kg Ms	-	500						
Indice phénol	mg/kg Ms	-	1						
<b>Anions</b>									
Fluorures	mg/kg Ms	-	10						
Chlorures (***)	mg/kg Ms	-	800						
Sulfates (***)	mg/kg Ms	-	1000						
<b>Métaux et métalloïdes</b>									
Antimoine	mg/kg Ms	-	0,06				<-0,05	<-0,05	
Arsenic	mg/kg Ms	-	0,5						
Baryum	mg/kg Ms	-	20						
Cadmium	mg/kg Ms	-	0,04						
Chrome	mg/kg Ms	-	0,5						
Cuivre	mg/kg Ms	-	2						
Mercurure	mg/kg Ms	-	0,01						
Molybdène	mg/kg Ms	-	0,5						
Nickel	mg/kg Ms	-	0,4						
Plomb	mg/kg Ms	-	0,5						
Zinc	mg/kg Ms	-	4						
Selenium	mg/kg Ms	-	0,1						

(\*\*\*) Si le déchet ne respecte pas au moins une des valeurs fixées pour le chlorure, le sulfate ou la fraction soluble, le déchet peut être encore jugé conforme aux critères d'admission s'il respecte soit les valeurs

### 3.7.1 Interprétation : impacts sur les sols

Ces investigations mettent en évidence :

- des anomalies en métaux (arsenic, cadmium, cuivre, mercure, plomb et zinc) au sein des remblais de la majorité des sondages. Les anomalies mesurées sont observées sur toute la hauteur des remblais (entre 0 et 4 m de profondeur). Des teneurs particulièrement élevées sont mesurées au droit :
  - des remblais profonds composés de sables noirs du sondage A3 ;
  - des remblais sablo-limoneux bruns foncés de A4 ;
  - des remblais sablo-limoneux gris foncés avec traces noires de A14 ;
- un impact en hydrocarbures C10-C40 au droit de deux mailles :
  - A3 entre 2,7 et 4 m de profondeur, avec une teneur de 3 820 mg/kg MS dans les sables noirs associée à des PCB en forte concentration et de 1 300 mg/kg MS dans l'horizon sous-jacent ;
  - A20 entre 1,1 et 2 m de profondeur, avec une teneur de 1 060 mg/kg MS dans les limons associée à une forte concentration en HAP ;

Les hydrocarbures mesurés sont essentiellement représentés par des fractions lourdes et peu mobiles (supérieurs à C16). Néanmoins sur ces deux mailles, les fractions volatiles sont non négligeables.

A titre informatif, ces concentrations sont supérieures à la limite d'acceptation en Installation de Stockage de Déchets Inertes (ISDI) de 500 mg/kg MS.

- des teneurs faibles en hydrocarbures C10-C40 pour le reste des échantillons analysés (50) s'échelonnant entre 25 et 360 mg/kg MS, voire inférieures à la limite de quantification du laboratoire.
- des teneurs ponctuelles en HAP (3 échantillons sur 48) supérieures à la valeur du bruit de fond géochimique urbain de 25 mg/kg MS (sondages A4, A19 et A20). Ces teneurs, en la somme des HAP, sont associées localement (A20) à du naphthalène (seul HAP considéré comme volatil).  
Des teneurs en naphthalène sont également observées dans les horizons des sondages A3, A10 et A14.
- l'absence de détection des BTEX au droit de l'ensemble des sondages à l'exception de traces en éthylbenzène et m,p-xylène au droit de A3
- l'absence de détection des COHV sur l'ensemble des sondages à l'exception d'A14. Ce dernier présente des concentrations élevées en tétrachloréthylène (PCE) avec 0,52 mg/kg MS et en trichloréthylène (TCE) avec 2,7 mg/kg Ms dans des remblais sablo-limoneux présentant des traces noires ;
- des traces en PCB sur la quasi-totalité des échantillons analysés. Une anomalie significative est également observée dans les sables noirs du sondage A3 avec une concentration de 100 mg/kg.

**Les sondages et analyses réalisés mettent en évidence au droit des remblais du site, des anomalies en métaux de manière généralisée et plus localement des impacts en hydrocarbures, en HAP (dont du naphthalène), en COHV (PCE et TCE) et en PCB (cf. Figure 3).**

### 3.7.2 Interprétation : caractère inerte des matériaux

D'un point de vue analytique (résultats sur échantillons bruts et éluât), il ressort la présence de matériaux non-inertes au droit du site, en raison :

- de dépassements sur brut en hydrocarbures C10-C40, HAP et/ou PCB au droit des mailles A3, A4 en partie Nord du site et des mailles A19 et A20 en limite Sud du site.
- de dépassements sur éluât en antimoine pour 5 des 28 échantillons de remblais analysés, correspondant aux mailles A3, A8, A13 et A14. A noter que l'antimoine ne se retrouve pas particulièrement d'un type de remblais (limoneux ou sableux ou graveleux). Sa présence est somme toute aléatoire. Au regard du nombre d'échantillons analysés, répartis sur l'ensemble des mailles et sur toute profondeur, il peut être considéré que 15 à 20% des remblais sont non inertes

En cas d'évacuation hors site, ces matériaux non inertes pourront faire l'objet d'une gestion en ISDND (Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux) et en installation de désorption thermique (sables noirs du sondage A3).

Les impacts mis en évidence par les analyses sont résumés sur la **Figure 3** ci-après. Seuls les impacts significatifs et notables, ainsi les paramètres de dépassement des critères en ISDI sont notifiés.

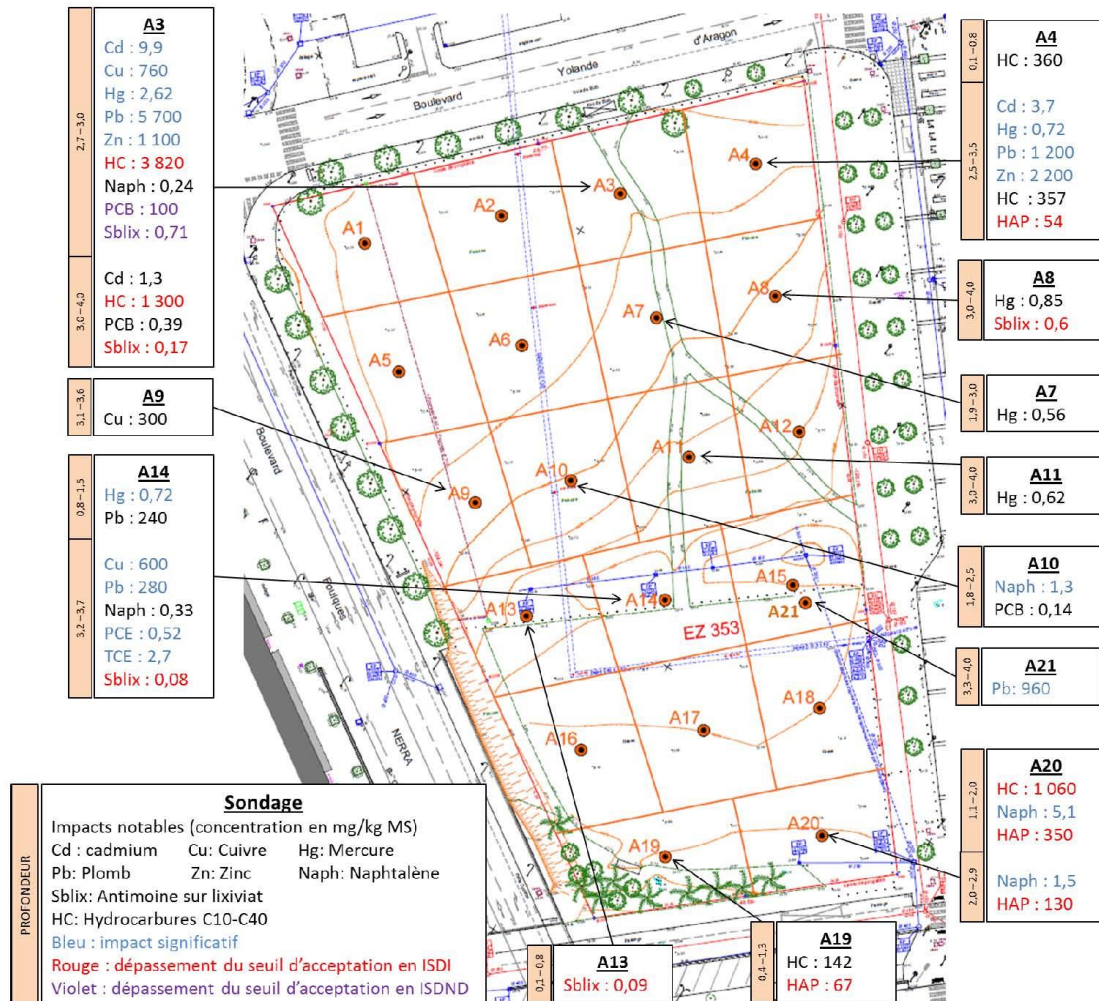


Figure 3 : Récapitulatif des impacts observés sur le site

Nota : Les teneurs suivantes n'ont pas été retenues pour simplifier la compréhension des enjeux :

- HC < 200 mg/kg
- Pb < 100 mg/kg

## 4. Synthèse des impacts et schéma conceptuel d'usage futur

### 4.1 Synthèse des impacts

Les investigations réalisées ont mis en évidence des anomalies notables à significatives en métaux généralisées dans les remblais du site ainsi qu'en hydrocarbures, HAP, COHV (PCE et TCE) et PCB plus ponctuellement. Ces anomalies présentent un enjeu pour un usage futur (logement collectifs).

### 4.2 Schéma conceptuel sur l'usage futur

Le schéma conceptuel est présenté de façon à visualiser le risque sanitaire pour les usagers sur site et le cas échéant hors site, par la schématisation de :

- la ou les sources de pollution ou les milieux (potentiellement) impactés ;
- les enjeux à protéger ;
- les voies de transferts possibles ;
- les milieux d'exposition.

Un risque est l'existence d'une source, d'une voie d'exposition et d'une cible.

#### ► Sources de pollution

Des sources de pollution significatives ont été mises en évidence au cours des investigations réalisées sur le milieu sol :

- en métaux généralisés à l'ensemble du site avec notamment en teneurs maximales du cadmium à 9,9 ; du cuivre à 760 ; du mercure à 2,6 ; du plomb à 5700 et du zinc à 2 200 mg/kg MS ;
- en hydrocarbures au droit des mailles A3 (sables noirs et horizon sous-jacent entre 2,7 et 4 m) et A20 (limons ocres avec mâchefer entre 1,1 et 2,0 m de profondeur) ;
- en HAP au sein des mailles A4, A19 et A20 dans les horizons limono-sableux bruns à ocres en surface comme en profondeur ;
- en PCE et TCE dans les sables limoneux gris foncés de la maille A14 ;
- en PCB dans les sables noirs de la maille A3.

#### ► Enjeux à considérer

Les enjeux à considérer sur site sont les futurs usagers du site (adultes et enfants) et les enjeux définis dans l'étude documentaire précédente :

- environnement urbain du site (habitations, ...) ;
- eaux superficielles et souterraines ;
- milieux naturels.

#### ► Voies de transfert de la source vers les autres milieux

Les hydrocarbures, les HAP (et en particulier le naphthalène), les BTEX, les COHV (PCE et TCE) et le mercure (métal pouvant présenter des formes volatiles) peuvent être transférés aux cibles par volatilisation de vapeurs provenant du sol et/ou de la nappe.

Ces substances, les autres métaux et les PCB peuvent être transférés aux personnes présentes sur le site par contact direct avec le sol.

Il peut également y avoir un transfert par infiltration vers les eaux souterraines selon la solubilité des composés.

Hors site, le transfert des polluants se fait par migration dans les eaux souterraines et / ou bioaccumulation et / ou envol de poussières et retombées atmosphériques.

### ► Voies d'expositions

#### ► Sur site :

Au droit des zones recouvertes, la seule voie d'exposition à considérer est l'inhalation de composés volatils issus du milieu souterrain (ZNS et / ou ZS).

Au droit des zones non recouvertes, les voies d'exposition à considérer sont :

- l'inhalation de composés volatils issus du milieu souterrain (ZNS et / ou ZS) ;
- l'ingestion de sols et poussières contenant des polluants.

Enfin, les usagers peuvent être exposés par usage des eaux ayant transité dans les canalisations implantées dans les sols pollués.

#### ► Hors site :

Hors site, les voies d'exposition pour les cibles /enjeux identifiés à considérer sont :

- l'inhalation de composés volatils issus du milieu souterrain (ZNS et / ou ZS) ;
- l'ingestion de sols et poussières contenant des polluants.



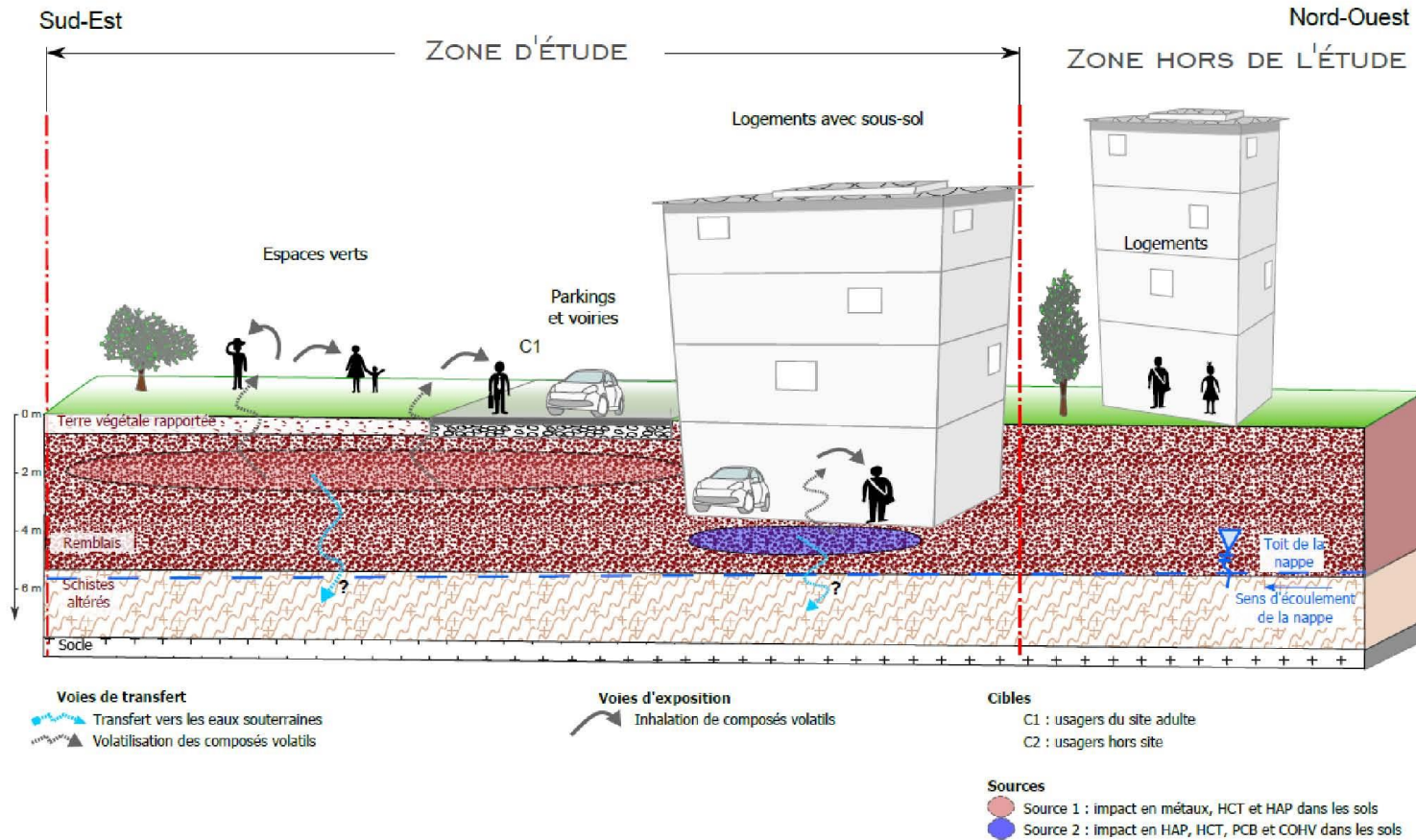


Figure 4 : Schéma conceptuel usage futur (avec recouvrement des espaces verts par de la terre saine)

## 5. Recommandations sur la réhabilitation du site

Dans le cadre de ce diagnostic, plusieurs impacts ont été mis en évidence dans les sols. Compte tenu de la présence de ces sources de pollution sur le site et du caractère volatil des composés constituant ces sources, il est préconisé :

- de traiter la source de pollution en PCB et métaux au droit de la maille A3. Les terrains composés de sables noirs devront être excavés et gérés en filière adaptée (désorption thermique entre 200 et 300 € HT/tonne). En première approche, un budget de 48 k€ à 72 k€ est estimé pour l'évacuation des remblais sableux noirs de la maille A3 (environ 240 tonnes).
- de gérer les sources en HAP et métaux au droit des mailles A4, en COHV et métaux en A14, ainsi qu'en hydrocarbures et HAP au droit de A20 : les coûts estimés sont les suivants :
  - 52 et 67 k€ pour la maille A4 (750 tonnes)
  - 27 et 36 k€ pour la maille A14 (390 tonnes)
  - 91 et 118 k€ pour la maille A20 (1300 tonnes)
- pour le reste du site
  - si le projet d'aménagement ne prévoit pas d'excavation de terrains, il est recommandé de recouvrir les remblais par un revêtement minéral ou des terres d'apport saines sur une épaisseur minimum de 30 cm pour supprimer le contact direct ;
  - les risques sanitaires devront être évalués vis-à-vis du risque inhalation en fonction des projets (fractions HC volatils, naphthalène, tétra et trichloréthylène) ; le cas échéant des investigations pourront s'avérer nécessaires (sondages, piézomètres et piézairs) ;
  - si le projet d'aménagement prévoit l'excavation de sols (parking souterrain), une partie des terrains est non inerte (15 à 20% des remblais environ), les déblais devront faire l'objet d'une gestion en filière adaptée en ISDND (Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux, entre 70 et 90 €/HT/tonne).

Les chiffrages donnés ci-dessus ont été estimés pour une densité de sol de 1,8 en considérant une lithologie homogène sur chaque maille (épaisseur des horizons homogène sur la maille) et ne tiennent compte que de la prise en charge des terrains impactés par les filières de gestion.

## 6. Synthèse et conclusion

La société ALTER envisage le réaménagement de la ZAC Front de Maine située boulevard Yolande d'Aragon sur la commune d'Angers (49). L'emprise du site correspond à la parcelle cadastrale 353 de la section EZ pour une superficie de 8 304 m<sup>2</sup>.

Le site a déjà fait l'objet d'un premier diagnostic environnemental en 2013 par BURGEAP dans le cadre du projet du futur centre des congrès (projet abandonné depuis). L'étude avait mis en évidence la présence d'anomalies peu significatives en hydrocarbures et en métaux.

Le projet de réaménagement du site, en lien avec le concours « Imagine Angers », n'est pas encore totalement défini. La société ALTER envisage de vendre le terrain avec une programmation non définie à ce jour mais qui pourrait potentiellement comprendre des logements, commerces, services, bureaux, crèche ou tout autre ERP et potentiellement du stationnement souterrain sur le site.

Dans ce contexte, la société ALTER a souhaité estimer le risque de pollution lié aux activités du site et vérifier par le biais d'investigations sur les sols la qualité environnementale du site. D'après l'étude historique réalisée précédemment, les activités anciennement pratiquées au droit du site (abattoir municipal, garage automobile, traitement des métaux, entrepôts,...), présentent un risque significatif de pollution.

Afin de vérifier la qualité environnementale du site, des investigations sur les sols ont été menées le 28 et 29 août 2017. Les analyses réalisées ont mis en évidence :

- des anomalies notables à significatives en métaux au sein des remblais de la majorité des sondages, observées sur toute la hauteur des remblais (entre 0 et 4 m de profondeur) parfois associées à une coloration noire, caractéristique de remblais de mauvaise qualité ;
- des impacts significatifs en paramètres hydrocarbonés au droit de 4 mailles et plus ponctuellement en composés volatils et composés organochlorés au droit d'une maille ;
- environ 15/20% de matériaux non inertes devant faire l'objet d'une gestion particulière en cas de nécessité d'excavation.

Compte tenu de la présence de plusieurs sources de pollution sur le site et du caractère volatil des composés constituant ces sources, il est préconisé une gestion hors site de ces matériaux pour un budget estimé en première approche entre 218 et 293 k€ HT.

De plus, au regard du projet d'aménagement, les sols présents au droit du site, en l'absence de mesures de gestion, ne semblent pas compatibles d'un point de vue sanitaire avec le futur usage de la zone d'étude (usages sensibles).

Dans ce cadre il est recommandé la réalisation d'un plan de gestion avec analyse des risques résiduels lorsque le projet d'aménagement sera précisé (stade de l'étude de faisabilité).

## 7. Limites d'utilisation d'une étude de pollution

1- Une étude de la pollution du milieu souterrain a pour seule fonction de renseigner sur la qualité des sols, des eaux ou des déchets contenus dans le milieu souterrain. Toute utilisation en dehors de ce contexte, dans un but géotechnique par exemple, ne saurait engager la responsabilité de notre société.

2- Il est précisé que le diagnostic repose sur une reconnaissance du sous-sol réalisée au moyen de sondages répartis sur le site, soit selon un maillage régulier, soit de façon orientée en fonction des informations historiques ou bien encore en fonction de la localisation des installations qui ont été indiquées par l'exploitant comme pouvant être à l'origine d'une pollution. Ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas, dont l'extension possible est en relation inverse de la densité du maillage de sondages, et qui sont liés à des hétérogénéités toujours possibles en milieu naturel ou artificiel. Par ailleurs, l'inaccessibilité de certaines zones peut entraîner un défaut d'observation non imputable à notre société.

3- Le diagnostic rend compte d'un état du milieu à un instant donné. Des événements ultérieurs au diagnostic (interventions humaines, traitement des terres pour améliorer leurs caractéristiques mécaniques, ou phénomènes naturels) peuvent modifier la situation observée à cet instant.

4- La responsabilité de BURGEAP ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes et/ou erronées et en cas d'omission, de défaillance et/ou erreur dans les informations communiquées.



**SOLER ENVIRONNEMENT**  
4 rue des Couardières  
35 136 St Jacques de la Lande

Tél : 02 99 31 77 07  
Fax : 02 99 67 37 12  
www.solerenvironnement.fr  
ouest@solerenvironnement.fr



**PLAN DE GESTION**

**ZAC Front de Maine  
Boulevard Yolande d'Aragon**

**ANGERS (49)**

**COMPAGNIE DE PHALSBURG  
22 place Vendôme  
75001 PARIS 1<sup>er</sup> arrondissement**

Agence	Affaire	N° prestation		Mission
E SE REN	2018 00882	01	b	PG

N° Pièce	Type de Document	Date	Rédacteur	Chef de projet	Superviseur	Commentaires
1	Rapport	22/07/19	S. BERGERONNEAU		T. JUMEAU	Version définitive



Agence Nord IDF  
10 rue René Cassin  
ZA de l'Europe  
91300 Massy

Agence Grand Ouest  
4 rue des Couardières  
35136 St-Jacques de la Lande

Agence Sud Ouest  
9 rue de Candale  
33000 Bordeaux

Agence Sud Est  
3 avenue Robert Schuman  
ZA la Pile  
13760 Saint Cannat



## CONDITIONS D'EXPLOITATIONS DU PRESENT RAPPORT

L'utilisation de ce rapport doit respecter les conditions d'exploitation des études d'environnement (voir **annexe 20**).

En particulier :

- Cette étude ne constitue pas un certificat de non-pollution.
- Les descriptions lithologiques de ce rapport ne pourront pas être utilisées dans le cadre des études géotechniques.
- La recherche de sources potentielles de pollution se base uniquement sur la visite du site, sur l'historique du site, et les renseignements recueillis auprès des différentes administrations. On ne peut exclure la présence d'une pollution qui serait due à des évènements non signalés et non répertoriés (apports de remblais, décharge sauvage, acte de vandalisme...).
- Les investigations ont été réalisées ponctuellement sur le site. Elles ne peuvent fournir une vision continue de l'état du sous-sol, et ne permettent pas d'appréhender la présence de pollution pour des profondeurs supérieures à celles investiguées, ni d'apprécier le risque de pollution lié à des composés autres que ceux recherchés.
- Le rapport a été établi avec les informations disponibles au moment de la rédaction de l'étude et dans l'état actuel des connaissances techniques, juridiques et scientifiques.
- Le rapport et ses annexes forment un document indissociable. Ce document ne peut être exploité que dans son intégralité.

Le présent document ne s'applique pas aux sites pollués :

- par des substances radioactives
- par des agents pathogènes
- par l'amiante

De même, les sites dans lesquels se trouvent des engins pyrotechniques sont exclus du champ d'application du présent document.

## SOMMAIRE (1/2)

<b>1- SYNTHÈSE</b> .....	<b>8</b>
<b>2- MISSIONS</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1 CONTEXTE</b> .....	<b>13</b>
2.1.1 Objectifs de l'étude .....	13
2.1.2 Présentation du projet.....	14
<b>2.2 LIMITE DE LA MISSION</b> .....	<b>15</b>
<b>3- DESCRIPTION DU SITE ET DE SON ENVIRONNEMENT</b> .....	<b>16</b>
<b>3.1 RECHERCHE DE DOCUMENTS ET VISITE DE SITE</b> .....	<b>17</b>
3.1.1 Bibliographie - Bases de données .....	17
3.1.2 Description de la zone d'étude.....	18
<b>3.2 SYNTHÈSE DES ETUDES PRECEDENTES</b> .....	<b>18</b>
<b>3.3 Contexte environnemental</b> .....	<b>19</b>
3.3.1 Topologie .....	19
3.3.2 Contexte météorologique.....	19
3.3.3 Contexte géologique.....	20
3.3.4 Contexte hydrologique .....	21
3.3.5 Contexte hydrogéologique.....	21
<b>4- INVESTIGATIONS</b> .....	<b>22</b>
<b>4.1 PRÉPARATION DE L'INTERVENTION</b> .....	<b>23</b>
<b>4.2 INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES SUR LES SOLS</b> .....	<b>23</b>
4.2.1 Méthodologie .....	23
4.2.2 Lithologie.....	24
4.2.3 Mesures in situ et constats organoleptiques.....	24
4.2.4 Stratégie d'échantillonnage.....	25
4.2.5 Référentiels pour les sols.....	27
4.2.6 Résultats des analyses de sol .....	28
4.2.7 Commentaires des résultats d'analyses des sols .....	33
<b>4.3 INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES SUR LES EAUX SOUTERRAINES</b> .....	<b>35</b>
4.3.1 Descriptif des ouvrages et investigations.....	35
4.3.2 Niveaux d'eau mesurés .....	35
4.3.3 Modalités de prélèvements .....	36
4.3.4 Constats organoleptiques et mesures sur site.....	36
4.3.5 Programme analytique.....	36
4.3.6 Référentiel pour les eaux .....	37
4.3.7 Résultats des analyses.....	37
4.3.8 Commentaires des résultats d'analyses des eaux souterraines.....	40
<b>4.4 INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES SUR LES GAZ DU SOL</b> .....	<b>40</b>
4.4.1 Réalisation des prélèvements.....	40
4.4.2 Echantillonnage des piézo-gaz .....	41
4.4.3 Référentiel pour les gaz du sol .....	42
4.4.4 Résultats des analyses des gaz du sol.....	42
4.4.5 Commentaires des analyses des gaz du sol .....	43
<b>5- SCHEMA CONCEPTUEL</b> .....	<b>45</b>
<b>5.1 ÉLABORATION DU SCHEMA CONCEPTUEL</b> .....	<b>46</b>
5.1.1 Identification des enjeux .....	46
5.1.2 Sources de pollution et impacts retenus .....	46
5.1.3 Voies de transfert et d'exposition.....	47
<b>5.2 SCHEMA CONCEPTUEL</b> .....	<b>48</b>

## SOMMAIRE (2/2)

<b>6-</b>	<b>MESURES DE GESTION .....</b>	<b>50</b>
6.1	PRESENTATION DE LA DEMARCHE DE GESTION .....	51
6.2	MAITRISE DES SOURCES.....	52
6.2.1	Définition des pollutions concentrées .....	52
6.2.2	traitement des pollutions concentrées .....	56
6.3	GESTION DES DEBLAIS DANS LE CADRE DU PROJET.....	56
6.3.1	Estimation des quantités.....	56
6.3.2	Estimation des coûts et surcoûts .....	58
6.4	SYNTHESE DU BILAN COÛTS / AVANTAGES .....	63
6.4.1	Bilan coûts / avantages.....	63
6.4.2	Mesure de gestion retenue.....	64
6.5	DISPOSITIONS PARTICULIÈRES.....	65
7-	ANALYSE DES RISQUES SANITAIRES PREDICTIVE .....	66
7.1	DEMARCHE METHODOLOGIQUE .....	67
7.2	EVALUATION DES DANGERS .....	67
7.3	EVALUATION DES EXPOSITIONS .....	69
7.4	PARAMETRES D'ENTREE.....	71
7.5	RESULTATS DES CALCULS DE RISQUES.....	73
8-	CONTROLE DES TRAVAUX ET RECOLEMENT.....	75
8.1	MESURES DE CONTROLES DES EXPOSITIONS EN PHASE CHANTIER.....	76
8.2	MESURES DE CONTROLES DES OPERATIONS DE DEPOLLUTION.....	76
8.3	PLAN DE SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE.....	77
8.4	CONSERVATION DE LA MEMOIRE .....	77
9-	CONCLUSION .....	79



## LISTE DES TABLEAUX

Tableau n°1:	Indices organoleptiques et mesures in-situ des COV .....	24
Tableau n°2:	Stratégie d'investigations et d'analyses .....	26
Tableau n°3:	Résultats des analyses de sol- composés inorganiques .....	29
Tableau n°4:	Résultats des analyses de sol – composés organiques (1/2).....	30
Tableau n°5:	Résultats des analyses de sol – composés organiques (2/2).....	31
Tableau n°6:	Caractéristiques des ouvrages piézométriques .....	35
Tableau n°7:	Niveaux d'eaux souterraines.....	35
Tableau n°8:	Paramètres analysés sur les eaux souterraines .....	37
Tableau n°9:	Résultats d'analyses des eaux souterraines (1/2) .....	38
Tableau n°10:	Résultats d'analyses des eaux souterraines (2/2) .....	39
Tableau n°11:	Coupe technique des piézo-gaz .....	41
Tableau n°12:	Paramètres d'échantillonnage et d'analyses des gaz du sol .....	41
Tableau n°13:	Résultats des analyses de gaz du sol.....	43
Tableau n°14:	Indices organoleptiques et mesures in-situ des COV corrélées avec les teneurs dans les sols .....	53
Tableau n°15:	Gammes de concentrations issues des graphiques de distribution des polluants.....	55
Tableau n°16:	Synthèse des seuils de pollution concentrée déterminés par chaque méthode.....	55
Tableau n°17:	Tableau des volumes de sols liés à une pollution concentrée.....	56
Tableau n°18:	Sols devant être excavés non conformes aux critères d'acceptation en ISDI .....	57
Tableau n°19:	Présentation des techniques de dépollution retenues .....	59
Tableau n°20:	Présentation des différentes filières d'évacuation.....	60
Tableau n°21:	Coûts de traitement des sols en gestion hors site .....	61
Tableau n°22:	Coûts de traitement des sols en gestion sur site par désorption thermique .....	63
Tableau n°23:	Bilan coûts / avantages des scénarios de dépollution .....	64
Tableau n°24:	Grille de notation des critères pour chaque scénario.....	64
Tableau n°25:	Équations générales du calcul de risques sanitaires .....	69
Tableau n°26:	Caractéristiques environnementales : Bâtiment sur sous-sol.....	71
Tableau n°27:	Caractéristiques des bâtiments : Bâtiment sur sous-sol.....	71
Tableau n°28:	Caractéristiques des usagers du site : Bâtiment sur sous-sol .....	72
Tableau n°29:	Teneurs maximales retenues.....	73
Tableau n°30:	Résultats des risques sanitaires .....	74

### **LISTE DES ANNEXES**

- ANNEXE 1. : PLANS DE LOCALISATION DU SITE
- ANNEXE 2. : FICHE DE VISITE DU SITE
- ANNEXE 3. : CARTOGRAPHIES DES RESULTATS DES ETUDES PRECEDENTES (BURGEAP)
- ANNEXE 4. : PLAN D'IMPLANTATION DES INVESTIGATIONS
- ANNEXE 5. : COUPES LITHOLOGIQUES DES SONDAGES
- ANNEXE 6. : BORDEREAUX D'ANALYSES DES SOLS
- ANNEXE 7. : CARTOGRAPHIE DES ANOMALIES EN COMPOSES ORGANIQUES DANS LES SOLS
- ANNEXE 8. : CARTOGRAPHIE DES NON CONFORMITES ISDI DANS LES SOLS
- ANNEXE 9. : COUPES DES PIEZOMETRES
- ANNEXE 10. : ESQUISSE PIEZOMETRIQUE DU 11/04/2019
- ANNEXE 11. : FICHES DE PRÉLÈVEMENT DES EAUX SOUTERRAINES
- ANNEXE 12. : BORDEREAUX D'ANALYSES DES EAUX SOUTERRAINES
- ANNEXE 13. : CARTOGRAPHIES DES IMPACTS DANS LES EAUX SOUTERRAINES (CAMPAGNE D'AVRIL 2019)
- ANNEXE 14. : COUPES DES PIEZO-GAZ
- ANNEXE 15. : FICHES DE PRÉLÈVEMENT DES GAZ DU SOL
- ANNEXE 16. : BORDEREAUX D'ANALYSES DES GAZ DU SOL
- ANNEXE 17. : CARTOGRAPHIES DES IMPACTS DANS LES GAZ DU SOL (CAMPAGNE D'AVRIL 2019)
- ANNEXE 18. : EVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES
  - Annexe 18.01 : Présentation des équations du modèle « Johnson & Ettinger »
  - Annexe 18.02 : Caractéristiques et toxicologie des substances retenues
  - Annexe 18.03 : Feuilles de calculs de risques
  - Annexe 18.04 : Discussion sur les incertitudes
- ANNEXE 19. : MISSIONS DE SOLER ENVIRONNEMENT
- ANNEXE 20. : CONDITIONS D'EXPLOITATION DES ETUDES D'ENVIRONNEMENT

## - GLOSSAIRE -

AEP	: Alimentation en Eau Potable
ASPITET	: Apports d'une Stratification Pédologique pour l'Interprétation des Teneurs en Éléments Traces
ARS	: Agence Régionale de Santé
BASIAS	: Base de données d'Anciens Sites Industriels et Activités de Service
BASOL	: Base de données sur les sites et sols pollués (ou potentiellement pollués) appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif
BRGM	: Bureau de Recherches Géologiques et Minières
DREAL	: Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DRIEE	: Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Énergie
DDT	: Direction Départementale des Territoires
ICPE	: Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
IGN	: Institut Géographique National
ISDD	: Installation de Stockage de Déchets Dangereux (classe 1)
ISDI	: Installation de Stockage de Déchets Inertes (classe 3)
ISDND	: Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux (classe 2)
ISDI TS	: Installation de Stockage de Déchets Inertes pour Terres Sulfatées
NGF	: Nivellement Général de la France
PNR	: Parc Naturel Régional
PPRI	: Plan de Prévention des Risques d'Inondation
VMA	: Valeur Maximale Admissible définie par l'arrêté du 12 décembre 2014 pour l'acceptation en ISDI
ZICO	: Zone d'Importance Communautaire pour les Oiseaux
ZNIEFF	: Zone Naturelle d'Intérêt Écologique Faunistique et Floristique

### **COMPOSÉS INORGANIQUES**

As	: Arsenic
Ba	: Baryum
Cd	: Cadmium
Cr	: Chrome
Cu	: Cuivre
Hg	: Mercure
Mo	: Molybdène
Ni	: Nickel
Pb	: Plomb
Sb	: Antimoine
Se	: Sélénium
Zn	: Zinc
ETM	: Éléments Traces Métalliques, regroupe l'ensemble des composés métalliques ou métalloïdes

### **COMPOSÉS ORGANIQUES**

BTEX	: Hydrocarbures mono-aromatiques (Benzène Toluène Ethylbenzène Xylènes)
COHV	: Composés Organo-Halogénés Volatils
HAP	: Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
HCT	: Hydrocarbures Totaux (C10-C40)
PCB	: PolyChloroBiphényles
COT	: Carbone Organique Total
TCE	: Trichloroéthylène
C12DCE	: cis 1,2 dichloroéthylène
CV	: chlorure de vinyle
DCM	: dichlorométhane

## - DEFINITIONS -

**\* Site pollué :**

Site présentant un risque pérenne, réel ou potentiel, pour la santé ou l'environnement du fait d'une pollution de l'un ou l'autre des milieux, résultant de l'activité actuelle ou ancienne

**\* Pollution :**

une terre (ou une nappe) est considérée comme non polluée dès lors que ses caractéristiques sont cohérentes avec le fond géochimique/hydrogéologique naturel local.

**\* Pollution concentrée :**

Volume de milieu souterrain (sol, eau, gaz) à traiter, délimité dans l'espace, au sein duquel les concentrations en une plusieurs substances sont significativement supérieures aux concentrations de ces mêmes substances à proximité immédiate de ce volume.

**\* Pollution diffuse :**

Zone difficile à circonscrire au sein de laquelle les concentrations en une ou plusieurs substances sont supérieures au bruit de fond local.

**\* Pollution résiduelle :**

Substances restant dans le milieu souterrain après un traitement.

# 1- SYNTHÈSE

*Il s'agit d'une synthèse non technique. Il s'agit d'un résumé et d'une aide à la lecture. Seuls le rapport et ses annexes peuvent nous être opposable.*

MISSION	
Plan de gestion (PG)	
Adresse du site	ZAC Front de Maine, boulevard Yolande d'Aragon à ANGERS (49)
Superficie du site	9130 m <sup>2</sup>
Aménagement futur	Hôtel, logements collectifs/commerces et musée sur 1 niveau de sous-sol
Cadre réglementaire	ICPE
Occupation actuelle	Parking et espaces verts

ETUDE DOCUMENTAIRE	
Étude historique, mémorielle et documentaire	Hors champ de la présente étude
Étude de vulnérabilité des milieux	Hors champ de la présente étude

INVESTIGATIONS (1/4)	
Milieu sols	<p>Campagne d'investigations sur les sols réalisée le 03/04/2019 : 22 sondages (S1 à S22) à la tarière mécanique diamètre 63 mm à 4 m de profondeur, répartis suivant les zones impactées, d'après les études précédemment réalisées.</p> <p><u>Succession lithologique :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Remblais, à partir de la surface et jusqu'à 4 m de profondeur maximum (fin des sondages) : sable et gravier, limon graveleux voire schiste altéré marron clair à foncé, parfois gris foncé à noir, au droit de l'ensemble des sondages ;</li> <li>Terrain naturel, à partir de 0,7 m de profondeur minimum : gravier et sable marron à schiste altéré rougeâtre, beige, voire gris foncé, au droit de S14, S15, S17 à S19, S21 et S22.</li> </ul> <p><u>Indices organoleptiques</u> Plusieurs indices organoleptiques (couleur grise) suspects au sein des remblais. Mesures semi quantitatives sur les composés volatils au PID : jusqu'à 3 ppmV maximum.</p> <p><u>Résultats d'analyses :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><u>anomalies supérieures aux anomalies naturelles modérées :</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pour le cuivre (62 mg/kg), au droit de S2/2-3, S3/2-3 et S8/2-3, avec des teneurs comprises entre 73 et 81 mg/kg.</li> <li>Pour le plomb (90 mg/kg), au droit de S10/0-1, avec une teneur de 590 mg/kg.</li> </ul> </li> <li><u>anomalies supérieures aux VAS :</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pour le cuivre (20 mg/kg), au droit de S1/2-3, S4/2-3, S5/2-3, S6/2-3, S7/2-3, S9/0-1, S10/0-1, S11/0-1 et S12/0-1, avec des teneurs comprises entre 25 et 52 mg/kg.</li> <li>Pour le mercure (0,1 mg/kg), au droit de S1/2-3, S2/2-3, S3/3-2, S5/2-3, S6/2-3, S7/2-3, S8/2-3, S9/0-1, S10/0-1, S11/0-1 et S12/0-1 avec des teneurs comprises entre 0,11 et 0,42 mg/kg.</li> <li>Pour le plomb (50 mg/kg), au droit de S2/2-3, S3/3-2, S4/2-3, S5/2-3, et S12/0-1, avec des teneurs comprises entre 51 et 64 mg/kg.</li> </ul> </li> <li>légères anomalies en HCT, essentiellement des fractions lourdes (C16-C40), au droit de plusieurs sondages : S4/2-3, S5/2-3, S6/0-1 et S16/3-4, avec des valeurs comprises entre 110 et 180 mg/kg.</li> <li>Absence de BTEX pour les échantillons analysés pour ces composés (teneurs inférieures au seuil de quantification en laboratoire).</li> <li>teneurs supérieures au seuil ISDI pour la somme des 16 HAP (50 mg/kg) relevées au droit de S16/3-4 (58 mg/kg) et S21/2-3,5 (94 mg/kg).</li> </ul>

<b>INVESTIGATIONS (2/4)</b>	
Milieu sols (suite)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>teneurs supérieures au bruit de fond relevées :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ pour la somme des 16 HAP (25 mg/kg) au droit de S3/1-2 (34 mg/kg), S10/0-1 (29 mg/kg), S11/0-1 (27 mg/kg).</li> <li>○ pour le naphthalène (0,15 mg/kg) au droit de S10/0-1 (0,2 mg/kg) et S16/3-4 (0,34 mg/kg).</li> </ul> </li> <li>• <b>légères traces en tétrachloroéthylène (0,07 mg/kg) et trichloroéthylène (0,09 mg/kg) au droit de S16/3-4,</b></li> <li>• <b>traces de PCB mises en évidence au droit de plusieurs échantillons analysés pour ces composés (entre 0,012 et 0,5 mg/kg).</b></li> <li>• <b>résultats sur éluât montrant des teneurs supérieures aux seuils ISDI :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ pour les sulfates lixiviables (1000 mg/kg) au droit de S5/2-3 (1240 mg/kg)</li> <li>○ pour l'antimoine (0,06 mg/kg) au droit de S14/1-2 (0,086 mg/kg)</li> </ul> </li> <li>• <b>pour les fluorures lixiviables (10 mg/kg) au droit de S20/0,6-2 (11 mg/kg)</b></li> </ul>
Milieu eaux souterraines	<p>3 ouvrages piézométriques de contrôle implantés jusqu'à 10 m de profondeur au droit des zones reconnues impactées dans les sols.</p> <p><u>Relevés piézométriques</u> synchrones du 11/04/2019 :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• niveau d'eau moyen vers 6-7 m de profondeur ;</li> <li>• piézométrie globalement plane, voire légèrement orientée vers le sud-est en direction de la Maine dans la partie sud-est.</li> </ul> <p><u>Résultats d'analyses :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Concernant les métaux :</u> anomalies en arsenic légèrement supérieures à la valeur de référence (10 µg/l) au droit de l'ensemble des ouvrages investigués (entre 11 et 25 µg/l).</li> <li>• <u>Concernant les HAP :</u> présence d'une teneur en phénanthrène (0,06 µg/l) légèrement supérieure au seuil de quantification au droit de Pz3 ;</li> <li>• <u>Concernant les hydrocarbures C5-C40, les BTEX et les PCB :</u> absence de valeurs supérieures aux seuils de quantification en laboratoire au droit de l'ensemble des piézomètres ;</li> <li>• <u>Concernant les hydrocarbures COHV :</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ présence de traces légèrement supérieures aux seuils de quantification en cis-1,2-dichloroéthène et en trichloroéthylène au droit de Pz1 (respectivement 0,88 et 0,39 µg/l) et Pz2 (respectivement 3,6 et 0,79 µg/l) ;</li> <li>○ présence d'une trace en tétrachloroéthylène au droit de Pz2 (2,2 µg/l).</li> </ul> </li> </ul>
Milieu gaz du sol	<p>3 piézo-gaz (diamètre 25/32 mm), nommés PG1 à PG3, implantés jusqu'à 3 m de profondeur au droit des zones reconnues impactées dans les sols.</p> <p><u>Résultats d'analyses :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>teneurs supérieures aux seuils de quantification du laboratoire</b> concernant les hydrocarbures (aliphatiques et aromatiques), les BTEX (benzène, toluène et xylènes) et/ou les COHV (11-DCA, TCE et PCE) au droit de la plupart des ouvrages.,</li> <li>• teneurs théoriques calculées (avec un facteur de dilution de 100) pour l'air ambiant inférieures aux valeurs guidées retenues (R1 à R3) pour l'ensemble des analyses.</li> </ul>

COMMENTAIRES	RECOMMANDATIONS / OBJECTIF
<b>GESTION DU RISQUE SANITAIRE ET MESURES DE GESTION</b>	
<p>Présence d'anomalies dans les milieux sols et gaz du sol :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>sur les sols</u> : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ anomalies généralisées en métaux lourds, ponctuellement fortes en plomb notamment, au sein des remblais à une profondeur de 3 à 4 m maximum,</li> <li>○ anomalies généralisées en hydrocarbures C10-C40, COHV (TCE), HAP (naphtalène) et PCB au droit de la plupart des sondages jusqu'à une profondeur de 3 à 4 m, des spots plus élevés étant relevés au droit de A3 et A20,</li> </ul> </li> <li>• <u>sur les gaz du sol</u> : teneurs supérieures aux seuils de quantification du laboratoire concernant les BTEX (benzène, toluène et para et méta-xylène) et/ou les COHV (chlorure de vinyle, trans-12DCE, 11-DCA, cis-12DCE, TCE et PCE) et/ou les alcanes (hydrocarbures volatils C5-C11) au droit de PG1 à PG3, les teneurs les plus importantes concernant particulièrement PG1 au nord du programme.</li> </ul> <p>Présence d'une ancienne activité ICPE sur le site.</p> <p>A priori : absence d'ouvrages enterrés sur le site.</p>	<p>Éliminer les pollutions concentrées définies en HCT / HAP et gérer ces terres simultanément avec les terres excavées non inertes (<b>environ 570 m<sup>3</sup></b>).</p> <p>Interdire l'usage des eaux souterraines au droit du site.</p> <p>Confiner les espaces verts sous 30 cm minimum de terres saines.</p> <p><b>Absence d'incompatibilité sanitaire</b> entre l'état résiduel du sous-sol après travaux avec le projet (démontrée par l'ARR prédictive).</p> <p>Mettre en œuvre une ARR de fin de travaux après dépollution, basée sur une seconde campagne d'analyses des gaz du sol en fond de fouille, pour valider l'absence de risque sanitaire pour le futur usage.</p> <p>Procéder à la cessation d'activité de l'établissement auprès des services de la Préfecture (dans le cadre des dispositions des articles R512-66-1 et R512-66-2 du Code de l'Environnement).</p> <p>Dans le cas où des cuves enterrées seraient restées en place et découvertes, elles devront être vidées, neutralisées et dégazées selon les règles de l'art par une entreprise spécialisée.</p>
<b>GESTION DES TERRES EXCAVEES</b>	
<p>Teneurs détectées sur plusieurs échantillons analysés non conformes aux critères d'acceptation en ISDI définis par l'AM du 12/12/2014 (<b>environ 440 m<sup>3</sup></b>).</p>	<p>Le bilan coûts / avantages des scénarios de gestion de ces terres et des pollutions dites concentrées non excavées dans le cadre du projet conduit à la mise en œuvre d'une gestion hors site des terres en filières adaptées : <b>coût global estimé à environ 162 k € HT.</b></p>
<b>DISPOSITION PARTICULIERES</b>	
<p>Si une pollution résiduelle est laissée en place, il sera nécessaire de garder la mémoire de cette pollution et la nature des substances présentes</p>	<p>Spécifier l'existence d'une pollution résiduelle dans les actes de vente et annexer le présent rapport aux pièces officielles (actes notariés en particulier)</p> <p>Établir un dossier de servitude</p>



## 2- MISSIONS

## 2.1 CONTEXTE

La COMPAGNIE DE PHALSBOURG a pour projet l'aménagement du terrain sis :

**ZAC Front de Maine  
Boulevard Yolande d'Aragon  
ANGERS (49)**

Le projet porte sur la réalisation de bâtiments à usage de logements collectifs/commerces, ainsi que d'un musée sur un niveau complet de sous-sol.

Dans ce contexte, il a été décidé la réalisation d'un plan de gestion sur la base de la réalisation d'investigations complémentaires faisant suite au diagnostic mené de 2013 à 2017 par BURGEAP.

### 2.1.1 OBJECTIFS DE L'ETUDE

Au regard du contexte de la demande, SOLER ENVIRONNEMENT a été missionné pour la **réalisation d'un Plan de gestion** et d'une **Analyse des Risques Résiduels (ARR) prédictive**.

La présente étude est réalisée en référence à la méthodologie nationale d'avril 2017 et les outils méthodologiques concernant la gestion des sites pollués. La codification de cette méthodologie est donnée par la norme NF 31-620 de décembre 2018 portant sur les prestations relatives aux sites et sols pollués.

La prestation Plan de Gestion a pour objectifs de définir les modalités de réhabilitation et d'aménagement d'un site au regard de la maîtrise des sources et des impacts de pollution identifiés. Il s'agit de :

- ⇒ étudier différentes options de gestion en vue de l'aménagement futur,
- ⇒ définir le meilleur scénario de réhabilitation, par un bilan coûts / avantages, au regard du projet et des impacts de pollution identifiés,
- ⇒ valider par une Analyse des Risques Sanitaires prédictive, les options de gestion retenues, sur un plan sanitaire.

Pour répondre à ces objectifs et conformément à la norme NF 31-620 de décembre 2018, les prestations suivantes ont été réalisées :

- **au sein de la prestation globale Mise en œuvre d'un programme d'investigations et interprétation des résultats (DIAG) :**
  - ⇒ Mission A200 : investigations sur les sols ;
  - ⇒ Mission A210 : Investigations sur les eaux souterraines ;
  - ⇒ Mission A230 : Investigations sur les gaz du sol ;
  - ⇒ Mission A260 : Investigations sur les terres excavées ;
  - ⇒ Mission A270 : Interprétation des résultats des investigations.
- **au sein de la prestation globale Plan de Gestion (PG) :**
  - ⇒ Mission A100 : Visite de site ;
  - ⇒ Mission A320 : Analyse des enjeux sanitaires ;
  - ⇒ mission A330 : Identification des différentes options de gestion possible et réalisation d'un bilan coûts / avantages.

*Les prestations normalisées de SOLER ENVIRONNEMENT sont présentées en **annexe 19**.*

## 2.1.2 PRESENTATION DU PROJET

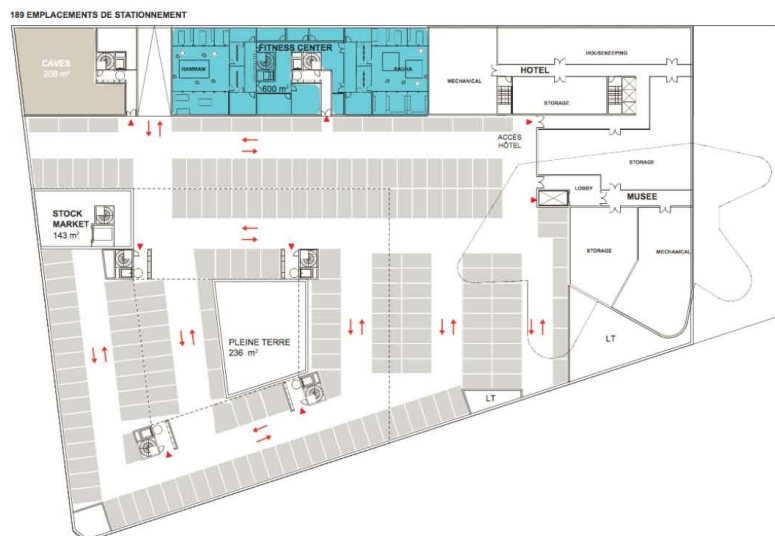
Les travaux d'aménagement prévoient la réalisation d'un ensemble immobilier constitué :

- En partie Nord-Ouest : de logements collectifs et de commerces sur un niveau de sous-sol,
- En partie Sud-Est : d'un hôtel ainsi que d'un musée sur un niveau de sous-sol.



**Plan masse du projet**

### PLAN DE SOUS SOL



**Plan du niveau R-1 du projet**

## 2.2 LIMITE DE LA MISSION

Compte tenu du déficit de connaissances et des incertitudes inhérentes à l'évaluation des risques, l'évaluateur est amené à faire des hypothèses et à prendre des options pour mener à bien son analyse. L'ensemble de ces éléments sera détaillé dans la suite du rapport.

Cette étude ne constitue pas une étude de Conception (ou étude de Projet) incluant un dimensionnement de la solution de gestion retenue et présentant un niveau de détail suffisant des postes à faire chiffrer par une entreprise.

Cette mission ne constitue pas une consultation d'entreprises spécialisées. Les quantités, les durées ainsi que les coûts indiqués sont des estimations données à titre indicatif, qui pourront être validées lors de la consultation des entreprises. De plus, la liste des scénarios proposés ne peut prétendre être exhaustive.

### **3- DESCRIPTION DU SITE ET DE SON ENVIRONNEMENT**

### 3.1 RECHERCHE DE DOCUMENTS ET VISITE DE SITE

#### 3.1.1 BIBLIOGRAPHIE - BASES DE DONNEES

- ⇒ Circulaire du 8/02/2007 relatif aux Installations Classées – Prévention de la pollution des sols. Gestion des sols pollués ;
- ⇒ Circulaire du 8 février 2007 relative à l'implantation sur des sols pollués d'établissements accueillant des populations sensibles – Ministères en charge de la Santé, de l'Environnement et des Transports, 8/02/2007
- ⇒ Outils Méthodologiques : Outils de gestion des sites (potentiellement) pollués – Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, 8/02/2007 ;
- ⇒ Note du 19 avril 2017 relative aux sites et sols pollués - Mise à jour des textes méthodologiques de gestion des sites et sols pollués de 2007 ;
- ⇒ Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués – avril 2017 ;
- ⇒ Circulaire relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact – Ministère de la Santé, DGS, réf. DGS/SD.7B/2006-234 du 30/05/2006 (*abrogée le 31/10/2014*) ;
- ⇒ Note d'information relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués – Ministère de la Santé, DGS, réf DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31/10/2014 ;
- ⇒ Norme NF X31-620 de décembre 2018 portant sur les « Prestations de services relatives aux sites et sols pollués » ;
- ⇒ Exposure factors handbook – U.S. EPA (réf. EPA/600/P-95/002Fa), août 1997 ;
- ⇒ Méthode de calcul des VCI dans les sols – INERIS (réf. DRC-01-25587/DESP-R01), novembre 2001
- ⇒ CIBLEX : Banque de données de paramètres descriptifs de la population française au voisinage d'un site pollué – IRSN, ADEME, juin 2003 ;
- ⇒ Description du budget espace-temps et estimation de la population française dans son logement – INVS CSTB OQAI, octobre 2010 ;
- ⇒ Caractérisation de la qualité de l'air ambiant intérieur en relation avec une éventuelle pollution des sols par des substances volatiles et semi-volatiles – INERIS, juin 2010 ;
- ⇒ Synthèse des travaux du Département santé environnement de l'Institut de veille sanitaire sur les variables humaines d'exposition – INVS, juillet 2012 ;
- ⇒ Variables humaines d'exposition (VHE) disponibles en France pour les évaluations quantitatives des risques sanitaires (EQRS) – INVS, avril 2013 ;
- ⇒ Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires, Démarche intégrée pour l'évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – INERIS, août 2013 ;
- ⇒ Note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués ;
- ⇒ Guide méthodologique FLUXOBAT, Evaluation des transferts de COV du sol vers l'air intérieur et extérieur – BURGEAP CSTB Grand Lyon LHYGES INERIS IMFT TERA Environnement, novembre 2013.

### 3.1.2 DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

La zone à l'étude est localisée sur la commune d'ANGERS (49), au sein de la ZAC Front de Maine.

Il s'agit d'un terrain accueillant actuellement un parking en partie sud-est, ainsi qu'un espace vert en partie nord-ouest.

La zone d'étude correspond à la parcelle cadastrale EZ 455 d'une superficie de 8 304 m<sup>2</sup>. Elle est entourée par :

- L'avenue Yolande d'Aragon au nord,
- Le boulevard Gaston Dumesnil, ainsi qu'un théâtre à l'est,
- Le boulevard du Bon Pasteur puis la Maine au sud,
- Le boulevard Foulques Nerra puis des logements collectifs à l'ouest.

Le plan de localisation du site est joint en **Annexe 1**.

La visite de site a été effectuée le 22/03/2019 au droit de la zone d'étude, sans mise en évidence de sources potentielles de pollution.

La totalité de la zone d'étude est accessible au public.

La fiche de visite de site avec plan et les photographies du site sont jointes en **Annexe 2**.

### 3.2 SYNTHÈSE DES ETUDES PRECEDENTES

Les études antérieures connues au droit de la zone d'étude sont synthétisées ci-dessous :

#### **Diagnostic environnemental du milieu souterrain - rapport BURGEAP RSSPLB03002-01 du 26/07/2013**

##### Étude historique et documentaire :

Avant 1840, le site est constitué d'une prairie alluviale. Entre 1840 et 1988, le site est occupé en majeure partie par l'abattoir municipal d'Angers, seule la partie nord-est est occupée par des maisons d'habitations. Dans les années 1970, une activité de vente automobiles et de garage est recensée le long du boulevard Dumesnil. Le site est en friche entre 1991 et 2008. A partir de 2008, le site est constitué d'espaces verts et d'une aire de stationnement pour véhicules (état actuel).

Campagne d'investigations (juillet 2013) : 6 sondages de sol au carottier battu jusqu'à 6 m de profondeur.

##### Résultats d'analyses :

- Impact faible à modéré par des métaux et métalloïdes dans les remblais et limons du site,
- Traces d'hydrocarbures dans les premiers mètres de remblais du parking et légères anomalies en HAP dans un sondage,
- Présence d'Antimoine lixiviable au sein de nombreux échantillons dans les remblais (dépassement des critères ISDI).

## **Diagnostic environnemental du milieu souterrain - rapport BURGEAP RSSPLB07155 du 25/09/2017**

Campagne d'investigations (juillet 2013) : 20 sondages de sol à la tarière mécanique jusqu'à 4 m de profondeur.

### Résultats d'analyses :

- Anomalies notables à significatives en métaux au sein des remblais,
- Impacts significatifs en hydrocarbures, composés volatils et composés organochlorés au droit du site.

Le plan de localisation des investigations et les cartographies de résultats analytiques sont fournis en **Annexe 3**.

L'ensemble des investigations a conduit à recommander :

- **En premier lieu** : réaliser des investigations complémentaires sur les milieux sols, eaux souterraines et gaz du sol afin de compléter le diagnostic de l'état du sous-sol établi par BURGEAP.
- **En second lieu** : **mettre en place un Plan de Gestion (PG)** conformément à la méthodologie nationale, y compris une analyse des risques résiduels (ARR) prédictive pour garantir la compatibilité sanitaire avec l'état du sous-sol.

## **3.3 CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL**

### **3.3.1 TOPOLOGIE**

D'après l'IGN, le site étudié se trouve à une cote d'environ 22 m NGF.

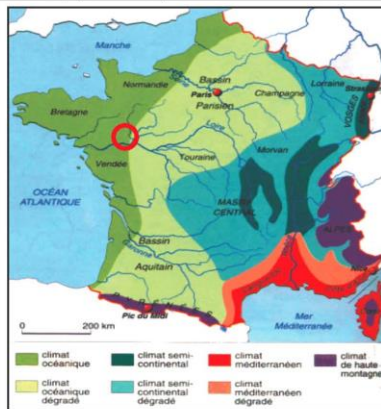
Les localisations des zones d'étude en coordonnées Lambert II étendu sont les suivantes :

X : 381 283 m  
Y : 2 278 730 m

### **3.3.2 CONTEXTE METEOROLOGIQUE**

La commune d'Angers bénéficie d'un climat océanique. Il s'étend approximativement du Nord de la France jusqu'à l'Ouest du Bassin Aquitain, comprenant la Bretagne, la Normandie et la Vendée. C'est un climat qui, à l'échelle de quelques kilomètres, se décline en une multitude de microclimats. L'influence des courants et des vents marins de l'Océan Atlantique modère les variations diurnes et saisonnières des températures. Pour autant, le temps peut changer brusquement, alternant pluie et soleil à quelques heures d'intervalle. Le climat océanique est représenté par des précipitations régulières mais de faible importance, par des hivers doux et des étés moyennement chauds.





*Carte de données météorologique de France (Source : Météo France)*

Des données mesurées par la station météorologique de Beaucoz (commune limitrophe situé au nord-ouest d'Angers) sont présentées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 1 : Contexte météorologique (station de Beaucoz : source Météo France)**

Température		Pluviométrie		Durée d'insolation	
Température moyenne annuelle la plus basse	Température moyenne annuelle la plus haute	Cumul annuel le plus bas	Cumul annuel le plus élevé	Cumul annuel le plus bas	Cumul annuel le plus élevé
5,7 °C (1956)	18,1 °C (2011)	437 mm (1953)	962,6 mm (1994)	1475 h (1993)	2134 h (2003)

### 3.3.3 CONTEXTE GEOLOGIQUE

D'après les informations de la carte géologique de Rennes au 1/50000° (cf. extrait de carte ci-dessous), le site est situé, sous d'éventuels remblais, sur une formation schisteuse.



Extrait de la carte géologique Rennes au 1/50000°

### 3.3.4 CONTEXTE HYDROLOGIQUE

Deux cours d'eau s'écoulent à proximité du site. Le Brionneau, situé à l'ouest du site, se jette dans la Maine qui s'écoule à environ 100 m au sud-est de la zone d'étude.



*Réseau hydrographique dans le secteur de la zone d'étude (Géoportail)*

La commune d'Angers est concernée par le Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) du bassin de la Maine (approuvé le 16/10/2009). D'après le zonage de ce PPRI, la zone d'étude n'est pas située au droit d'une zone inondable.

### 3.3.5 CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

D'après les informations fournies par la notice de la carte géologique d'Angers, les possibilités d'aquifères dans la région sont de trois types :

- aquifère fissuré : dans les roches granitiques ou métamorphiques du socle,
- aquifère des altérites : localisé dans les zones d'altération des roches grenues (arènes),
- aquifère présent dans les discontinuités au niveau des zones de contact, de filons ou des discontinuités sédimentaires.

En saison défavorable, humide, ou à forte pluviométrie, les écoulements superficiels ne percolent que très lentement à travers les terrains limoneux et argileux, et s'accumulent dans les sols de surface jusqu'à leur saturation.

En période critique, des rétentions et des stagnations d'eau ne sont pas à exclure sur la parcelle, notamment dans les dépressions topographiques locales.

## 4- INVESTIGATIONS

## 4.1 PRÉPARATION DE L'INTERVENTION

Le Décret n°2014-627 du 17 juin 2014 relatif aux travaux effectués à proximité de réseaux de transport et de distribution vise à réduire les dommages causés aux réseaux lors de travaux effectués dans leur voisinage et à prévenir leurs conséquences néfastes pour la sécurité des personnes et des biens, la protection de l'environnement et la continuité des services aux usagers de ces réseaux.

Le décret fixe les règles de déclaration préalables aux travaux, applicables au maître d'ouvrage (déclaration de projet de travaux, **DT**) et à l'exécutant des travaux (déclaration d'intention de commencement de travaux, **DICT**).

Avant d'effectuer des travaux de sondage à proximité de réseaux enterrés et canalisations, SOLER CONSEIL a adressé une demande de renseignements aux exploitants des canalisations au moins 7 jours avant le début des travaux.

L'implantation des sondages a été effectuée en fonction des plans fournis par les différents concessionnaires, du repérage visuel des réseaux identifiés in situ (regards, tampons).

## 4.2 INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES SUR LES SOLS

### 4.2.1 METHODOLOGIE

Le projet d'aménagement porte sur la réalisation de bâtiments à usage de logements collectifs/commerces, ainsi que d'un musée sur un niveau complet de sous-sol.

Les investigations sur site ont été réalisées en référence aux normes suivantes :

- ISO 18400-102 « *Choix et application des techniques d'échantillonnage* » (décembre 2017)
- ISO 18400-104 « *Échantillonnage - Stratégie* » (octobre 2018)
- ISO 18400-202, « *Investigation des sites potentiellement contaminés* » (octobre 2018).

Une campagne d'investigations sur les sols a été réalisée le 03/04/2019. Elle a consisté en la réalisation de 22 sondages (S1 à S22) réalisés à la tarière mécanique diamètre 63 mm à 4 m de profondeur, répartis suivant les zones impactées, d'après les études précédemment réalisées.

Les sondages ont été réalisés par la société SOL CONSEIL, spécialisée dans les prestations de sondages, sous la direction d'un ingénieur de SOLER ENVIRONNEMENT.

Le plan d'implantation des sondages est présenté en **Annexe 4**.

La position des sondages a été définie :

- de manière à viser et dimensionner les sondages reconnus les plus impactés,
- en fonction de l'occupation des terrains, de l'accessibilité à la zone de travail et de la position supposée des réseaux enterrés.

La position des sondages a été relevée à l'aide d'un GPS (X, Y). Les coordonnées sont indiquées sur les coupes en **Annexe 5**.

#### 4.2.2 LITHOLOGIE

Le relevé des coupes lithologiques, le prélèvement d'échantillons et leur conditionnement ont été réalisés sur site par un ingénieur de SOLER ENVIRONNEMENT. L'échantillonnage a été réalisé selon la lithologie, ou à défaut par mètre linéaire.

Au cours des investigations, les formations suivantes ont été rencontrées :

- Remblais, à partir de la surface et jusqu'à 4 m de profondeur maximum (fin des sondages) : sable et gravier, limon graveleux voire schiste altéré marron clair à foncé, parfois gris foncé à noir, au droit de l'ensemble des sondages ;
- Terrain naturel, à partir de 0,7 m de profondeur minimum : gravier et sable marron à schiste altéré rougeâtre, beige, voire gris foncé, au droit de S14, S15, S17 à S19, S21 et S22.

Aucune venue d'eau n'a été relevée au droit des sondages.

Les descriptifs lithologiques des sondages sont joints en **Annexe 5**.

#### 4.2.3 MESURES IN SITU ET CONSTATS ORGANOLEPTIQUES

Plusieurs indices organoleptiques (odeur, couleur ou texture) suspects, ainsi que des remblais, ont été identifiés.

Des mesures semi quantitatives sur les composés volatils ont été réalisées au droit de chaque sondage à l'aide d'un détecteur PID MiniRAE étalonné à l'isobutylène lampe standard 10,6 eV (détecteur des composés organiques volatils (COVT) par photo-ionisation).

L'ensemble de ces indices et mesures in-situ sont synthétisés dans le tableau suivant :

**Tableau n°1: Indices organoleptiques et mesures in-situ des COV**

Sondage	Profondeur	Nature du terrain (R / TN)	Éléments secondaires	Couleur	Odeur	Mesure PID
S1	0-4	R	Brique, ardoise, cailloux, ferraille	Marron	-	-
S2	0-4	R	Brique, ardoise	Marron à marron foncé	-	-
S3	0-4	R	Brique, ardoise, plastique	Marron à marron foncé	-	-
S4	0-4	R	Brique, ardoise, ferraille, cailloux	Marron	-	-
S5	0-1	R	Brique	Marron clair	-	-
	1-2		Ardoise	Marron foncé		3 ppmV
	2-3					1 ppmV
	3-4					-
S6	0-3	R	Schiste, quartz, cailloux	Marron et beige	-	-
	3-4		Brique, ardoise	Marron et gris foncé	-	3 ppmV
S7	0-4	R	Fil électrique, cailloux, brique	Marron, parties beiges	-	-

Sondage	Profondeur	Nature du terrain (R / TN)	Éléments secondaires	Couleur	Odeur	Mesure PID
S8	0-4	R	Brique, ardoise, cailloux, quartz	Gris foncé à marron foncé	-	-
S9	0-4	R	Ardoise, brique, cailloux	Marron, gris foncé	-	-
	3-4		Bois	Marron foncé	-	2 ppmV
S11	0-3	R	Cailloux, brique	Marron	-	-
	3-4		Ardoise	Gris et noir	-	1 ppmV
S12	0-4	R	Brique, ardoise	Marron foncé et beige	-	-
S13	0-4	R	Brique, bois, schiste	Noir	-	-
S14	0-2	R	Brique, cailloux	Gris foncé, marron	-	-
S15	0-1,4	R	Cailloux, brique	Rougeâtre, marron et gris	-	-
S16	0-4	R	Cailloux	Gris foncé, gravier noir	-	-
S17	0-2	R	Gravier	Marron	-	-
S18	0-2,2	R	Cailloux	Gris, marron	-	-
S19	0-0,7	R	Cailloux	Gris, marron foncé	-	-
S20	0-4	R	Ardoise, cailloux	Marron, gris, rougeâtre	-	-
S21	0-1	R	Ardoise, cailloux, brique	Marron foncé	-	-
S22	0-3	R	Ardoise, blocs	Marron foncé	-	-

#### 4.2.4 STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE

L'échantillonnage des sols a été réalisé en référence à la Norme NF ISO 18400-102 « *Choix et application des techniques d'échantillonnage* » (décembre 2017).

Le relevé des coupes lithologiques, les prélèvements d'échantillons, et leur conditionnement ont été réalisés sur site par un ingénieur de SOLER ENVIRONNEMENT.

Le choix des échantillons de sols à analyser et des composés à rechercher a été effectué sur les critères suivants :

- activités potentiellement polluantes liées à l'activité de l'ancien site industriel et aux pollutions déjà identifiées,
- constats organoleptiques effectués lors de l'échantillonnage,
- nature et épaisseur des formations lithologiques.

Chaque sondage a fait l'objet de l'établissement d'une fiche de prélèvement. Le descriptif lithologique des sondages et des constats organoleptiques identifiés est joint en **Annexe 5**.

Selon la méthodologie nationale, un échantillon témoin doit être constitué pour les composés inorganiques : échantillon issu d'une zone non influencée par l'activité du site (sur site ou hors site) permettant de déterminer le Fond Géochimique Local.

Au regard des caractéristiques spécifiques du site (occupation, environnement...), aucun échantillon témoin n'a pu être constitué du fait de l'hétérogénéité des sols rencontrés et de l'absence de zone non influencée (absence d'autorisation pour la réalisation d'investigations hors zone d'étude).

Les échantillons ont été conditionnés dans du flaconnage en verre et conservés en caisse isotherme afin d'être déposés au laboratoire dans les 24h.

Des échantillons supplémentaires « mémoire de la nature des terrains » sont conservés dans les locaux de SOLER ENVIRONNEMENT pour une durée d'un mois après prélèvements.

Les analyses ont été prises en charge par le laboratoire SYNLAB, agréé par le ministère de l'environnement et accrédité COFRAC ou équivalent.

Le tableau ci-dessous décrit la stratégie d'investigations, l'échantillonnage et les paramètres d'analyses effectués :

**Tableau n°2: Stratégie d'investigations et d'analyses**

Sondages (1/2)	Profondeur analysée (m)	Terrain	Constats organoleptiques	Composés recherchés
S1	0-1	Remblais	-	Antimoine
	1-2		-	Pack ISDI
	2-3		-	Pack ISDI + 8 métaux bruts
S2	0-1		-	Antimoine
	1-2		-	Pack ISDI
	2-3		-	Pack ISDI + 8 métaux bruts
S3	0-1		-	Antimoine
	1-2		-	Pack ISDI
	2-3		-	Pack ISDI + 8 métaux bruts
S4	0-1		-	Antimoine
	1-2		-	Pack ISDI
	2-3		-	Pack ISDI + 8 métaux bruts
S5	0-1		-	Antimoine, HCT
	2-3		1 ppmV	Pack ISDI + 8 métaux bruts
S6	0-1		-	Antimoine, HCT
	2-3		-	Pack ISDI + 8 métaux bruts
S7	0-1		-	Antimoine, HCT
	2-3		-	Pack ISDI + 8 métaux bruts
S8	0-1		Gris foncé, marron	Antimoine, HCT
	2-3		-	Pack ISDI + 8 métaux bruts
S9	0-1		-	Pack ISDI + 8 métaux bruts
	2-3		-	Pack ISDI
	3-4		-	HCT
S10	0-1		-	Pack ISDI + 8 métaux bruts
	2-3		-	Pack ISDI
	3-4		2 ppmV	HCT
S11	0-1		-	Pack ISDI + 8 métaux bruts
	2-3		-	Pack ISDI
	3-4		Gris et noir, 1 ppmV	HCT

Sondages (2/2)	Profondeur analysée (m)	Terrain	Constats organoleptiques	Composés recherchés	
S12	0-1	Remblais	-	Pack ISDI + 8 métaux bruts	
	2-3		-	Pack ISDI	
	3-4		-	HCT	
S13	0-1		Noir	Antimoine, HCT, HAP	
	1-2		Noir	Antimoine, HCT, HAP	
	2-3		Noir	Antimoine, HCT, HAP	
S14	0-1		-	Antimoine	
	1-2		-	Antimoine	
S15	0,2-1,4		Éventuels remblais	-	Antimoine
	1,4-2			-	Antimoine
S16	1-2	Remblais	Gris foncé	Antimoine	
	3-4		Gris, gravier noir	BTEX, COHV, HAP, HCT	
S17	0-1		-	Pack ISDI	
S18	0,2-1		Gris	Pack ISDI	
S19	0,7-2	Schiste altéré	-	Pack ISDI	
	2-3		-	Pack ISDI	
S20	0,6-2	Remblais	Gris	Pack ISDI	
	2-3		Gris	Pack ISDI	
S21	1-2	Éventuels remblais	-	Pack ISDI	
	2-3,5		-	Pack ISDI	
S22	1-2	Remblais	-	Pack ISDI	
	2-3		-	Pack ISDI	

HCT : hydrocarbures totaux (fractions carbonées C10-C40) par chromatographie gazeuse,

HAP : hydrocarbures aromatiques polycycliques,

BTEX : hydrocarbures aromatiques volatils (Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes)

COHV : Composés Organo-Halogénés Volatils

Métaux : arsenic, cadmium, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb et zinc (liste des 8)

Pack ISDI : analyses sur sol brut et lixiviât demandées par l'arrêté ministériel du 12/12/14 pour l'acceptation des terres en installation de stockage de déchets inertes / ISDI, ou filière de classe 3 :

- sol brut : HCT, HAP, BTEX, PCB et COT,
- éluât : 12 métaux (8 métaux + baryum, molybdène, antimoine et sélénium), fluorures, chlorures, sulfates, indice phénols, fraction soluble et composés organiques dissous.

Les sondages ont été rebouchés avec les déblais en respectant la succession lithologique du terrain en place.

#### 4.2.5 REFERENTIELS POUR LES SOLS

L'interprétation des résultats d'analyse sur les sols est réalisée en référence à l'approche ministérielle concernant les modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués.

La démarche conduit à comparer l'état du milieu considéré à l'état des milieux naturels voisins de la zone d'investigation.



Dans le cadre d'une démarche d'évaluation des risques sanitaires appliquée à des processus de gestion, la méthodologie nationale demande à comparer les résultats des diagnostics :

- à l'environnement local témoin ;
- aux valeurs de gestion en vigueur.

#### **Approche risque sanitaire :**

Selon cette approche, SOLER ENVIRONNEMENT adopte la démarche de comparaison **aux valeurs d'analyse de la situation (VAS)** proposées par la méthodologie ministérielle d'Avril 2017. Ces valeurs sont précisées par l'étude du fond géochimique local.

- Pour les métaux et métalloïdes, les teneurs dans les sols sont comparées, selon les données disponibles, à un état initial avant exploitation du site, au fond géochimique local, ou à la gamme de valeurs couramment observées dans les sols « ordinaires » issues de l'étude ASPITET de l'INRA, correspondant à des sols naturels (gamme de valeurs de sols « ordinaires », et gamme de valeurs dans le cas d'anomalies naturelles).
- Pour les composés organiques, pour lesquels il n'existe pas de « bruit de fond géochimique » excepté pour les HAP, la valeur est comparée aux limites de quantification du laboratoire. Pour les HAP, les valeurs considérées sont celles du bruit de fond géochimique de l'ATSDR 2005 et des fiches toxicologiques de l'INERIS pour les sols urbains.

#### **Approche gestion des déblais :**

Le site va faire l'objet d'un réaménagement impliquant des excavations de terres. Pour la définition du problème spécifique des terres excavées en exutoire adapté, il est nécessaire de compléter les analyses par des tests d'acceptation en Installations de Stockage de Déchets Inertes (ISDI) :

- Sols bruts : Pour les composés organiques (COT, HCT, HAP, BTEX et PCB) et dans le cadre de la gestion d'excavation de terres, les teneurs dans les sols seront comparées aux Valeurs Maximales Admissibles (VMA) définies dans l'arrêté du 12 décembre 2014 relatif aux Installations de Stockage de Déchets Inertes (ISDI). Il n'existe pas de valeurs guides pour les COHV sur sols bruts selon l'arrêté du 12 décembre 2014. La valeur généralement retenue par les ISDI est de 2 mg/kg. Par principe de précaution, SOLER ENVIRONNEMENT retiendra la valeur de 1 mg/kg.
- Lixiviats : Les valeurs sur lixiviat sont comparées aux Valeurs Maximales Admissibles (VMA) définies dans l'arrêté ISDI du 12 décembre 2014 pour les composés suivants : 12 Métaux, Fluorures, Chlorures, Sulfates, Fraction Soluble, Indices Phénol et Carbone Organique Dissous.

A titre informatif, les teneurs sur sols brut et lixiviats sont également comparées aux valeurs de la décision du Conseil Européen n°2003/33/CE du 19/12/02 établissant des critères et des procédures d'admission des déchets dans les décharges, conformément à l'article 16 et à l'annexe 2 de la directive 1999/31/CE pour les déchets dangereux et non dangereux.

### **4.2.6 RESULTATS DES ANALYSES DE SOL**

#### **a- Résultats d'analyses sur sols bruts**

Les tableaux présentés ci-dessous synthétisent les résultats des analyses effectuées sur les échantillons de sols bruts. Les bordereaux d'analyses sont présentés en **Annexe 6**.

**Tableau n°3: Résultats des analyses de sol- composés inorganiques**

Paramètres	Unité	Valeurs guides nationales	Anomalies naturelles modérées	Anomalies naturelles fortes	S1/2-3	S2/2-3	S3/2-3	S4/2-3	S5/2-3	S6/2-3
<b>Métaux lourds (8)</b>										
Arsenic (As)	mg/kg MS	25	60	284	14	24	17	25	18	11
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	0.45	2	46.3	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Chrome (Cr)	mg/kg MS	90	150	3180	26	29	26	29	27	42
Cuivre (Cu)	mg/kg MS	20	62	160	25	73	76	52	50	44
Mercuré (Hg)	mg/kg MS	0.1	2.3	pvl	0.13	0.19	0.15	0.1	0.18	0.11
Plomb (Pb)	mg/kg MS	50	90	10180	30	59	51	59	56	<10
Nickel (Ni)	mg/kg MS	60	130	2076	21	24	23	22	20	28
Zinc (Zn)	mg/kg MS	100	250	11426	62	82	83	64	78	76

Paramètres	Unité	Valeurs guides nationales	Anomalies naturelles modérées	Anomalies naturelles fortes	S7/2-3	S8/2-3	S9/0-1	S10/0-1	S11/0-1	S12/0-1
<b>Métaux lourds (8)</b>										
Arsenic (As)	mg/kg MS	25	60	284	18	16	20	16	24	17
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	0.45	2	46.3	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Chrome (Cr)	mg/kg MS	90	150	3180	25	18	21	23	31	22
Cuivre (Cu)	mg/kg MS	20	62	160	43	81	26	32	28	26
Mercuré (Hg)	mg/kg MS	0.1	2.3	pvl	0.42	0.27	0.16	0.2	0.19	0.18
Plomb (Pb)	mg/kg MS	50	90	10180	29	49	37	590	28	64
Nickel (Ni)	mg/kg MS	60	130	2076	17	12	16	19	23	17
Zinc (Zn)	mg/kg MS	100	250	11426	57	51	56	63	62	57







Paramètres	Unité	Valeurs guides ISDI	valeurs guides ISDND	valeurs guides ISDD	S14/1-2	S15/0,2-1,4	S15/1,4-2	S16/1-2	S16/3-4	S17/0-1	S18/0,2-1	S19/0,7-2	S19/2-3	S20/0,6-2	S20/2-3	S21/1-2
<b>Métaux lourds (S)</b>																
Arsenic (As)	mg/kg MS	0,5	2	25	na	na	na	na	na	<0,05	0,12	<0,05	<0,05	<0,05	0,07	0,05
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	0,04	1	5	na	na	na	na	na	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
Chrome (Cr)	mg/kg MS	0,5	10	70	na	na	na	na	na	<0,01	0,017	<0,01	<0,01	0,012	0,022	0,015
Cuivre (Cu)	mg/kg MS	2	50	100	na	na	na	na	na	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Mercurie (Hg)	mg/kg MS	0,01	0,2	2	na	na	na	na	na	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Nickel (Ni)	mg/kg MS	0,4	10	40	na	na	na	na	na	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Plomb (Pb)	mg/kg MS	0,5	10	50	na	na	na	na	na	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Zinc (Zn)	mg/kg MS	4	50	200	na	na	na	na	na	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
<b>Autres métaux</b>																
Antimoine (Sb)	mg/kg MS	0,05	0,7	5	0,056	<0,039	<0,039	0,059	na	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	0,055	<0,039
Barium (Ba)	mg/kg MS	20	100	300	na	na	na	na	na	0,07	<0,05	0,07	0,11	<0,05	<0,05	<0,05
Molybdène (Mo)	mg/kg MS	0,5	10	30	na	na	na	na	na	<0,05	0,17	<0,05	<0,05	<0,05	0,071	0,15
Sélénium (Se)	mg/kg MS	0,1	0,5	7	na	na	na	na	na	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039
<b>Autres paramètres</b>																
Carbone organique total sur éluat	mg/kg MS	500	800	1000	na	na	na	na	na	35	25	9,9	9,2	16	23	23
Indice phénols	mg/kg MS	1			na	na	na	na	na	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Fraction soluble	mg/kg MS	4000	50000	100000	na	na	na	na	na	581	842	<300	<300	881	921	<300
Chlorures lixiviables	mg/kg MS	800	15000	25000	na	na	na	na	na	<10	18	<10	<10	<10	<10	10
Fluorures lixiviables	mg/kg MS	10	150	500	na	na	na	na	na	4,1	<2	8,1	9	11	7,7	9,5
Sulfates lixiviables	mg/kg MS	1000	20000	50000	na	na	na	na	na	<10	121	80,2	78,4	220	231	110

Paramètres	Unité	Valeurs guides ISDI	valeurs guides ISDND	valeurs guides ISDD	S21/2-3,5	S22/1-2	S22/2-3
<b>Métaux lourds (S)</b>							
Arsenic (As)	mg/kg MS	0,5	2	25	<0,05	0,09	0,05
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	0,04	1	5	<0,004	<0,004	<0,004
Chrome (Cr)	mg/kg MS	0,5	10	70	0,023	<0,01	0,019
Cuivre (Cu)	mg/kg MS	2	50	100	0,18	<0,05	<0,05
Mercurie (Hg)	mg/kg MS	0,01	0,2	2	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Nickel (Ni)	mg/kg MS	0,4	10	40	<0,1	<0,1	<0,1
Plomb (Pb)	mg/kg MS	0,5	10	50	<0,1	<0,1	<0,1
Zinc (Zn)	mg/kg MS	4	50	200	<0,2	<0,2	<0,2
<b>Autres métaux</b>							
Antimoine (Sb)	mg/kg MS	0,05	0,7	5	<0,039	<0,039	<0,039
Barium (Ba)	mg/kg MS	20	100	300	0,1	<0,05	<0,05
Molybdène (Mo)	mg/kg MS	0,5	10	30	<0,05	<0,05	0,13
Sélénium (Se)	mg/kg MS	0,1	0,5	7	<0,039	<0,039	<0,039
<b>Autres paramètres</b>							
Carbone organique total sur éluat	mg/kg MS	500	800	1000	48	12	16
Indice phénols	mg/kg MS	1			<0,1	<0,1	<0,1
Fraction soluble	mg/kg MS	4000	50000	100000	2000	791	921
Chlorures lixiviables	mg/kg MS	800	15000	25000	24	<10	<10
Fluorures lixiviables	mg/kg MS	10	150	500	<2	<2	9
Sulfates lixiviables	mg/kg MS	1000	20000	50000	80,9	13,5	102

#### 4.2.7 COMMENTAIRES DES RESULTATS D'ANALYSES DES SOLS

##### a- Composés inorganiques

Les analyses ont mis en évidence des anomalies supérieures aux anomalies naturelles modérées indiquées entre parenthèses :

- Pour le cuivre (62 mg/kg), au droit de S2/2-3, S3/2-3 et S8/2-3, avec des teneurs comprises entre 73 et 81 mg/kg.
- Pour le plomb (90 mg/kg), au droit de S10/0-1, avec une teneur de 590 mg/kg.

Les analyses ont mis en évidence des anomalies supérieures aux VAS indiquées entre parenthèses:

- Pour le cuivre (20 mg/kg), au droit de S1/2-3, S4/2-3, S5/2-3, S6/2-3, S7/2-3, S9/0-1, S10/0-1, S11/0-1 et S12/0-1, avec des teneurs comprises entre 25 et 52 mg/kg.
- Pour le mercure (0,1 mg/kg), au droit de S1/2-3, S2/2-3, S3/3-2, S5/2-3, S6/2-3, S7/2-3, S8/2-3, S9/0-1, S10/0-1, S11/0-1 et S12/0-1 avec des teneurs comprises entre 0,11 et 0,42 mg/kg.
- Pour le plomb (50 mg/kg), au droit de S2/2-3, S3/3-2, S4/2-3, S5/2-3, et S12/0-1, avec des teneurs comprises entre 51 et 64 mg/kg.

##### b- Composés organiques

Les analyses ont mis en évidence la présence de teneurs supérieures aux limites de quantification du laboratoire, pour les composés suivants :

#### Hydrocarbures totaux (HCT)

De légères anomalies en HCT, essentiellement des fractions lourdes (C16-C40), ont été retrouvées au droit de plusieurs sondages : S4/2-3, S5/2-3, S6/0-1 et S16/3-4, avec des valeurs comprises entre 110 et 180 mg/kg.

Des traces ont été retrouvées sur l'ensemble des échantillons analysés pour ces composés.

#### Hydrocarbures mono-aromatiques (BTEX)

Absence de BTEX pour les échantillons analysés pour ces composés (teneurs inférieures au seuil de quantification en laboratoire).

#### Hydrocarbures Polyaromatiques (HAP)

Des teneurs supérieures au seuil ISDI pour la somme des 16 HAP (50 mg/kg) ont été relevées au droit de S16/3-4 (58 mg/kg) et S21/2-3,5 (94 mg/kg).

Des teneurs supérieures au bruit de fond ont été relevées :

- pour la somme des 16 HAP (25 mg/kg) au droit de S3/1-2 (34 mg/kg), S10/0-1 (29 mg/kg), S11/0-1 (27 mg/kg).
- pour le naphthalène (0,15 mg/kg) au droit de S10/0-1 (0,2 mg/kg) et S16/3-4 (0,34 mg/kg).

Des traces ont été détectées au droit des autres échantillons analysés pour ces composés.

#### Composés Organiques Halogénés Volatils (COHV)

De légères traces en tétrachloroéthylène (0,07 mg/kg) et trichloroéthylène (0,09 mg/kg) ont été détectées au droit de S16/3-4, seul échantillon analysé pour ces composés.

#### Polychlorobiphényles (PCB)

Des traces ont été mises en évidence au droit de plusieurs échantillons analysés pour ces composés (entre 0,012 et 0,5 mg/kg).

#### Carbone Organique Total (COT)

Les teneurs en COT relevées sont inférieures au seuil ISDI ou aux seuils de quantification en laboratoire.

La cartographie des anomalies en composés organiques est présentée en **Annexe 7**.

#### **c- Essais de lixiviation**

Les résultats sur éluât ont mis en évidence la présence de teneurs supérieures aux seuils ISDI :

- pour les sulfates lixiviables (1000 mg/kg) au droit de S5/2-3 (1240 mg/kg)
- pour l'antimoine (0,06 mg/kg) au droit de S14/1-2 (0,086 mg/kg)
- pour les fluorures lixiviables (10 mg/kg) au droit de S20/0,6-2 (11 mg/kg)

Les autres teneurs relevées sont inférieures aux seuils ISDI.

La cartographie des anomalies en composés organiques est présentée en **Annexe 8**.

### 4.3 INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES SUR LES EAUX SOUTERRAINES

#### 4.3.1 DESCRIPTIF DES OUVRAGES ET INVESTIGATIONS

Dans le cadre du présent diagnostic complémentaire, les investigations suivantes ont été mises en œuvre :

- Les 04 et 05/04/2019 : pose de 3 ouvrages piézométriques de contrôle Pz1 à Pz3 jusqu'à 10 m de profondeur,
- Le 11/04/2019 : campagne de prélèvements d'eau souterraine pour analyses au droit de l'ensemble des ouvrages posés.

Les ouvrages ont été réalisés en référence à la norme AFNOR X 31-614 « Réalisation d'un forage de contrôle ou de suivi de la qualité de l'eau souterraine au droit et autour d'un site potentiellement pollué » (Décembre 2017).

La pose de ces ouvrages a été effectuée à l'aide d'un atelier de forage de la société SOL CONSEIL sous pilotage de SOLER ENVIRONNEMENT.

Le descriptif global de ces ouvrages est présenté dans le tableau suivant :

**Tableau n°6: Caractéristiques des ouvrages piézométriques**

Ouvrages	Date de pose	Coordonnées en WGS 84		Profondeur de l'ouvrage	Équipement	
		X	Y			
Pz1	04/04/2019	0°33'57.6" O	47°28'19.9"	10 m	Diamètre de forage : 130 mm Slot crépines : 0,5 mm Diamètre des graviers : 1,35 mm Cimentation Bouchons de fond et de tête	Bouche à clé étanche Tube plein : 0-2 m 52/60 mm Tube crépiné : 2-10 m 52/60 mm
Pz2		0°33'57.6" O	47°28'19.9"			
Pz3	05/04/2019	0°33'57.6" O	47°28'19.9"			

Le plan d'implantation des ouvrages est présenté en **Annexe 4**.

Les coupes lithologiques des piézomètres sont présentées en **Annexe 9**.

#### 4.3.2 NIVEAUX D'EAU MESURES

Les niveaux d'eau relevés au droit des ouvrages sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau n°7: Niveaux d'eaux souterraines**

Ouvrages	Date de mesure	Cote du piézomètre (m NGF) (*)	Niveau d'eau mesuré par rapport au repère (m)	Cote du niveau d'eau (m NGF)
Pz1	11/04/2019	+ 23,27 m	-7,24	+ 16,03
Pz2		+ 22,17 m	-6,10	+ 16,07
Pz3		+ 21,73 m	-6,28	+ 15,45

(\*) Nivellement effectué par la société SOL CONSEIL sur la base d'un regard EP à + 21,93 m NGF.



Les relevés piézométriques synchrones du 11/04/2019 présentés en **Annexe 10** montrent une piézométrie globalement plane, voire légèrement orientée vers le sud-est en direction de la Maine dans la partie sud-est.

#### **4.3.3 MODALITES DE PRELEVEMENTS**

Le prélèvement des eaux souterraines a été effectué en référence à la norme AFNOR X 31-615 « *Prélèvement et échantillonnage des eaux souterraines dans des forages de surveillance pour la détermination de la qualité des eaux souterraines* » (Décembre 2017) :

- Mesure du niveau d'eau, et calcul du volume d'eau (volume intérieur) compris dans l'ouvrage ;
- Recherche d'éventuelle phase libre (surnageant) ;
- Purge du piézomètre de façon à éliminer 3 fois le volume d'eau (volume intérieur) contenu dans l'ouvrage si le renouvellement d'eau est suffisant, ou jusqu'à stabilisation des paramètres physico-chimiques (température, pH, conductivité) ;
- Prélèvement à la pompe ou à l'aide d'un échantillonneur inerte en PEHD, à usage unique en cas de vidange rapide et totale de l'ouvrage ;
- Conditionnement en flaconnage adapté aux composés recherchés, fourni par le laboratoire ;
- Transport en glacière réfrigérée jusqu'au laboratoire (dans les 24 heures).

Le matériel de pompage a été nettoyé entre chaque prélèvement.

Les prélèvements ont fait l'objet de fiches de suivi qualitatif mentionnant : la date, le niveau d'eau, les modalités de pompage et de prélèvement, les paramètres physicochimiques (température, pH, conductivité) et les indices organoleptiques (couleur, odeur...).

Les fiches de prélèvement des eaux souterraines sont présentées en **Annexe 11**.

#### **4.3.4 CONSTATS ORGANOLEPTIQUES ET MESURES SUR SITE**

Aucun indice organoleptique suspect n'a été identifié lors de la purge et du prélèvement. Les eaux de purge étaient turbides de couleur marron, blanchâtre et/ou verdâtre.

Des analyses in situ ont été réalisées sur les eaux souterraines au droit des piézomètres à l'aide de sondes pour analyse des paramètres physicochimiques : température, pH, conductivité, potentiel redox. Ces analyses sur site n'ont mis en évidence aucune anomalie particulière.

Les eaux pompées ont été rejetées dans le réseau public après filtration sur charbon actif.

#### **4.3.5 PROGRAMME ANALYTIQUE**

La stratégie d'analyse des eaux souterraines est présentée dans le tableau suivant :

**Tableau n°8: Paramètres analysés sur les eaux souterraines**

Ouvrages	Date de prélèvement	Substances recherchées
Pz1	11/04/2019	BTEX, COHV, HAP, PCB, HCT, 8 métaux
Pz2		
Pz3		

*HCT : Hydrocarbures totaux (HCT C5-C40) par chromatographie gazeuse,  
 BTEX : hydrocarbures aromatiques volatils (benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes),  
 HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (liste des 16),  
 COHV : Composés Organo-Halogénés Volatils (liste des 15),  
 PCB : Polychlorobiphényles (liste des 7),  
 Métaux : arsenic, cadmium, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb, zinc (sur matière sèche).*

Les échantillons ont été conditionnés dans du flaconnage en verre adapté aux paramètres à rechercher et conservés en caisse isotherme afin d'être déposés au laboratoire dans les 24h

Ces analyses ont été prises en charge par le laboratoire SYNLAB, agréé par le ministère de l'environnement et accrédité COFRAC ou équivalent.

#### **4.3.6 REFERENTIEL POUR LES EAUX**

Selon la méthodologie nationale mise en place depuis le 8 février 2007, les teneurs doivent être comparées aux valeurs réglementaires existantes et au fond géochimique local. Dans ce cadre, les teneurs sont comparées, en fonction des données disponibles, et par ordre de préférence :

- (a) : aux « limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaine », fixées dans l'annexe 1 de l'arrêté du 11 janvier 2007 ;
- (b) : aux « limites de qualité des eaux brutes de toute origine utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine, fixées dans l'annexe 2 de l'arrêté du 11 janvier 2007 ;
- (c) : aux valeurs seuils du rapport « Système d'évaluation de la qualité des eaux souterraines » des Agences de l'Eau ;
- (d) : aux critères d'évaluation de l'état des eaux souterraines, suivant les annexes I et II de l'arrêté du 17 décembre 2008 ;
- (e) aux normes de potabilité recommandées par l'Organisation Mondiale pour la Santé.
- Par défaut, aux seuils de détection du laboratoire.

Ces valeurs sont reprises en partie dans le document de l'INERIS « Eléments sur l'origine et le mode d'élaboration des valeurs réglementaires de l'eau, de l'air et des denrées alimentaires, applicables en France pour les substances chimiques » (12/2007).

#### **4.3.7 RESULTATS DES ANALYSES**

Les résultats sont présentés dans les tableaux ci-dessous. Les bordereaux d'analyses des eaux souterraines sont joints en **Annexe 12**.

**Tableau n°9: Résultats d'analyses des eaux souterraines (1/2)**

Paramètres	Unité	Valeurs de référence		Pz1	Pz2	Pz3
<b>Métaux lourds (8)</b>						
Arsenic (As)	µg/l	10	a	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>25</b>
Cadmium (Cd)	µg/l	5	b	<0.2	<0.2	<0.2
Chrome (Cr)	µg/l	50	b	<1	<1	1.6
Cuivre (Cu)	µg/l	2000	a	<2	<b>22</b>	<2
Mercuré (Hg)	µg/l	1	b	<0.05	<0.05	<0.05
Nickel (Ni)	µg/l	20	a	<b>4.1</b>	<3	7.6
Plomb (Pb)	µg/l	50	b	<b>5.3</b>	<b>2.9</b>	<b>11</b>
Zinc (Zn)	µg/l	5000	b	<10	<10	<10
<b>Hydrocarbures totaux</b>						
fraction C10-C12	µg/l	pvl		<10	<10	<10
fraction C12-C16	µg/l	pvl		<10	<10	<10
fraction C16 - C21	µg/l	pvl		<10	<10	<10
fraction C21 - C40	µg/l	pvl		<10	<10	<10
somme HCT (C10-C40)	µg/l	1000	a	<50	<50	<50
<b>Hydrocarbures totaux</b>						
fraction C5-C6	µg/l	pvl		<10	<10	<10
fraction C6-C8	µg/l	pvl		<10	<10	<10
fraction C8-C10	µg/l	pvl		<10	<10	<10
Hydrocarbures Volatils C5-C10	µg/l	pvl		<30	<30	<30
<b>Hydrocarbures aromatiques</b>						
Benzène	µg/l	1	a	<0.2	<0.2	<0.2
Ethylbenzène	µg/l	300	e	<0.2	<0.2	<0.2
Toluène	µg/l	700	e	<0.2	<0.2	<0.2
(m+p)-Xylenes	µg/l	pvl		<0.2	<0.2	<0.2
o-Xylenes	µg/l	pvl		<0.1	<0.1	<0.1
Xylenes totaux	µg/l	500	e	<0.3	<0.3	<0.3
Somme des BTEX	µg/l	-		<1	<1	<1
cumène	µg/l	pvl		<0.2	<0.2	<0.2
1,2,4-triméthylbenzène	µg/l	pvl		<0.2	<0.2	<0.2
1,3,5-triméthylbenzène	µg/l	pvl		<0.2	<0.2	<0.2
<b>HAP (liste des 6)</b>						
Benzo(b)fluoranthène	µg/l	pvl		<0.02	<0.02	<0.02
Benzo(k)fluoranthène	µg/l	pvl		<0.01	<0.01	<0.01
Benzo(ghi)pérylène	µg/l	pvl		<0.02	<0.02	<0.02
Indeno(123-cd)pyrène	µg/l	pvl		<0.02	<0.02	<0.02
Somme des 4 HAP	µg/l	0.1	a	<0.07	<0.07	<0.07
Benzo(a)pyrène	µg/l	0.01	a	<0.01	<0.01	<0.01
Fluoranthène	µg/l	pvl		<0.02	<0.02	<0.02
Somme des 6 HAP	µg/l	1	b	<0.1	<0.1	<0.1

Les valeurs en gras sont supérieures aux seuils de quantification du laboratoire. Celles surlignées en gris sont supérieures aux valeurs de référence.

**Tableau n°10: Résultats d'analyses des eaux souterraines (2/2)**

Paramètres	Unité	Valeurs de référence		Pz1	Pz2	Pz3
<b>Autres HAP</b>						
Acénaphène	µg/l	pvl		<0.1	<0.1	<0.1
Acénaphthylène	µg/l	pvl		<0.1	<0.1	<0.1
Anthracène	µg/l	pvl		<0.02	<0.02	<0.02
Benzo(a)anthracène	µg/l	pvl		<0.02	<0.02	<0.02
Chrysène	µg/l	pvl		<0.02	<0.02	<0.02
Dibenzo(ah)anthracène	µg/l	pvl		<0.02	<0.02	<0.02
Fluorène	µg/l	pvl		<0.05	<0.05	<0.05
Naphtalène	µg/l	pvl		<0.1	<0.1	<0.1
Phénanthrène	µg/l	pvl		<0.02	<0.02	<b>0.06</b>
Pyrène	µg/l	pvl		<0.02	<0.02	<0.02
Somme des 16 HAPs	µg/l	pvl		<0.57	<0.57	<0.57
<b>COHV</b>						
1,1-dichloroéthane	µg/l	pvl		<0.1	<0.1	<0.1
1,2-dichloroéthane	µg/l	3/30	a/e	<0.1	<0.1	<0.1
1,1-dichloroéthène	µg/l	pvl		<0.1	<0.1	<0.1
cis-1,2-dichloroéthène	µg/l	30	e	<b>0.88</b>	<b>0.39</b>	<0.1
trans-1,2-dichloroéthylène	µg/l	pvl		<0.1	<0.1	<0.1
Somme 1,2-dichloroéthylène	µg/l	50	e	<b>0.88</b>	<b>0.39</b>	<0.2
dichlorométhane	µg/l	20	e	<0.5	<0.5	<0.5
1,2-dichloropropane	µg/l	40	e	<0.2	<0.2	<0.2
tétrachloroéthylène	µg/l	10	d	<0.1	<b>2.2</b>	<0.1
tétrachlorométhane	µg/l	4	e	<0.1	<0.1	<0.1
1,1,1-trichloroéthane	µg/l	pvl	c	<0.1	<0.1	<0.1
trichloroéthylène	µg/l	10	d	<b>3.6</b>	<b>0.79</b>	<0.1
chloroforme	µg/l	100 /300	a/e	<0.1	<0.1	<0.1
chlorure de vinyle	µg/l	0.5	a	<0.2	<0.2	<0.2
hexachlorobutadiène	µg/l	pvl		<0.2	<0.2	<0.2
1,3-dichloropropène	µg/l	pvl		<0.2	<0.2	<0.2
bromoforme	µg/l	100	e	<0.2	<0.2	<0.2
1,1,2-trichloroéthane	µg/l	pvl		<0.1	<0.1	<0.1
bromochlorométhane	µg/l	pvl		<0.1	<0.1	<0.1
bromodichlorométhane	µg/l	60	e	<0.5	<0.5	<0.5
dibromochlorométhane	µg/l	100	e	<0.5	<0.5	<0.5
PCE + TCE	µg/l	10	a	<b>3.6</b>	<b>3</b>	<0.2
Somme des COHV	µg/l	pvl		<4.6	<4.6	<4.6
<b>PCB</b>						
PCB (28)	µg/l	pvl		<0.01	<0.01	<0.01
PCB (52)	µg/l	pvl		<0.01	<0.01	<0.01
PCB (101)	µg/l	pvl		<0.01	<0.01	<0.01
PCB (118)	µg/l	pvl		<0.01	<0.01	<0.01
PCB (138)	µg/l	pvl		<0.01	<0.01	<0.01
PCB (153)	µg/l	pvl		<0.01	<0.01	<0.01
PCB (180)	µg/l	pvl		<0.01	<0.01	<0.01
7 PCB	µg/l	5	c	<0.07	<0.07	<0.07

Les valeurs en gras sont supérieures aux seuils de quantification du laboratoire. Celles surlignées en gris sont supérieures aux valeurs de référence.

#### **4.3.8 COMMENTAIRES DES RESULTATS D'ANALYSES DES EAUX SOUTERRAINES**

##### **a-Composés inorganiques**

Les résultats d'analyses ont mis en évidence des anomalies en arsenic légèrement supérieures à la valeur de référence (10 µg/l) au droit de l'ensemble des ouvrages investigués (entre 11 et 25 µg/l). Des traces en chrome, cuivre, nickel et/ou plomb sont également détectées sur la totalité des échantillons.

##### **b-Composés organiques**

Les résultats d'analyses ont mis en évidence :

- Concernant les HAP : la présence d'une teneur en phénanthrène (0,06 µg/l) légèrement supérieure au seuil de quantification au droit de Pz3 ;
- Concernant les hydrocarbures C5-C40, les BTEX et les PCB : l'absence de valeurs supérieures aux seuils de quantification en laboratoire au droit de l'ensemble des piézomètres ;
- Concernant les hydrocarbures COHV :
  - la présence de traces légèrement supérieures aux seuils de quantification en cis-1,2-dichloroéthène et en trichloroéthylène au droit de Pz1 (respectivement 0,88 et 0,39 µg/l) et Pz2 (respectivement 3,6 et 0,79 µg/l) ;
  - la présence d'une trace en tétrachloroéthylène au droit de Pz2 (2,2 µg/l).

La cartographie des résultats analytiques détectés dans les eaux souterraines au droit des piézomètres est présentée en **Annexe 13**.

#### **4.4 INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES SUR LES GAZ DU SOL**

Pour compléter le diagnostic de l'état des milieux, SOLER ENVIRONNEMENT a procédé à une campagne de prélèvements des gaz du sol au droit de p4 pour la recherche de composés organiques volatils selon la norme NF ISO 18400-204 « *Lignes directrices pour l'échantillonnage des gaz du sol* » (21 juillet 2017).

##### **4.4.1 REALISATION DES PRELEVEMENTS**

L'objectif de l'étude est de prélever les éventuelles vapeurs issues du sol et des eaux souterraines au droit à proximité des zones identifiées comme polluées. A cet effet, 3 piézo-gaz (diamètre 25/32 mm), nommés PG1 à PG3, ont été implantés jusqu'à 3 m de profondeur 05 avril 2019 pour tenir compte du futur niveau de sous-sol.

Les prélèvements des piézo-gaz se sont déroulés le 11 avril 2019.

L'installation des ouvrages a été réalisée par la société SOL CONSEIL sous contrôle d'un ingénieur de SOLER ENVIRONNEMENT.

**Tableau n°11: Coupe technique des piézo-gaz**

Coupe technique	PG1 à PG3
Bouchon d'argile et de ciment	0 à -1 m
Tube PEHD plein 25/32 mm	0 à -2,5 m
Tube PEHD crêpiné 25/32 mm (ouverture 1 mm)	-2,5 à -3 m
Fermeture de l'ouvrage	Bouche à clé
Bouchon de fond en polyéthylène	

Le plan d'implantation des ouvrages est joint en **Annexe 4** et les coupes des ouvrages sont décrites en **Annexe 14**.

#### 4.4.2 ECHANTILLONNAGE DES PIEZO-GAZ

L'échantillonnage des gaz du sol a été effectué de la façon suivante :

- mise en place d'un tube de prélèvement en PEHD dans le dispositif,
- mesure semi quantitative des paramètres volatils présents dans l'ouvrage,
- purge de l'air contenu dans le dispositif (environ 5 litres pendant 10 minutes),
- prélèvements d'environ 30 litres sur des supports spécifiques à l'aide d'une pompe réglée à faible débit (0,5L/min),
- après prélèvement, les supports sont fermés hermétiquement,
- transport en glacière réfrigérée jusqu'au laboratoire (dans les 24 heures).

Chaque prélèvement fait l'objet d'une fiche de suivi qualitatif mentionnant : la date, les conditions météorologiques, le dispositif, les modalités de pompage et de prélèvement, et les indices organoleptiques (odeur). Les fiches de prélèvements des gaz du sol sont présentées en **Annexe 15**.

Les paramètres d'échantillonnage et d'analyses de l'ensemble des gaz du sol sont repris dans le tableau ci-dessous :

**Tableau n°12: Paramètres d'échantillonnage et d'analyses des gaz du sol**

Point de prélèvement	Type de support	Paramètres d'analyses	Durée du prélèvement (min)	Débit (Vmin)	Volume pompé (litres)
PG1	Charbon actif	Alcanes volatils TPH, BTEX, naphthalène, COHV	48	0,53	25,9
PG2			61	0,52	32,6
PG3			62	0,52	32,9

*TPH : coupe pétrolière des hydrocarbures aliphatiques et aromatiques*  
*BTEX : hydrocarbures aromatiques volatils (benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes)*  
*COHV : composés organo-halogénés volatils*  
*Naphthalène : composé le plus volatil des hydrocarbures aromatiques polycycliques*

En parallèle, un échantillon blanc de transport a été réalisé : échantillon ouvert et manipulé sur site, puis refermé, conditionné et transporté avec les autres échantillons.

Les supports de prélèvements sont fournis par le laboratoire, en fonction des composés recherchés et de l'objectif des prélèvements. Ces supports ont ensuite été analysés par le laboratoire WESSLING, agréé par le ministère de l'environnement et accrédité COFRAC ou équivalent.

#### **4.4.3 REFERENTIEL POUR LES GAZ DU SOL**

La méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués recommande, dans le cas d'un usage fixé, d'estimer la qualité de l'air intérieur des bâtiments à partir de 3 seuils constituant des valeurs d'analyse de la situation (R1, R2, R3) :

- **La valeur R1** correspond par ordre de priorité : aux valeurs réglementaires disponibles, les valeurs cibles ou repères du HCSP, les valeurs guides de qualité d'air intérieur de l'ANSES, et à défaut, les valeurs sélectionnées par l'INERIS ;
- **La valeur R2** correspond par ordre de priorité : aux valeurs réglementaires, aux seuils d'action définis par le HCSP, et à défaut, les valeurs sélectionnées par l'INERIS ;
- **La valeur R3** correspond aux valeurs « court terme » sélectionnées par l'INERIS.

En cas de dépassement de ces valeurs guides, la teneur peut être considérée comme significative et doit être prise en compte dans le cadre d'une quantification d'un risque sanitaire.

Dans le cas des mesures réalisées dans les gaz du sol, un facteur de dilution (FD) est appliqué pour transposer, de façon théorique, les valeurs mesurées à l'air intérieur. La concentration estimée (Cestimée) dans l'air intérieur du futur bâtiment est calculée à partir de la concentration mesurée (Cmesurée) :  $C_{estimée} = C_{mesurée} / FD$ .

Les facteurs de dilution sont documentés dans la littérature scientifique et varient notamment selon la configuration des bâtiments, leur état...

Dans le cadre d'un bâtiment avec sous-sol sur une dalle béton, nous retiendrons un facteur de dilution  $FD = 100$ .

#### **4.4.4 RESULTATS DES ANALYSES DES GAZ DU SOL**

Le tableau en page suivante présente les teneurs détectées dans les gaz du sol converties en fonction de la durée du prélèvement. Les bordereaux d'analyses sont présentés en **Annexe 16**.

Les teneurs indiquées en gras correspondent à des valeurs supérieures aux seuils de quantification du laboratoire. Les teneurs surlignées en couleur correspondent à des valeurs supérieures aux valeurs de comparaison.

**Tableau n°13: Résultats des analyses de gaz du sol**

Paramètres	Unité	Valeurs d'analyse de la situation (microg/m3)			Résultats bruts			Facteur dilution (FD = 100)		
		R1	R2	R3	PG1	PG2	PG3	PG1	PG2	PG3
Volume prélevé	m <sup>3</sup>				0,026	0,033	0,033			
<b>Hydrocarbures volatils C5-C16</b>										
Somme des C5	ug/m <sup>3</sup>	18000	180000	-	3822,4	NQ	NQ	38,22	NQ	NQ
Somme des C6	ug/m <sup>3</sup>				1544,4	NQ	NQ	15,44	NQ	NQ
Somme des C7	ug/m <sup>3</sup>	18000	180000	-	2046,3	NQ	NQ	20,46	NQ	NQ
Somme des C8	ug/m <sup>3</sup>				1737,5	NQ	NQ	17,37	NQ	NQ
Somme des C9	ug/m <sup>3</sup>	1000	10000	-	6949,8	950,92	NQ	69,50	9,51	NQ
Somme des C10	ug/m <sup>3</sup>	1000	10000	-	1544,4	NQ	NQ	15,44	NQ	NQ
Somme des C11	ug/m <sup>3</sup>				2934,4	NQ	547,11	29,34	NQ	5,47
Somme des C12	ug/m <sup>3</sup>				888,03	NQ	303,95	8,88	NQ	3,04
Somme des C13	ug/m <sup>3</sup>				196,91	NQ	NQ	1,97	NQ	NQ
Somme des C14	ug/m <sup>3</sup>				NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
Somme des C15	ug/m <sup>3</sup>				NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
Somme des C16	ug/m <sup>3</sup>				NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
hydrocarbures volatils (C5-C16)	ug/m <sup>3</sup>				21622	950,92	851,06	216,22	9,51	8,51
<b>Hydrocarbures aromatiques</b>										
Benzène	ug/m <sup>3</sup>	2	10	30	115,83	NQ	NQ	1,16	NQ	NQ
Toluène	ug/m <sup>3</sup>	20000	21000	21000	65,637	NQ	NQ	0,66	NQ	NQ
Ethylbenzène	ug/m <sup>3</sup>	1500	15000	22000	29,344	NQ	NQ	0,29	NQ	NQ
ortho-xylène	ug/m <sup>3</sup>	-	-	-	17,375	NQ	NQ	0,17	NQ	NQ
para- et méta-xylène	ug/m <sup>3</sup>	-	-	-	54,054	NQ	NQ	0,54	NQ	NQ
xylènes	ug/m <sup>3</sup>	200	2000	8800	71,42857	NQ	NQ	0,71	NQ	NQ
Cumène	ug/m <sup>3</sup>	-	-	-	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
m-, p-Ethyltoluène	ug/m <sup>3</sup>	-	-	-	13,127	NQ	NQ	0,13	NQ	NQ
1,3,5-Triméthylbenzène (Mésitylène)	ug/m <sup>3</sup>	-	-	-	10,039	NQ	NQ	0,10	NQ	NQ
o-Ethyltoluène	ug/m <sup>3</sup>	-	-	-	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
1,2,4-Triméthylbenzène (Pseudocumène)	ug/m <sup>3</sup>	-	-	-	18,533	NQ	NQ	0,19	NQ	NQ
BTEX total	ug/m <sup>3</sup>	-	-	-	321,24	NQ	NQ	3,21	NQ	NQ
<b>COHV</b>										
Dichlorométhane	ug/m <sup>3</sup>	10	100	2100	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
cis-1,2-dichloroéthène	ug/m <sup>3</sup>	60	600	-	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
trans-1,2-dichloroéthène	ug/m <sup>3</sup>	-	-	-	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
Trichlorométhane (Chloroforme)	ug/m <sup>3</sup>	63	150	150	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
1,1,1-Trichloroéthane	ug/m <sup>3</sup>	1000	5500	5500	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
Tetrachlorométhane	ug/m <sup>3</sup>	0,24	2,4	190	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
1,1-Dichloroéthène	ug/m <sup>3</sup>	-	-	-	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
Trichloroéthylène	ug/m <sup>3</sup>	2	10	3200	54,054	58,282	6,079	0,54	0,58	0,06
Tetrachloroéthylène	ug/m <sup>3</sup>	250	1250	1380	26,641	1042,9	12,462	0,27	10,43	0,12
Chlorure de vinyle	ug/m <sup>3</sup>	2,6	26	1300	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
1,1-Dichloroéthane	ug/m <sup>3</sup>	-	-	-	7,722	NQ	NQ	0,08	NQ	NQ
Somme des COHV	ug/m <sup>3</sup>	-	-	-	84,942	1101,227	18,54103	0,85	11,01	0,19
<b>HAP</b>										
Naphtalène	ug/m <sup>3</sup>	10	50	-	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ

#### 4.4.5 COMMENTAIRES DES ANALYSES DES GAZ DU SOL

Les résultats d'analyses des gaz du sol ont mis en évidence des teneurs supérieures aux seuils de quantification du laboratoire concernant les hydrocarbures (aliphatiques et aromatiques), les BTEX (benzène, toluène et xylènes) et/ou les COHV (11-DCA, TCE et PCE) au droit de la plupart des ouvrages.



Les teneurs théoriques calculées (avec un facteur de dilution de 100) pour l'air ambiant sont inférieures aux valeurs guides retenues (R1 à R3) pour l'ensemble des analyses.

La cartographie des teneurs détectées dans les gaz du sol est présentée en **Annexe 17**.

## **5- SCHEMA CONCEPTUEL**

## 5.1 ÉLABORATION DU SCHEMA CONCEPTUEL

Le schéma conceptuel est basé sur le projet d'aménagement, il doit permettre de présenter :

- la ou les sources de pollution
- les cibles potentielles
- les voies de transfert possibles
- les milieux d'expositions

Le projet porte sur la réalisation de bâtiments à usage de logements collectifs/commerces, ainsi que d'un musée sur un niveau complet de sous-sol. Il comprend également des espaces verts et voiries.

Un site ou un milieu pollué présente un **risque sanitaire** pour les usagers du site seulement si les trois éléments suivants sont présents simultanément :

- La présence d'une ou des **sources de pollution** mobilisables ;
- La présence de **voies de transfert** par l'intermédiaire des sols, des eaux, des gaz ;
- La présence de **populations cibles (voie d'exposition)** et/ou de ressources à protéger.

Le schéma conceptuel doit, d'une manière générale, permettre de préciser l'existence et les relations entre ces trois facteurs.

Les enjeux à protéger, les sources et impacts de pollution, les voies de transfert et les voies d'exposition sont présentés successivement dans les paragraphes ci-après.

### 5.1.1 IDENTIFICATION DES ENJEUX

#### • **Identification des enjeux au droit du site**

L'enjeu est d'ordre sanitaire : il s'agit de protéger les futurs usagers du site par rapport aux expositions directes ou indirectes auxquelles ils pourraient être soumis.

Les cibles sur le site sont les futurs résidents et usagers (adultes et enfants).

#### • **Identification des enjeux hors site**

Le site est localisé à proximité de la Maine. Ce cours d'eau représente une cible potentielle du fait de sa distance par rapport au site.

### 5.1.2 SOURCES DE POLLUTION ET IMPACTS RETENUS

Les résultats d'investigations ont mis en évidence les anomalies et les impacts suivants :

- sur les sols :
  - **anomalies généralisées en métaux lourds, ponctuellement fortes en plomb notamment**, au sein des remblais à une profondeur de 3 à 4 m maximum,
  - **anomalies généralisées en hydrocarbures C10-C40, COHV (TCE), HAP** (naphtalène) et **PCB** au droit de la plupart des sondages jusqu'à une profondeur de 3 à 4 m, des spots plus élevés étant relevés au droit de A3 et A20,
- sur les gaz du sol :
  - **teneurs supérieures aux seuils de quantification du laboratoire** concernant les BTEX (benzène, toluène et para et méta-xylène) et/ou les COHV (chlorure de vinyle, trans-12DCE, 11-DCA, cis-12DCE, TCE et PCE) et/ou les alcanes (hydrocarbures volatils C5-C11) au droit de PG1 à PG3, les teneurs les plus importantes concernant particulièrement PG1 au nord du programme.

### 5.1.3 VOIES DE TRANSFERT ET D'EXPOSITION

Les voies d'adsorption possibles des polluants dans l'organisme sont de trois types : inhalation, ingestion et contact cutané. Ces différentes voies sont analysées en fonction des scénarii possibles spécifiques à l'usage du site.

#### a- Voies de transfert

Les voies de transfert possibles des polluants sont les suivantes :

- la volatilisation (pour les composés volatils),
- la migration à travers les sols par percolation/gravité,
- la migration via les eaux souterraines,
- l'envol de poussières de sols contaminés.

Les migrations à travers les sols par percolation et via les eaux souterraines ont été retenues en raison de la présence d'anomalies (en métaux seulement) dans les eaux souterraines.

La volatilisation est retenue en raison de la présence de composés volatils dans les gaz du sol.

L'envol de poussières n'a pas été retenu en l'absence de zones découvertes dans les projets d'usage futurs (recouvrement par un revêtement minéral ou 30 cm minimum de terres saines).

#### b- Voies d'exposition

Trois voies d'exposition sont possibles :

- l'inhalation de composés volatils,
- le contact cutané avec les sols,
- l'ingestion de sols (directe ou par envol de poussières).

Seule la voie d'exposition par inhalation peut être retenue en raison de la présence d'impacts dans les sols et les gaz du sol d'alcanes, de BTEX et de COHV.

Le contact cutané et l'ingestion directe (sol, eau et poussières) n'ont pas été retenus en l'absence de zones découvertes dans les projets d'usage futurs et d'usage des eaux souterraines au droit de la zone d'étude.

#### c- EXPOSITIONS POTENTIELLES ET CIBLES CONCERNEES

##### Population

Au regard des teneurs, les milieux et modes d'exposition retenus sont l'air intérieur des bâtiments, par l'inhalation de composés volatils en provenance des gaz du sol. L'exposition par ingestion / contact cutané ne sera pas prise en compte, étant considéré que l'ensemble des surfaces sera recouvert par un revêtement minéral ou une couche de terres non impactées dans le cadre de l'aménagement.

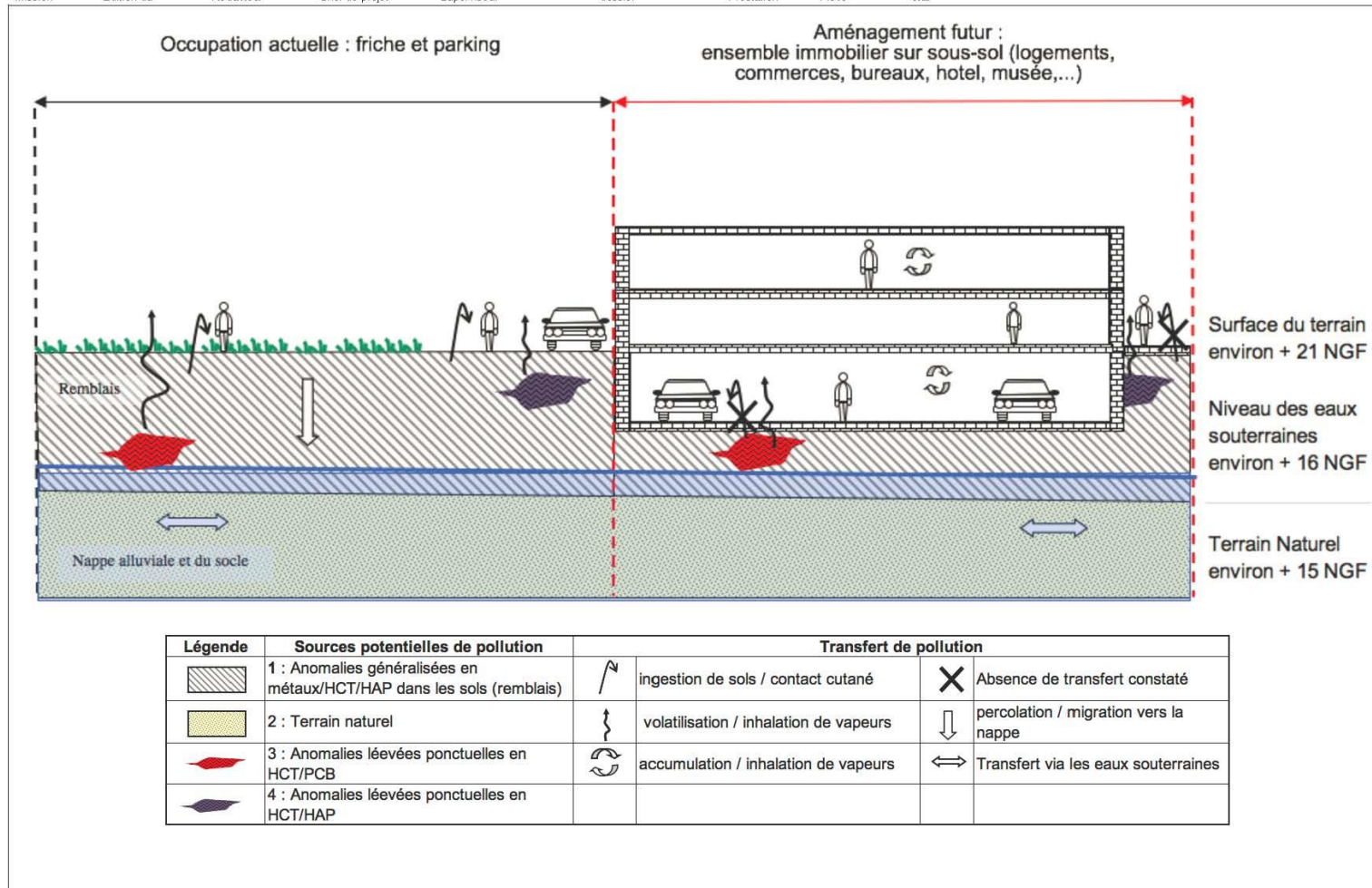
Les cibles potentiellement exposées seront les personnes qui fréquenteront le site : adultes et enfants, éventuellement exposés à l'inhalation de composés organiques volatils (présents dans les gaz du sol).

##### Environnement

La nappe, rencontrée à quelques mètres de profondeur au droit de la zone d'étude, est en continuité hydraulique avec le réseau hydrographique local (la Maine) et est donc une cible potentielle à la pollution.

## 5.2 SCHEMA CONCEPTUEL

Le schéma conceptuel présenté ci-après permet d'illustrer les voies d'exposition possibles. Il s'agit d'un schéma conceptuel établi selon l'état des connaissances actuelles du site. Ce schéma pourra être modifié en fonction de l'acquisition de nouvelles informations.



## 6- MESURES DE GESTION

## 6.1 PRESENTATION DE LA DEMARCHE DE GESTION

D'après la méthodologie de gestion des sites et sols pollués, le **Plan de Gestion** doit identifier l'ensemble des options envisageables pour le site compte tenu de la typologie des impacts identifiés, tout en tenant compte de la compatibilité entre le projet et les niveaux de risques sanitaires.

Les solutions techniques seront considérées envisageables en fonction de leur domaine d'application, et de leur adéquation avec :

- ✓ les contraintes du site ;
- ✓ les caractéristiques des impacts identifiés ;
- ✓ l'efficacité attendue de la solution technique retenue.

Ainsi la méthodologie qui a été menée pour la définition du programme de réhabilitation a reposé sur les critères suivants :

- ✓ Protection de l'environnement et de la santé publique : l'option retenue doit efficacement remplir un rôle de protection de l'environnement et de la santé ;
- ✓ Faisabilité technique : l'option doit être techniquement réalisable de tout point de vue (ressources, mise en œuvre, atteinte des objectifs fixés) ;
- ✓ Efficacité à long terme : la solution doit être acceptable sur le long terme dans le cadre d'une gestion durable de l'environnement ;
- ✓ Réglementation : la technique de réhabilitation doit être légalement acceptable sans objections des administrations ;
- ✓ Mise en œuvre : la solution de réhabilitation doit avoir un impact ou générer les nuisances les plus faibles ou raisonnables possibles pendant sa mise en œuvre, sur le milieu environnemental, sur les opérateurs, sur l'activité en cours du site et son voisinage ;
- ✓ Coûts : le coût de réhabilitation doit être en adéquation avec les enjeux.

Le **Plan de Gestion** est donc défini sur la base du **bilan coûts / avantages** en veillant à privilégier :

- ✓ dans un premier temps, les actions pour la maîtrise des zones sources de pollution identifiées comme étant les zones les plus concentrées en polluants ;
- ✓ dans un deuxième temps, les actions pour la réduction des expositions, par la désactivation des voies de transfert.

Le **Plan de Gestion** présentera le scénario d'aménagement le mieux adapté accompagné des contraintes techniques éventuelles à mettre en place (contraintes techniques, dispositions constructives...).

Les scénarios de réhabilitation sélectionnés sont validés par une **Analyse des Risques Sanitaires prédictive (voir chapitre suivant)**.



## 6.2 MAITRISE DES SOURCES

La méthodologie de gestion des sites et sols pollués préconise, en premier lieu, de rechercher la suppression des sources concentrées de pollution, puis de maîtriser leurs impacts en cas de pollution résiduelle.

### 6.2.1 DEFINITION DES POLLUTIONS CONCENTREES

#### a- Stratégie de définition et hypothèses

Conformément à la méthodologie nationale (paragraphe 3.2.1) reprenant les prescriptions du guide UPDS d'avril 2016 : « pollution concentrée : définition, outils de caractérisation et intégration dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués », l'identification et la quantification des sources de pollution et des pollutions concentrées sera mise en œuvre à partir des outils synthétisés dans le logigramme suivant :



La méthodologie a été appliquée pour le seul milieu sol, les impacts mesurés dans les gaz du sol étant liés en conséquence des impacts dans ce milieu.

#### b- Sélection des substances

Les analyses sur les sols ont fait ressortir la présence très significative et majoritaire des hydrocarbures HCT et des HAP, les PCB et les COHV étant détectés de manière très ponctuelle.

L'étude des pollutions concentrées concernera donc ces polluants.

#### c- Méthodes de définition des pollutions concentrées

- **Méthode d'interprétation des constats de terrain**

Cette méthode qualitative est basée sur les constats organoleptiques effectués lors des prélèvements de sols et d'eaux souterraines complétés par les mesures au PID pour les échantillons de sols.

Les investigations réalisées sur les sols ont fait ressortir les constats suivants, corrélés avec les teneurs analysées au laboratoire,

En l'absence de constats d'odeurs, seules les mesures au PID (> 1 ppmV) ont été prises en compte.

**Tableau n°14: Indices organoleptiques et mesures in-situ des COV corrélées avec les teneurs dans les sols**

Sondage	Profondeur	Odeur	Mesure PID	Analyse au laboratoire (mg/kg)			
				HCT	BTEX	Naphtalène	COHV
A3	2,7-3,0	-	2,8	3 820	< LQ	0,24	< LQ
	3,0-4,0		4,2	1 300	< LQ	0,077	< LQ

Les teneurs minimales analysées en lien avec des mesures au PID significatives sont les suivantes :

- **HCT = 1 300 mg/kg.**

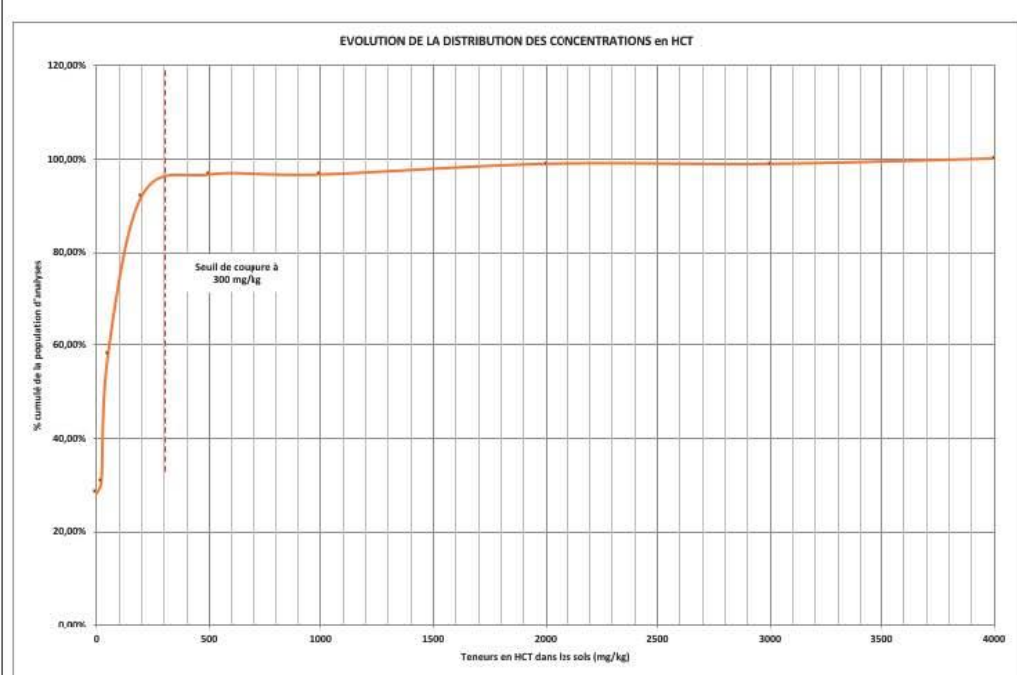
Les autres polluants ne sont pas analysés à des teneurs pouvant expliquer les constats.

- **Étude statistique**

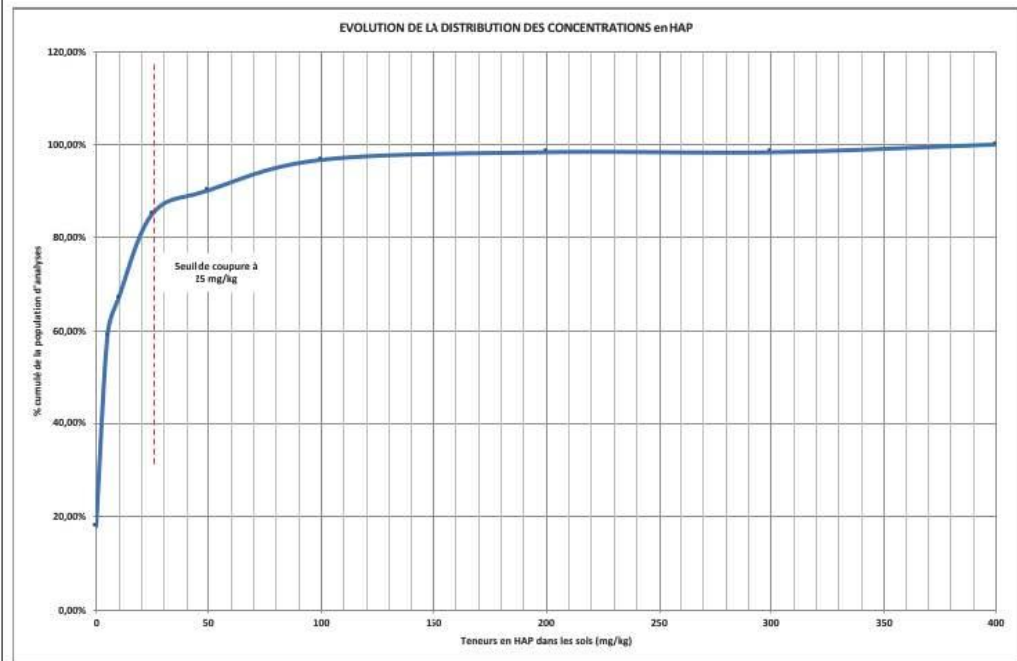
L'objectif de l'analyse statistique proposée est de caractériser la présence d'un éventuel bruit de fond et/ou de valeurs anormales significativement différentes dans la distribution des concentrations. Elle doit donc permettre de rechercher et distinguer les différentes populations de valeurs présentes et, in fine, de proposer un seuil de coupure pour la pollution concentrée, basé sur les différentes populations de valeurs qui auront pu être identifiées.

Le diagnostic de l'état des milieux a fait ressortir la présence d'anomalies en hydrocarbures (HCT et HAP) dans les remblais sur la totalité du site. **Le retrait de la totalité des remblais n'est pas envisageable compte tenu des volumes en jeu, cette option étant disproportionnée au regard des enjeux. Il est toutefois à noter que la réalisation du sous-sol sur 1 niveau va éliminer une grande partie de ces remblais.**

La répartition des fréquences en HCT et en HAP peut être représentée sur les graphiques suivants :



Graphique de fréquence des teneurs en HCT dans les sols



Graphique de fréquence des teneurs en HAP dans les sols

Les ruptures de pente des courbes font ressortir les seuils de coupure suivants :

**Tableau n°15: Gammes de concentrations issues des graphiques de distribution des polluants**

Polluant	Seuils de coupure (mg/kg) et pourcentages de population associés	
	HCT	≤ 300 (92 %)
HAP	≤ 25 (85 %)	> 25 (15 %)

• **Interprétation des méthodes et détermination des pollutions concentrées**

Le tableau suivant synthétise les résultats obtenus pour chacune des méthodes concernant les seuils de pollution concentrée.

**Tableau n°16: Synthèse des seuils de pollution concentrée déterminés par chaque méthode**

Méthode	Sols	
	HCT	HAP
Constats de terrain	1 300	Non concerné
Étude statistique	300	25

Compte tenu de la nature des pollutions peu volatiles (fractions carbonées plutôt lourdes et HAP très peu volatils), les teneurs sont très différentes selon la méthode. Compte tenu du projet qui va consister à évacuer les terres sur 1 niveau de sous-sol sur la quasi-totalité du site, les valeurs retenues seront assimilées à celles imposées pour la gestion des terres excavées hors site, à savoir celles de l'AM du 12/12/2014 :

Pour les sols :

- HCT = 500 mg/kg,
- HAP = 50 mg/kg.

Outre ces substances, un spot de pollution en PCB est également mis en évidence au sein de A3/2,7-3m, la teneur de 100 mg/kg étant assimilée à une pollution concentrée au regard du retour d'expérience sur cette substance.

• **Volumes de sols impactés associés aux pollutions concentrées**

Les volumes de sols liés à ces pollutions concentrées et non pris en compte dans le cadre de l'excavation future du sous-sol (en considérant une profondeur d'excavation de 3 m) sont synthétisés dans le tableau suivant :

**Tableau n°17: Tableau des volumes de sols liés à une pollution concentrée**

Sondage	Superficie associée approximative (m <sup>2</sup> )	Profondeur des anomalies identifiées (m)	Epaisseur des anomalies identifiées (m)	Teneurs concernées (mg/kg)	Volume à dépolluer (m <sup>3</sup> )
A3	60	3-4	1,00	HCT = 1300 mg/kg	60
A4	75	3-3,5	0,50	HAP = 54 mg/kg	38
A19	160	0,4-1,3	0,90	HAP = 67 mg/kg	144
A20	90	1,1-2,9	1,80	HAP = 130 et 350 mg/kg HCT = 1060 mg/kg	162
S16	140	3-4	1,00	HAP = 58 mg/kg	140
S21	55	3-3,5	0,50	HAP = 94 mg/kg	28
				<b>TOTAL</b>	<b>571</b>

Le volume approximatif de matériaux à dépolluer selon les seuils de pollution concentrée définis (**hors terrassements prévus pour le futur sous-sol**) est donc estimé à environ **570 m<sup>3</sup>**.

## 6.2.2 TRAITEMENT DES POLLUTIONS CONCENTREES

Compte tenu de l'analogie des anomalies relevées et des objectifs de dépollution fixés avec les seuils d'acceptation en ISDI définis par l'AM du 12/12/2014, l'étude de la gestion de ces terres polluées sera effectuée en parallèle de celle des terres excavées pour le projet (voir paragraphe 6.3.1)

## 6.3 GESTION DES DEBLAIS DANS LE CADRE DU PROJET

### 6.3.1 ESTIMATION DES QUANTITES

Le projet envisage la création d'un niveau de sous-sol sur la quasi-totalité de l'emprise du site, exceptés :

- une bande d'environ 20 m au sud,
- un îlot de pleine terre au centre (secteur du sondage A6).

Pour les terres issues d'un site pollué, l'arrêté ministériel en date du 12/12/2014 fixe les valeurs limites d'acceptation en installations de stockages de déchets inertes (ISDI) sur sol brut et sur éluât après essai de lixiviation.

Les terres présentant des dépassements à ces critères ne pourront pas être acceptées en ISDI, et devront être évacuées en filière spécifique, ce qui engendrera très probablement un surcoût.

De plus, au regard des pratiques actuelles des ISDI, la présence d'indice de pollution notable (couleur, odeurs...) et/ou la présence de matériaux exogènes en trop grande proportion dans les sols (débris, déchets, mâchefers, blocs...) peut impliquer un refus d'acceptation.

Selon les résultats d'analyses et des constats organoleptiques, une partie des terres excavées et évacuées hors site devra donc être orientée vers des filières adaptées.

Le tableau ci-dessous fournit une synthèse des sols non conformes aux critères d'acceptation en ISDI et devant être excavés pour le futur sous-sol (profondeur estimée à 3 m).

**Tableau n°18: Sols devant être excavés non conformes aux critères d'acceptation en ISDI**

Sondage	Couche analysée	Superficie associée approximative (m <sup>2</sup> )	Epaisseur des impacts identifiés (m)	Paramètres non conformes ISDI	Volume non conforme ISDI (m <sup>3</sup> )
A3	2,7-3	60	0,3	HCT et PCB sur sol brut Antimoine sur éluats	18
A4	2,5-3	75	0,5	HAP sur sol brut	37,5
A13	0,1-0,8	230	0,7	Antimoine sur éluats	161
S14	1-2	220	1	Antimoine sur éluats	220
				<b>TOTAL</b>	<b>436,5</b>

- Nota Bene : Selon l'arrêté ministériel du 12/12/2014, « *si le déchet ne respecte pas au moins une des valeurs fixées pour le chlorure, le sulfate ou la fraction soluble, le déchet peut être encore jugé conforme aux critères d'admission s'il respecte soit les valeurs associées au chlorure et au sulfate, soit celle associée à la fraction soluble.* » L'échantillon S5/2-3 qui présente un seul dépassement en sulfates est donc considéré acceptable en ISDI.

Le volume approximatif de matériaux non inertes à gérer lors des terrassements est donc estimé à environ **440 m<sup>3</sup>**.

Le calcul des quantités est établi en fonction des hypothèses suivantes :

- Référence des plans : Plans architecte non datés (masse et sous-sol) ;
- Volume évalué est un volume de terres en place (hors foisonnement) ;
- Densité des terres : 1,8 tonne/m<sup>3</sup> ;
- Extrapolation de l'analyse d'un échantillon à l'ensemble de la maille ;
- Estimation à partir de la cote du terrain naturel, considérée comme cote zéro (pas de nivellement des sondages) ;
- Profondeur de terrassement au droit du 1<sup>er</sup> sous-sol : -3m ;

Les limites de l'estimation sont les suivantes :

- Hors élimination, et démantèlement des ouvrages existants (cuves, fosses...);
- Hors terrassements supplémentaires pour talutage, fondations, décapage zone de pleine terre ;
- Hors zones non investiguées et zones hors terrassement ;
- Hors éventuels coûts des remblaiements

Le volume estimé est fourni à titre informatif. Il s'agit d'une estimation non contractuelle qui devra être validée par des investigations complémentaires dans les zones actuellement inaccessibles, dans le cadre d'un marché par l'entreprise et par la réalisation d'un plan de terrassements sur la base du projet définitif.

La présente étude ne peut constituer un Cahier des Charges pour la réalisation d'un chiffrage.

Nous rappelons de même que toute possibilité de réutilisation des terres sur site, sans engendrer de risque sanitaire, permettra de limiter les volumes à évacuer en filière.

Nous rappelons que les critères retenus pour l'acceptation des terres en filière, toutes catégories confondues, sont différents d'un centre de stockage à l'autre et que, de ce fait, l'acceptation des terres reste spécifique à chaque centre.

### **6.3.2 ESTIMATION DES COUTS ET SURCOUTS**

#### **a- Présentation des techniques de gestion / traitement retenues**

Les principales techniques de gestion / dépollution couramment utilisées sont présentées ci-dessous. Au regard du contexte du site, les solutions retenues comme scénarios pertinents de gestion des terres du site y sont également argumentées pour le ou les principal(aux) critère(s).

**Tableau n°19: Présentation des techniques de dépollution retenues**

Techniques		Retenue o/n ?	Argumentaire principal
<b>IN-SITU</b>			
<b>Méthodes physiques par évacuation de la pollution</b>	ventilation de la zone non saturée (= venting)	NON	Inadapté à la problématique de pollution en cause
	extraction double phase		Inadapté à la problématique de pollution en cause
	barbotage in situ (injection et bullage d'air = sparging)		Inadapté à la problématique de pollution en cause
	pompage et traitement		Inadapté à la problématique de pollution en cause
	pompage/écrémage		Inadapté à la problématique de pollution en cause
<b>Méthodes physiques par piégeage de la pollution</b>	confinement par couverture et étanchéification	NON	Inadapté au retrait des sources
	confinement vertical		Inadapté au retrait des sources
	piège hydraulique ou confinement hydraulique		Inadapté au retrait des sources
	solidification/stabilisation in situ		Inadapté au retrait des sources
<b>Méthodes chimiques</b>	lavage in situ	NON	Inadapté à la problématique de pollution en cause
	oxydation chimique in situ		Inadapté à la problématique de pollution en cause
<b>Méthodes thermiques</b>	réduction chimique in situ (ISCR)	NON	Inadapté à la problématique de pollution en cause
	vitrification		Inadapté à la problématique de pollution en cause
<b>Méthodes biologiques</b>	désorption thermique in situ	NON	Inadapté à la problématique de pollution en cause
	Biodégradation in situ dynamisée		Inadapté à la problématique de pollution en cause et dans des délais acceptables (hydrocarbures lourds)
	Bioventing		Inadapté à la problématique de pollution en cause
	Biosparging (injection et bullage d'air in situ)		Inadapté à la problématique de pollution en cause
	atténuation naturelle contrôlée		Inadapté au retrait des sources
<b>Autres</b>	Phytoremédiation	NON	Inadapté à la problématique de pollution en cause
	Barrières perméables réactives		Inadapté à la problématique de pollution en cause
	Electroremédiation		Inadapté à la problématique de pollution en cause
<b>EX-SITU / sur site</b>			
<b>Méthodes physiques par évacuation de la pollution</b>	excavation des sols	OUI	Adapté vis-à-vis du projet et de la problématique de pollution
	tri granulométrique	NON	Terrains ou caractéristiques des polluants inadaptés
lavage à l'eau			
<b>Méthodes physiques par piégeage de la pollution</b>	encapsulation on site et élimination en centres de stockage des déchets	NON	Terrains ou caractéristiques des polluants inadaptés
	solidification/stabilisation		
<b>Méthodes chimiques</b>	mise en solution et extraction chimiques	NON	Terrains ou caractéristiques des polluants inadaptés
	oxydation et réduction chimiques		
<b>Méthodes thermiques</b>	Incinération, pyrolyse	OUI	Adapté vis-à-vis de la problématique de pollution
	désorption thermique		
<b>Méthodes biologiques</b>	vitrification	NON	Terrains ou caractéristiques des polluants inadaptés
	Bioréacteur		
	biotertre		
<b>Autres</b>	Compostage, Landfarming		

Au regard des caractéristiques du projet et des anomalies définies dans les sols, il peut être envisagé 2 mesures de gestion pour les zones concentrées de pollution définies dans les sols :

- Traitement hors site.
- Traitement sur site par désorption thermique.



**b- Etude technico-économique des techniques de traitement retenues**

• **Scénario n°1 : Gestion hors site**

Le traitement à l'extérieur du site en filière agréée après excavation est une méthode de gestion envisageable pour la gestion des terres non inertes concernées.

Sur la base des résultats des investigations effectuées au droit du site, les terres polluées pourraient être évacuées vers les filières présentées ci-dessous :

- **Centre d'enfouissement** : la technique consiste à disposer les terres dans des alvéoles dont la perméabilité est très faible et dont les eaux d'infiltration sont collectées et traitées.
  - ✓ Installation de Stockage de Déchet Non Dangereux (ISDND), ou filière de Classe 2 : pour les déchets non dangereux.
  - ✓ Installation de Stockage de Déchets Inertes aménagée (ISDI-a), ou filière de Classe 3+ : pour les déchets non inertes pouvant être pris en charge sur dérogation par arrêté préfectoral.
- **Centre de traitement biologique (« biocentre »)** : la technique consiste à optimiser la dégradation biologique des polluants contenus dans les terres par la mise en terre des terres dans une installation fixe dédiée.
- **Incinération** : la technique consiste à extraire par combustion les contaminants (organiques) tels que le goudron, les huiles, les graisses et le pétrole.

Le tableau ci-après présente les avantages et les inconvénients des filières présentées et une estimation des coûts (hors coûts liés au terrassement et à un éventuel remblaiement) :

**Tableau n°20:Présentation des différentes filières d'évacuation**

Filière	Avantages	Inconvénients	Estimation du coût (transport inclus)
ISDD - Filière de classe 1	Stockage de déchets dangereux	Coût. Pas de traitement. Transport	130 € HT/t
ISDND - Filière de classe 2	Stockage de déchets non dangereux	Coût. Pas de traitement. Transport	115 € HT/t
ISDI - Filière de classe 3	Stockage de déchets inertes. Faible coût	Pas de traitement. Transport	10 € HT/t
ISDI aménagée – Filière de classe 3+	Stockage optimisé de déchets non inertes. Faible coût	Pas de traitement. Transport Inadapté aux pollutions importantes	50 € HT/t
Plateforme de regroupement	Optimisation des filières par tri. Faible coût	Rendements incertains. Filières en développement.	40 € HT/t
Centre de traitement biologique. "Biocentre"	Traitement des terres impactées en composés organiques métabolisables par les micro-organismes	Coût. Transport. Pas de traitement des métaux	80 € HT/t
Désorption thermique	Extraction des composés volatils : métaux volatils (mercure) et composés organiques volatils et semi-volatils (BTEX, HAP, hydrocarbures aliphatiques, PCB...) Valorisation des terres traitées	Coût. Transport. Efficacité dépendante en particulier de la granulométrie, de la porosité, de la teneur en eau et de la concentration en matières organiques	180 € HT/t

Filière	Avantages	Inconvénients	Estimation du coût
Incinération	Traitement des terres, efficace même pour des terres fortement polluées. Destruction des composés organiques. Les métaux sont concentrés dans les résidus d'épuration des fumées et dans les résidus solides de la combustion. Utilisation de l'énergie dégagée par la combustion des polluants.	Coût. Transport. Dépend de la structure du sol et de la charge polluante. Traitement des résidus de l'épuration des fumées. Traitement des résidus solides de la combustion	300 € HT/t

Les coûts relatifs à cette mesure peuvent être estimés de la manière suivante en considérant chaque filière adaptée à la qualité des terres :

**Tableau n°21: Coûts de traitement des sols en gestion hors site**

Sondage	Couche analysée	Superficie associée approximative (m <sup>2</sup> )	Epaisseur des impacts identifiés (m)	Paramètres non conformes ISDI	Volume (m <sup>3</sup> )	Tonnage (T)	Filière envisageable	Coût de filière (C HT)	Suroût de gestion / ISDI (C HT)
<b>Gestion des terres non inertes à excaver</b>									
A3	2,7-3	60	0,3	HCT = 3820 mg/kg PCB = 100 mg/kg Sb = 0,71 mg/kg	18	32,4	Incinération	9 720 €	9 396 €
A4	2,5-3	75	0,5	HAP = 54 mg/kg	37,5	67,5	Biocentre	5 400 €	4 725 €
A13	0,1-0,8	230	0,7	Sb = 0,09 mg/kg	161	289,8	ISDI-a	14 490 €	11 592 €
S14	1-2	220	1	Sb = 0,086 mg/kg	220	396	ISDI-a	19 800 €	15 840 €
<b>Gestion des pollutions concentrées</b>									
A3	3-4	60	1,00	HCT = 1300 mg/kg	60	108	Biocentre	8 640 €	8 640 €
A4	3-3,5	75	0,50	HAP = 54 mg/kg	38	67,5	Biocentre	5 400 €	5 400 €
A19	0,4-1,3	160	0,90	HAP = 67 mg/kg	144	259,2	Biocentre	20 736 €	20 736 €
A20	1,1-2,9	90	1,80	HAP = 130 et 350 mg/kg HCT = 1060 mg/kg	162	291,6	ISDND	33 534 €	33 534 €
S16	3-4	140	1,00	HAP = 58 mg/kg	140	252	Biocentre	20 160 €	20 160 €
S21	3-3,5	55	0,50	HAP = 94 mg/kg	28	49,5	Biocentre	3 960 €	3 960 €
<b>TOTAL</b>					<b>1008</b>	<b>1814</b>		<b>141 840 €</b>	<b>133 983 €</b>

Le coût de gestion hors site des sols pollués et non inertes est donc estimé à **environ 142 k€**, soit un surcoût estimé à environ 134 k€ par rapport à une gestion de terres inertes.

La durée des travaux d'évacuation de terres est estimée à environ 1 mois.

Nous rappelons que les critères retenus pour l'acceptation des terres en décharge, toutes catégories confondues, sont différents d'un centre de stockage à l'autre et que, de ce fait, l'acceptation des terres reste spécifique à chaque centre.

Il conviendra donc de consulter plusieurs centres au moment des évacuations.

**Des optimisations seront également à envisager au stade de la consultation des entreprises et des travaux (actualisation des filières, étude des plateformes de regroupement, caractérisation affinée des lots en cours de travaux,...).**

- **Scénario n°2 : Gestion sur site par désorption thermique**

Cette technique consiste à chauffer les terres contaminées aux conditions physiques (température, pression, temps de séjour) suffisantes pour que les polluants s'évaporent (phase de désorption). Ces polluants, une fois en phase gazeuse, font l'objet d'une combustion complète et tous les composants organiques sont définitivement détruits.

Les polluants peuvent être utilisés comme source d'énergie dans la combustion et contribuer favorablement au bilan énergétique du procédé.

Cette technique est basée sur un traitement en deux phases :

- 1 - Evaporation des polluants organiques contenus dans la matrice minérale, principalement par élévation de la température et transfert de ces polluants dans la phase vapeur ;
- 2 - Oxydation des polluants organiques contenus dans cette phase vapeur par combustion (transformation en CO<sub>2</sub> et en H<sub>2</sub>O).

Le procédé peut consister à placer, selon un maillage ad hoc, un ensemble d'éléments chauffants dans la pile de terres polluées à traiter. Dans ce cas, ces éléments chauffants sont constitués de 2 tubes coaxiaux en acier ainsi que d'un tube supplémentaire perforé. Lors du fonctionnement de l'installation, les tubes coaxiaux (éléments chauffants) sont parcourus par des gaz (résultant de la combustion de propane ou de méthane avec un excès d'oxygène) à haute température (700- 750°C) en provenance d'un brûleur situé à l'extrémité du tube (en-dehors de la pile). Ces gaz circulent dans les tubes coaxiaux et transmettent leur chaleur par conduction au sol sans jamais y pénétrer (les gaz chauffants restent à l'intérieur des tubes). Ce transfert de chaleur au sol par conduction provoque l'évaporation et la désorption des contaminants volatils et semi-volatils.



*Photographie d'une pile de traitement par désorption thermique sur site*

Les coûts relatifs à cette mesure sont synthétisés dans le tableau suivant :

**Tableau n°22: Coûts de traitement des sols en gestion sur site par désorption thermique**

Sondage	Couche analysée	Superficie associée approximative (m <sup>2</sup> )	Epaisseur des impacts identifiés (m)	Paramètres non conformes ISDI	Volume (m <sup>3</sup> )	Tonnage (T)	Traitement envisageable	Coût de filière (C HT)	Surcoût de gestion / ISDI (C HT)
<b>Gestion des terres non inertes à excaver</b>									
A3	2,7-3	60	0,3	HCT = 3820 mg/kg PCB = 100 mg/kg Sb = 0,71 mg/kg	18	32,4	DT sur site puis réutilisation sur site	5 832 €	5 508 €
A4	2,5-3	75	0,5	HAP = 54 mg/kg	37,5	67,5	DT sur site	12 150 €	11 475 €
A13	0,1-0,8	230	0,7	Sb = 0,09 mg/kg	161	289,8	ISDI-a	14 490 €	11 592 €
S14	1-2	220	1	Sb = 0,086 mg/kg	220	396	ISDI-a	19 800 €	15 840 €
<b>Gestion des pollutions concentrées</b>									
A3	3-4	60	1,00	HCT = 1300 mg/kg	60	108	DT sur site	19 440 €	19 440 €
A4	3-3,5	75	0,50	HAP = 54 mg/kg	38	67,5	DT sur site	12 150 €	12 150 €
A19	0,4-1,3	160	0,90	HAP = 67 mg/kg	144	259,2	DT sur site	46 656 €	46 656 €
A20	1,1-2,9	90	1,80	HAP = 130 et 350 mg/kg HCT = 1060 mg/kg	162	291,6	DT sur site	52 488 €	52 488 €
S16	3-4	140	1,00	HAP = 58 mg/kg	140	252	DT sur site	45 360 €	45 360 €
S21	3-3,5	55	0,50	HAP = 94 mg/kg	28	49,5	DT sur site	8 910 €	8 910 €
<b>TOTAL</b>					<b>1008</b>	<b>1814</b>		<b>237 276 €</b>	<b>229 419 €</b>

Le coût de gestion sur site des sols pollués et non inertes est donc estimé à **environ 237 k€**, soit un surcoût estimé à environ 230 k€ par rapport à une gestion de terres inertes.

Ces coûts doivent être complétés des coûts suivants :

- Terrassement des terres polluées : 1 010 m<sup>3</sup> x 4 €/m<sup>3</sup> = **env. 4 k€**
- Essais pilote = **10 k€**

La durée des travaux de traitement de terres est estimée à **environ 6 à 12 mois**.

L'élimination des terres ainsi traitées est envisagée en ISDI excepté pour les mailles A3, A13 et S14 qui présentent de l'antimoine sur éluât. Ces terres devront donc être réutilisées sur site (contre-voile, substitution de terre inerte, sous voirie,...).

## 6.4 SYNTHÈSE DU BILAN COÛTS / AVANTAGES

### 6.4.1 BILAN COÛTS / AVANTAGES

Compte tenu des scénarios de gestion identifiés, la démarche suivante se base sur une approche coûts / avantages prenant en compte les critères d'appréciation suivants :

- les mesures de nature techniques ;
- les coûts économiques correspondants ;
- les perspectives du développement durable et de bilan environnemental global.

L'analyse coûts / avantages est vouée à évoluer dans le temps, en fonction des données sur la connaissance du site et l'évolution du projet. En cas de nouvelles informations, elles seront intégrées dans le Plan de Gestion et discutées dans le bilan coûts / avantages.

Le tableau suivant présente les coûts associés à chaque technique de réhabilitation, les avantages et les contraintes correspondants.

**Tableau n°23 : Bilan coûts / avantages des scénarios de dépollution**

	Scénario n°1 (gestion hors site)	Scénario n°2 (mixte hors site et sur-site par DT)
Type de mesures	- Envoi de la totalité des terres en filières adaptées	- Gestion sur site par désorption thermique des pollutions concentrées et des terres non inertes excavées - Elimination en ISDI des terres traitées compatibles - Réutilisation sur site dans le projet des terres présentant de l'antimoine sur éluats
Coût de gestion des terres (K€HT)	142	251
Surcoût de gestion des terres polluées et non inertes par rapport à une gestion en ISDI (K€HT)	134	243
Coûts annexes (K€HT): MOE, réception, servitudes...	20	30
<b>Coût global "dépollution" (K€HT)</b>	<b>162</b>	<b>281</b>
<b>Surcoût "dépollution" (K€HT)</b>	<b>154</b>	<b>273</b>
Délai (hors phase consultation, validations, réflexions,...)	1 mois	6 à 12 mois
Avantages	Délai Résultat garanti	Solution plus garantie en termes de résultats sur les pollution sites plus concentrées dans les sols Moins d'évacuation en filière Traitement de l'ensemble des polluants présents dans les sols Coût de la filière et aspect environnemental de celle-ci
Points à examiner	Validation des filières	Validation des filières après traitement Possibilités de réutilisation sur site des terres traitées et présentant de l'antimoine
Inconvénients/risques	Transports (émissions de CO2) Maintien d'une pollution résiduelle au droit du site (servitudes à mettre en place)	Délai Risque non négligeable de résultats insatisfaisants Transports (émissions de CO2) Technique de traitement énergivore Maintien d'une pollution résiduelle au droit du site (servitudes à mettre en place)

#### 6.4.2 MESURE DE GESTION RETENUE

Au regard du bilan coûts / avantages ci-dessus, une grille de notation selon des critères pertinents préétablis et validés avec la maîtrise d'ouvrage (y compris concernant leur pondération) a été mise en œuvre afin de hiérarchiser les scénarios de gestion proposés et de retenir le plus avantageux.

**Tableau n°24 : Grille de notation des critères pour chaque scénario**

	pondération ( / 100 )	Scénario n°1		Scénario n°2	
		Gestion hors site	Note pondérée	Traitement mixte hors site et sur-site	Note pondérée
Coût des travaux	20	5	100	3	60
Durée de réalisation des travaux	20	5	100	2	40
Nuisances / bilan carbone	5	2	10	3	15
Impact paysager	5	5	25	4	20
Mobilité / accès chantier	5	4	20	3	15
Fiabilité / atteinte des objectifs de dépollution	35	5	175	3	105
Contraintes sur les aménagements futurs	10	4	40	3	30
<b>Bilan technico-économique global</b>			<b>470</b>		<b>285</b>
<b>CLASSEMENT FINAL</b>			<b>1</b>		<b>2</b>

Notation de 1 (moins important) à 5 (plus important)

Au regard de cette grille, le scénario de traitement apparaissant le plus pertinent sur le plan technico-économique est le scénario de **gestion hors site (scénario n°1)**. Il permet en effet de garantir un résultat sur les objectifs de gestion dans les sols dans un délai minimum et pour un coût optimisé.

**Les calculs de risques sanitaires résiduels montrent ainsi l'absence de risques sanitaires pour le nouvel usage envisagé après ces travaux de dépollution envisagés.**

Nous signalons que certains coûts ne sont pas pris en compte à ce stade du bilan coûts / avantages :

- Les éventuels coûts de démantèlement et démolition des bâtiments et ouvrages ;
- Les coûts liés aux remblaiements, aux terrassements complémentaires, et à l'adaptation des fondations profondes ;
- Les coûts éventuels d'études complémentaires ;
- Les coûts de mise en œuvre d'une ventilation mécanique ;
- L'actualisation des coûts en fonction des conditions économiques du moment.

## **6.5 DISPOSITIONS PARTICULIÈRES**

### **a- Dispositions constructives**

Compte tenu de la présence probable de pollutions volatiles résiduelle après traitement au droit du projet, il est recommandé de mettre en place une ventilation mécanique dans le futur sous-sol pour assurer un sous-sol largement ventilé (minimum 0,5 V/h comme pris en compte dans le calcul de risque sanitaire).

### **b- Recommandations spécifiques**

Il y aura lieu d'éviter le passage des réseaux d'eau potable dans des terres polluées du site. Les canalisations d'adduction en eau potable seront neuves et devront être protégées des remblais du site par remblaiement des tranchées avec des terres saines drainantes.

## **7- ANALYSE DES RISQUES SANITAIRES PREDICTIVE**

## 7.1 DEMARCHE METHODOLOGIQUE

L'Analyse des enjeux sanitaire (prestation A320) permet d'évaluer les risques sanitaires pour l'homme, liés à présence de polluants, dans des situations d'expositions chroniques, à long terme.

L'Analyse des enjeux sanitaire est mise en œuvre lorsque les informations disponibles sur un site ne permettent pas de conclure de façon simple sur l'existence d'un risque sanitaire et sur les modalités de maîtrise de ce risque. Elle est réalisée selon la démarche suivante :

- Le rappel du contexte de gestion ;
- la collecte et l'analyse des données (investigations réalisés, projet, mesures de gestion...) ;
- l'évaluation des dangers (données toxicologiques et propriétés physico-chimiques) ;
- l'identification des cibles possibles et l'évaluation des expositions probables (schéma conceptuel) ;
- la caractérisation des risques sanitaires (identification et quantification) ;
- les commentaires sur les résultats de l'étude.

L'objectif est de s'assurer de la compatibilité de l'état environnemental du site avec la situation actuelle ou avec le projet. En fonction du contexte, les calculs de risques sanitaires sont réalisés :

- dans une situation en l'état (avant toute mesure de gestion) : Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) ;
- selon le projet et l'état résiduel attendu : Analyse des Risques Résiduels (ARR), prédictive ;
- selon l'état constaté après travaux : Analyse des Risques Résiduels (ARR), en fin de travaux.

Pour cette étude, il s'agira d'une **Analyse des Risques Résiduels (ARR), prédictive**.

Les principes de précaution et de proportionnalité sont observés dans le cadre de cette étude et, conformément au principe de spécificité, les données propres au site sont utilisées lorsqu'elles sont disponibles. En leur absence, des données issues de la littérature, référencées dans cette étude, ont été prises en compte.

Compte tenu des connaissances scientifiques actuelles et des incertitudes inhérentes à l'évaluation des risques, l'évaluateur est amené à faire des hypothèses et à prendre des options pour mener à bien son analyse. L'ensemble de ces éléments sera détaillé dans la suite du chapitre.

## 7.2 EVALUATION DES DANGERS

### a- Propriétés physico-chimiques des substances

Les propriétés physico-chimiques des substances permettent de déterminer leur comportement dans l'environnement et sont un des critères de sélection pour les composés à retenir dans l'évaluation des risques. Ces propriétés sont listées à partir de plusieurs bases de données internationales :

- ✓ **la pression de vapeur** : elle indique la tendance d'un composé à se volatiliser depuis la phase libre (phase flottante) ;
- ✓ **la constante de Henry** : elle indique la tendance d'un composé à se volatiliser depuis la phase aqueuse (phase dissoute) ;
- ✓ **les coefficients d'adsorption** :
  - le Kow, coefficient de partition octanol/eau, indique la tendance du composé à être hydrophile ou hydrophobe ;
  - le Koc, coefficient d'adsorption sur la matière organique.



#### **b- Toxicologie des substances, relations dose-effet**

La toxicité d'une substance dépend de la concentration du composé, de la durée et de la voie d'exposition de l'organisme humain (et des organes cibles). Pour chaque substance, différents types d'effets sont possibles (selon les recommandations du Ministère de la Santé) :

- **Substances ayant des effets non cancérigènes**, les experts s'accordent sur l'existence d'une dose seuil nécessaire à la manifestation de l'effet sanitaire. Une valeur toxicologique de référence **à seuil** est donc à utiliser par le pétitionnaire.
- **Substances ayant des effets cancérigènes mutagènes ou génotoxiques**, les experts s'accordent sur leur mode d'action sans seuil. Une VTR **sans seuil** est donc la seule utilisable par le pétitionnaire. Dans ce cas, la VTR doit s'exprimer sous forme d'un excès de risque unitaire.
- **Substances ayant des effets cancérigènes non génotoxiques**, sous réserve que ceux-ci aient été démontrés, il est admis qu'il existe une dose seuil. Une VTR **à seuil** est donc à utiliser par le pétitionnaire, valeur à privilégier sur l'éventuelle existence d'une valeur sans seuil.

Ainsi, il est indiqué dans la suite du rapport :

- **Substances à seuil d'effet : chronique à seuil et/ou cancérigène à seuil ;**
- **Substances sans seuil d'effet : chronique sans seuil et/ou cancérigène sans seuil.**

#### **c- Sélection des valeurs toxicologiques de référence**

La sélection des VTR a été réalisée selon les recommandations du Ministère de la Santé, du 30 mai 2006, actualisées le 31/10/2014 (réf. *DGS/EA1/DGPR/2014/307*). Les organismes de références (INERIS, ANSES...) mettent régulièrement à jour le choix des VTR.

Concernant les hydrocarbures (fractions aliphatiques et aromatiques), les valeurs de référence sont issues des études toxicologiques recensées par l'US EPA, en particulier le Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group (dans le document « Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group Series », Volume 4, 1997).

#### **d- Outils d'évaluation des risques**

Le **risque sanitaire** est évalué par le calcul :

- d'un **quotient de danger** théorique (QD) pour les substances à seuil d'effets,
- d'un **excès de risque individuel** théorique (ERI), pour les substances sans seuil d'effet.

Pour chaque voie d'exposition, les calculs sont réalisés en fonction :

- de la **concentration inhalée** théorique (CI) pour l'inhalation de gaz (en mg/m<sup>3</sup>) ;
- de la **dose journalière d'exposition** théorique (DJE) pour l'ingestion, le contact cutané ou l'inhalation de poussières (en mg/kg/j) ;
- de la **valeur toxicologique de référence** (VTR) retenue pour la substance testée et la voie d'exposition (inhalation, ingestion ou contact cutané).

**Tableau n°25: Équations générales du calcul de risques sanitaires**

	Voies d'expositions	
	Ingestion	Inhalation
Substances à seuil d'effets	$QD = DJE / VTR$	$QD = CI / VTR$
Substances sans seuil d'effets	$ERI = DJE * VTR$	$ERI = CI * VTR$

**e- Critères d'acceptabilité des risques sanitaires**

Dans notre étude, il a été pris en compte systématiquement les effets cancérigènes et non cancérigènes, lorsqu'ils existent. Tous les modes d'exposition seront traités en effets chroniques, correspondant à de longues durées d'expositions (supérieures à 7 ans pour l'US EPA, supérieures à 1 an pour l'ATSDR).

Le cumul des effets entre voies et substances sera réalisé selon la méthodologie suivante :

- **Pour les effets à seuil : addition des quotients de danger (QD)** pour les substances ayant le même mécanisme d'action toxique sur le même organe cible. Par précaution, en première approche, la sommation globale des quotients de danger sera réalisée ;
- **Pour les effets sans seuil : addition de tous les excès de risques individuels (ERI).**

Conformément à la méthodologie nationale issue des circulaires de 2007, les seuils suivants sont retenus :

- Pour les **substances à seuil d'effets**, le quotient de danger théorique (QD) doit être inférieur à 1. L'apparition d'un effet toxique ne peut être exclue lorsque la valeur du QD est supérieure à 1.
- Pour les **substances sans seuil d'effet**, l'excès de risque individuel théorique (ERI) doit être inférieur à  $10^{-5}$ . Le seuil de  $10^{-5}$  correspond à la probabilité d'apparition d'un cas supplémentaire de cancer sur une population de 100 000 personnes exposées.

**7.3 EVALUATION DES EXPOSITIONS**

**a- Éléments de l'évaluation**

Pour la quantification des expositions potentielles, les éléments suivants sont examinés :

- les valeurs sources au point d'émission ;
- les modalités de transfert et les éventuels phénomènes d'auto-atténuation dans le milieu naturel, ces derniers pouvant être la dégradation des polluants et/ou leur rétention par le sol ;
- l'estimation des expositions probables des populations sur site en milieu ouvert ou fermé, suivant les différentes voies d'exposition (inhalation, consommation d'eau, ingestion d'aliments, contact direct...);
- l'évaluation du caractère tolérable du risque basé sur la comparaison entre :
  - o les niveaux d'exposition prévisible pour les riverains et usagers du site ;
  - o les valeurs d'exposition environnementale de référence pour les éléments cancérigènes et non cancérigènes.

## **b- Scénarios étudiés**

Dans le cadre du projet, la voie par ingestion ou par contact direct prolongé avec les sols n'est pas considérée : les terrains du site seront recouverts par un horizon sain et pérenne. Au regard du contexte environnemental et de la dilution par le vent, l'exposition dans les zones en extérieur ne sera pas retenue.

Au regard des teneurs, les milieux et modes d'expositions retenus sont : **l'air intérieur des bâtiments**, par l'inhalation de composés volatils en provenance des gaz du sol.

Les cibles potentiellement exposées seront les personnes qui fréquenteront le site :

- résidents des logements et de l'hôtel (adultes et enfants) ;
- employés du site ;
- clients et usagers du site ;
- usagers des parkings en sous-sol (résidents, employés, usagers).

On étudiera de façon simplifiée pour le modèle, les scénarios d'expositions pénalisants suivants :

Au droit des bâtiments sur sous-sol :

- logements considérés au RdC (sur R-1) : résidents (adultes et enfants) ;
- commerces et musée au RdC (sur R-1) : employés ;
- parkings en sous-sol au R-1 : résidents (adultes et enfants), employés.

Pour le modèle, on considère un local « type » de 10 x10 m (note : la prise en compte de la dimension réelle des bâtiments est étudié dans l'étude de sensibilité).

## **c- Exposition par inhalation de vapeurs en air intérieur**

Pour la voie d'exposition par inhalation, les concentrations estimées des substances dans l'air respiré, sont calculées à partir des concentrations mesurées dans les gaz du sol afin de modéliser les dégazages depuis les sols (horizon non saturé) et/ou les eaux souterraines (horizon saturé).

La modélisation des expositions par inhalation est réalisée à partir des équations de Millington et Quirk, et de l'équation de Fick.

Les calculs des concentrations des substances dans l'air intérieur ont été réalisés à partir du modèle de Johnson et Ettinger (version 3.1, 02/2004). L'intérêt de ce modèle est qu'il simule le transport de vapeurs par diffusion et par convection vers l'air intérieur des bâtiments, en considérant qu'il existe des fissures « théoriques » dans les planchers du bâtiment.

Les équations de ce modèle sont présentées en **annexe 18.01**.

Dans les bâtiments, on considère qu'une partie des composés volatils accumulés dans les niveaux bas peut impacter l'air intérieur des niveaux supérieurs. Selon l'étude citée par l'INERIS <sup>1</sup>, nous retiendrons un taux de transfert de 52 %, correspondant au maximum des mesures pour des « planchers béton ». Un risque sanitaire est ensuite calculé pour chaque valeur d'exposition théorique.

<sup>1</sup> Rapport INERIS (DRC-05-57278-DESP/R03a, 15/04/2005) : étude des modèles d'évaluation de l'exposition et des risques liés aux sols pollués : modélisation du transfert de vapeurs du sous-sol ou du vide sanitaire vers l'air intérieur.

Remarque : d'après cette étude, la moyenne du taux de transfert est mesurée à 9,6 %. Certains modèles de transfert (HESP et CSOIL) ont retenu par défaut un taux de transfert de 10 %. La valeur retenue de 52% est donc sécuritaire.

## 7.4 PARAMETRES D'ENTREE

Les paramètres permettant d'estimer les concentrations dans l'air sont déterminés à partir : des données de terrain, des caractéristiques du site (bâtiments, usages...), et des données issues de la littérature pour les paramètres non mesurés.

### a- Type de sol

Au niveau du futur fond de fouille (3,0 m/TN), les terrains sont formés par des remblais de sable et graviers avec débris divers, reposant sur des alluvions de sable et graviers ou directement sur le schiste altéré.

Dans le cadre des modèles d'expositions (Johnson & Ettinger, RISC...), les types de sols correspondent à la classification US Soil Conservation. Dans une démarche sécuritaire, le type de sol sera défini par celui le plus pénalisant (plus perméable). Il s'agit de sol de type sable : « Sand » (S).

### b- Exposition en air intérieur : Bâtiment de plain-pied

**Tableau n°26: Caractéristiques environnementales : Bâtiment sur sous-sol**

Paramètres		Valeur	Justification
Température sol / eau	Ts	10°C	Valeur J&E par défaut (pénalisant)
Type de sol	-	« S »	
Porosité du sol	$\theta$	0,375 cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	Valeur J&E pour un sol type « Sand »
Teneur en eau résiduelle	$\theta_w$	0,054 cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	
Teneur en air maximal	$\theta_{air}$	0,321 m <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	Valeur calculée d'après les données J&E
Densité du sol	$\rho$	1,66 g/ cm <sup>3</sup>	Valeur J&E pour un sol type « Sand »
Perméabilité (intrinsèque) des sols aux vapeurs	Ki	9,92.10 <sup>-12</sup> m <sup>2</sup>	Valeur J&E pour un sol type « Sand »
Profondeur de la source gaz	Lg	3,0 m/RdC	Présence de la source gaz du sol directement sous le plancher bas du R-1

**Tableau n°27: Caractéristiques des bâtiments : Bâtiment sur sous-sol**

Paramètres		Valeur	Justification
Dimensions du bâtiment (longueur et largeur) :	Lb, Wb	10 x 10 m	Données du projet arrondies pour le modèle
Profondeur du bâtiment (fondations) :	LF	3,0 m/RdC	
Hauteur de l'espace clos (h. sous plafond)	Hb	2,5 m	
Taux de renouvellement d'air intérieur	ER	0,5 vol/h	Valeur estimée * (ventilation naturelle)
Épaisseur du plancher bas : R-1	Lcrack	20 cm	Valeur estimée
Épaisseur des fissures théoriques à la limite plancher / mur	w	0,1 cm	Valeur J&E par défaut
Ratio ouvertures / surface de dalle	n	1,82.10 <sup>-4</sup>	Valeur calculée par le modèle
Gradient de pression (entre sol et bâtiment) :	$\Delta P$	40 g/cm-s <sup>2</sup>	Valeur estimée pour un bâtiment sur sous-sol

\* : On considère une ventilation naturelle à un taux de 0,5 vol/h en continu (hypothèse pénalisante).

**Tableau n°28: Caractéristiques des usagers du site : Bâtiment sur sous-sol**

Paramètres		Valeur	Justification
Temps moyen : risque cancérigène risque non cancérigène	ATc ATnc	70 ans durée d'expositions	recommandations INERIS : durée de la vie selon durées d'expositions
Durée d'expositions : - résidents adultes - résidents enfants - employés	ED	30 ans 6 ans 42 ans	recommandations INERIS et US EPA
Fréquence des expositions en RdC : - résidents adultes - résidents enfants - employés	EF	250,9 j/an (24h/24) 250,9 j/an (24h/24) 68,8 j/an (24h/24)	recommandations CIBLEX et INVS 16,5 h/j, 365 j/an 16,5 h/j, 365 j/an 7,5 h/j, 220 j/an
Fréquence des expositions en R-1 : - résidents adultes - résidents enfants - employés	EF	7,6 j/an (24h/24) 7,6 j/an (24h/24) 4,6 j/an (24h/24)	recommandations CIBLEX et INVS 0,5 h/j, 365 j/an 0,5 h/j, 365 j/an 0,5 h/j, 220 j/an

Par convention, les cibles « enfants » correspondent aux jeunes enfants (0-6 ans), les plus exposés.

#### c- Substances retenues

La sélection des substances à retenir pour la réalisation de l'évaluation des risques d'exposition est réalisée à partir des critères suivants :

- les concentrations mesurées dans les différents milieux (sol, eau, air interstitiel) ;
- la représentativité des impacts détectés dans les différents milieux ;
- les propriétés physico-chimiques des composés ;
- la classe de cancérogénicité et les valeurs toxicologiques de référence des substances.

#### d- Teneurs retenues

Dans le cadre de cette étude, les teneurs retenues sont **les teneurs maximales détectées dans les gaz du sol (avril 2019)**, présentées dans le tableau ci-dessous. Il est reconnu que la prise en compte des gaz du sol permet de se placer dans des conditions plus réalistes pour la modélisation de transferts de vapeurs issues du sol.

Les fractions hydrocarbures ont été regroupées selon la répartition des valeurs toxicologiques de référence disponibles. Les limites de quantification du laboratoire ont été retenues comme minima pour les composés non détectés.

**Tableau n°29: Teneurs maximales retenues**

Paramètres	GAZ DU SOL (RdC/R-1 : Pg1 à Pg3)		Sélection pour l'ARR prédictive
	microg/m <sup>3</sup>	réf.	
<b>Hydrocarbures aliphatiques</b>			
Aliphatiques C5-C6	5 367	PG1	retenu
Aliphatiques >C6-C8	1 784	PG1	retenu
Aliphatiques >C8-C10	8 494	PG1	retenu
Aliphatiques >C10-C12	3 822	PG1	retenu
Aliphatiques >C12-C16	776	PG1	retenu
<b>Hydrocarbures aromatiques</b>			
Benzène	116	PG1	retenu
Toluène	66	PG1	retenu
Ethylbenzène	29	PG1	retenu
Xylènes	71	PG1	retenu
Cumène	<7,7	LQ	retenu
Ethyltoluènes	21	PG1	non retenu (pas de VTR)
1,3,5-Triméthylbenzène	10	PG1	retenu
1,2,4-Triméthylbenzène	19	PG1	retenu
Naphthalène	<7,7	LQ	retenu
<b>COHV</b>			
Tetrachlorométhane	<7,7	LQ	retenu
Trichlorométhane	<7,7	LQ	retenu
Dichlorométhane	<7,7	LQ	retenu
Tetrachloroéthylène	1 043	PG2	retenu
Trichloroéthylène	58	PG2	retenu
cis 1,2-Dichloroéthylène	<7,7	LQ	retenu
Chlorure de vinyle	<7,7	LQ	retenu
1,1,1-Trichloroéthane	<7,7	LQ	retenu
1,1-Dichloroéthane	7,7	PG1	retenu
1,1-Dichloroéthylène	<7,7	LQ	retenu

**e- Valeurs toxicologiques de référence retenues**

Les valeurs toxicologiques retenues sont présentées en **annexe 18.02** avec les caractéristiques des substances retenues.

**7.5 RESULTATS DES CALCULS DE RISQUES**

Dans le cadre d'une évaluation des risques sanitaires, pour chaque substance, les concentrations sont calculées au point d'exposition à partir des milieux retenus : « gaz du sol ». Les concentrations calculées au point d'exposition sont ensuite utilisées pour le calcul des risques liés à cette substance.

Selon la méthodologie nationale de gestion de sites pollués, les concentrations estimées dans l'air intérieur sont comparées aux **valeurs d'analyse de la situation (VAS)** : seuils R1, R2, R3.

- le seuil R1 correspond aux valeurs de gestion qui sont par ordre de priorité : les valeurs réglementaires disponibles, les valeurs cibles ou repères du HCSP, les VGAI de l'ANSES, et à défaut, les VTR sélectionnées ramenées en concentration d'exposition ;
- le seuil R2 correspond, dans la plupart des cas : aux valeurs réglementaires ou aux seuils d'action définis par le HCSP, dans les autres cas, les valeurs sélectionnées par l'INERIS ;
- le seuil R3 correspond : aux valeurs « à court terme » sélectionnées par l'INERIS.

**Abréviations :**

- VTR : valeur toxicologique de référence, pour exposition (aigue ou chronique) par inhalation ;
- VGAI : valeur guide de l'air intérieur (ANSES) ;
- Valeur Repère et Valeur d'Action rapide (HCSP).

**Pour l'ensemble des scénarios, les concentrations calculées au point d'exposition ne montrent aucun dépassement des valeurs d'analyse de la situation (R1, R2, R3).**

Les tableaux ci-après présentent les résultats des calculs des risques sanitaires (ERI et QD) réalisés scénario par scénario, en distinguant les cibles adultes et enfants. Les calculs de risques ont été comparés aux valeurs recommandées par la méthodologie nationale : valeur de  $10^{-5}$  pour les effets sans seuil et valeur de 1 pour les effets à seuil.

Les résultats détaillés des calculs sont fournis en **annexe 18.03**.

**Tableau n°30: Résultats des risques sanitaires**

Seuils	Résidents adultes		Résidents enfants	
	Substances sans seuil ERI	Substances à seuil QD	Substances sans seuil ERI	Substances à seuil QD
Scénarios	< $10^{-5}$	< 1	< $10^{-5}$	< 1
Logements (RdC)	$1,05 \cdot 10^{-6}$	0,021	$2,1 \cdot 10^{-7}$	0,021
Parkings (R-1)	$6,13 \cdot 10^{-8}$	$1,24 \cdot 10^{-3}$	$1,23 \cdot 10^{-8}$	$1,24 \cdot 10^{-3}$

Seuils	Employés	
	Substances sans seuil ERI	Substances à seuil QD
Scénarios	< $10^{-5}$	< 1
Commerces ou Musée (RdC)	$4,03 \cdot 10^{-7}$	$5,84 \cdot 10^{-3}$
Parkings (R-1)	$5,17 \cdot 10^{-8}$	$7,49 \cdot 10^{-4}$

**Selon l'état résiduel attendu après travaux, les niveaux de risques sanitaires prédictifs sont inférieurs aux seuils recommandés selon la méthodologie nationale. L'ensemble de ces éléments et les mesures de gestion envisagées permettent de conclure à la compatibilité de l'état du site avec l'usage prévu.**

**Étude sur les incertitudes :**

La discussion sur les incertitudes des calculs des risques est présentée en **annexe 18.04**.

Pour affiner l'évaluation des incertitudes, une étude de sensibilité des principaux paramètres intervenant dans le calcul de risque a été réalisée. **La variation des principaux paramètres de façon pessimiste a confirmé l'acceptabilité du risque sanitaire.** En particulier, le scénario cumulatif considérant un enfant résidant sur site, devenant un adulte résident et travaillant sur le site, aboutit à des risques sanitaires inférieurs aux seuils recommandés selon la méthodologie nationale.

## **8- CONTROLE DES TRAVAUX ET RECOLEMENT**



## **8.1 MESURES DE CONTROLES DES EXPOSITIONS EN PHASE CHANTIER**

La réalisation de projets ou travaux pouvant comporter un contact direct ou indirect (par le biais de poussières notamment) avec les terrains contaminés devra être précédée d'une évaluation des risques par l'entreprise.

Cette évaluation définira, en conformité avec la réglementation en vigueur, les mesures de prévention qui seront mises en œuvre lors des travaux, de manière à protéger :

- la santé et la sécurité des travailleurs ;
- l'environnement et notamment les sols, les eaux souterraines et superficielles, la qualité de l'air ;
- la sécurité des riverains et la santé publique.

Des consignes d'hygiène et sécurité (plan de prévention) devront être mises en place préalablement au commencement de travaux sollicitant le sol et le sous-sol.

En particulier, l'entreprise veillera à limiter les expositions du personnel en phase travaux :

### **a- Équipements de protections individuelle et collective**

En raison de la présence de polluants dans les sols, les entreprises limiteront au maximum le contact direct avec les terres afin d'éviter tout risque d'ingestion ou de contact cutané avec des terres polluées. Il s'agira en particulier du port de gants et masques (anti-poussières, protection contre les polluants volatils).

En cas de fortes odeurs au niveau d'une fouille, des équipements de protection respiratoire spécifiques (masque à cartouche, ventilation assistée) devront également être mis à la disposition des travailleurs exposés.

Ces préconisations seront indiquées et prise en compte dans le cadre du PGC et des PPSPS des entreprises.

### **b- Limitation de l'envol des poussières**

Les entreprises limiteront au maximum l'envol des poussières par un arrosage des terres, un bâchage des camions, un nettoyage des voies et chaussées...

## **8.2 MESURES DE CONTROLES DES OPERATIONS DE DEPOLLUTION**

### **a- Dépollution des sols**

Nous recommandons que le maître d'ouvrage soit assisté par un BET spécialisé pour assurer la maîtrise d'œuvre de dépollution.

Un Cahier des Charges (CCTP) sera à rédiger pour expliciter les objectifs de dépollution et de réhabilitation du site. Il comprendra, entre autres, toutes les mesures de précautions nécessaires en phase chantier.

Le suivi d'exécution des travaux, pouvant être réalisé par un maître d'œuvre de dépollution (bureau d'études spécialisé), devra comprendre à minima les points suivants :

- la réalisation d'un suivi sur site de l'évacuation des terres et des travaux de dépollution in-situ ;
- l'établissement d'un rapport de fin d'intervention. Ce rapport reprendra l'historique du chantier avec les travaux effectués, les contrôles réalisés, les incidents éventuels, les bordereaux de suivi de déchets (BSD) et l'état des lieux sur le site après les travaux (avec plans de récolement).

Le BET spécialisé aura également pour mission de mettre en œuvre une ARR de fin de travaux après dépollution, basée sur une seconde campagne d'analyses des gaz du sol en fond de fouille, pour valider l'absence de risque sanitaire pour le futur usage.

#### **b- Récolement et fin de travaux de dépollution**

En fin de travaux, un contrôle du respect des objectifs de réhabilitation sera effectué. De plus un rapport de récolement sera établi. Celui-ci reprendra le bilan de toutes les opérations concernant la gestion des terres polluées ou le traitement in-situ, en particulier :

- le récapitulatif du déroulement des opérations de réhabilitation ;
- la cartographie des zones réhabilitées associées aux valeurs finales ;
- les documents de traçabilité et d'élimination des déchets et terres polluées ;
- les éléments nécessaires à l'instauration des restrictions d'usage
- le bilan des opérations de traitement in-situ et des mesures de contrôle.

### **8.3 PLAN DE SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE**

Sur la base des impacts résiduels sur site en fin de travaux de dépollution, il s'agira de prévoir une surveillance environnementale, afin de surveiller l'efficacité des mesures de gestion mises en œuvre.

### **8.4 CONSERVATION DE LA MEMOIRE**

Pour un site donné, l'outil le mieux adapté pour s'assurer dans le temps de l'adéquation de l'usage du site avec le niveau de pollution résiduelle, est la **mise en place de servitudes**. Les servitudes applicables aux sites pollués ont pour but de :

- restreindre l'occupation ou l'utilisation anormale du milieu ;
- permettre la surveillance et la maintenance des installations après traitement pour assurer leur pérennité ;
- transmettre l'information sur les précautions à prendre pour éviter de remobiliser une pollution.

Dans le cas présent, la présence d'un impact résiduel après travaux peut conduire à la mise en place de restrictions d'usage telles que l'interdiction de l'usage des eaux souterraines.

En cas de pollution résiduelle, une cartographie précise des zones présentant des impacts résiduels et les dispositifs définitifs devra être établie. L'ensemble de ces éléments doit faire l'objet d'un **dossier de servitudes** qui sera porté aux actes notariés afin de garantir une pérennité de l'information concernant la pollution résiduelle du site.

A la suite des travaux de dépollution, une contamination résiduelle des sols sera maintenue sur le site. Il sera alors nécessaire de garder la mémoire de cette pollution et la nature des substances présentes.

Il s'agira donc :

- d'établir un dossier de servitude.
- de spécifier l'existence d'une pollution résiduelle dans les actes de vente.

## 9- CONCLUSION

Le **Plan de Gestion** établi pour un scénario *d'usage de logements collectifs et commerces sur un niveau de sous-sol* a été défini sur la base du **bilan coûts / avantages** en veillant à privilégier les actions pour la maîtrise des zones sources de pollution identifiées comme étant les zones les plus concentrées en polluants et les actions pour la réduction des expositions, par la désactivation des voies de transfert.

L'élimination des pollutions concentrées étudiée dans les sols aboutit à une gestion équivalente à la gestion des terres à excaver, le caractère inerte défini par l'AM du 12/12/2014 étant considéré. 2 scénarios techniquement envisageables aboutissent au scénario technico-économique le plus pertinent de gestion par excavation / élimination hors site des terres excavées dans le cadre du projet et des pollutions concentrées. Sur la base de ce scénario, les niveaux de risques sanitaires estimés selon le projet et l'état résiduel attendu sont inférieurs aux seuils recommandés selon la méthodologie nationale.

Recommandations sur les mesures de gestion à mettre en œuvre :

Ce **Plan de Gestion** comprend a minima des solutions et contraintes techniques suivantes à mettre en place :

- Traitement des pollutions concentrées,
- Recouvrement de l'ensemble des surfaces par un revêtement minéral ou une couche de terres non impactées de 30 cm minimum dans le cadre de l'aménagement,
- Pose des canalisations dans un matériau sain,
- Interdiction d'exploitation de la nappe,
- Possibilité de mise en œuvre d'une disposition constructive de ventilation mécanique en cas de besoin lors de la mise en exploitation,
- Mesures de surveillance de la qualité des milieux après dépollution (eaux souterraines, air intérieur des bâtiments).

Etablissement d'une Attestation :

Il est rappelé qu'en référence aux articles L556-1 et L556-2 du code de l'Environnement (issus de l'article 173 de la loi ALUR) et à l'article R431-16 du code de l'Urbanisme, lorsque le projet de construction est prévu sur un terrain ayant accueilli une installation classée mise à l'arrêt définitif, et que l'usage prévu est différent de l'usage envisagé lors de l'arrêt de l'activité, le Maître d'Ouvrage à l'initiative du changement d'usage doit définir les mesures de gestion de la pollution des sols et les mettre en œuvre afin d'assurer la compatibilité entre l'état des sols et la protection de la santé et l'environnement au regard du nouvel usage projeté.

Dans le cadre du dépôt de PC du présent projet, il y aura donc lieu de prévoir de fournir une Attestation. Pour cela, le Maître d'Ouvrage doit faire attester de cette mise en œuvre par un bureau d'études certifié. L'attestation doit être jointe au dossier de demande permis de construire ou d'aménager.

Afin de produire cette attestation, le Maître d'Ouvrage devra fournir au bureau d'études la notice technique du PC démontrant que les recommandations du Plan de Gestion sont prises en compte.

*Cette étude a été menée sur la base des connaissances actuelles de l'état du site, du projet de réaménagement, et des connaissances scientifiques. Toute modification du projet, ou tout nouvel élément apporté, pourra modifier les conclusions de cette étude.*

*Superviseur*

*Chef de projet*

*Rédacteurs*  
S. BERGERONNEAU

T. JUMEAU

S. BERGERONNEAU

*(spécialisé évaluation des risques)*  
V. ALETRU

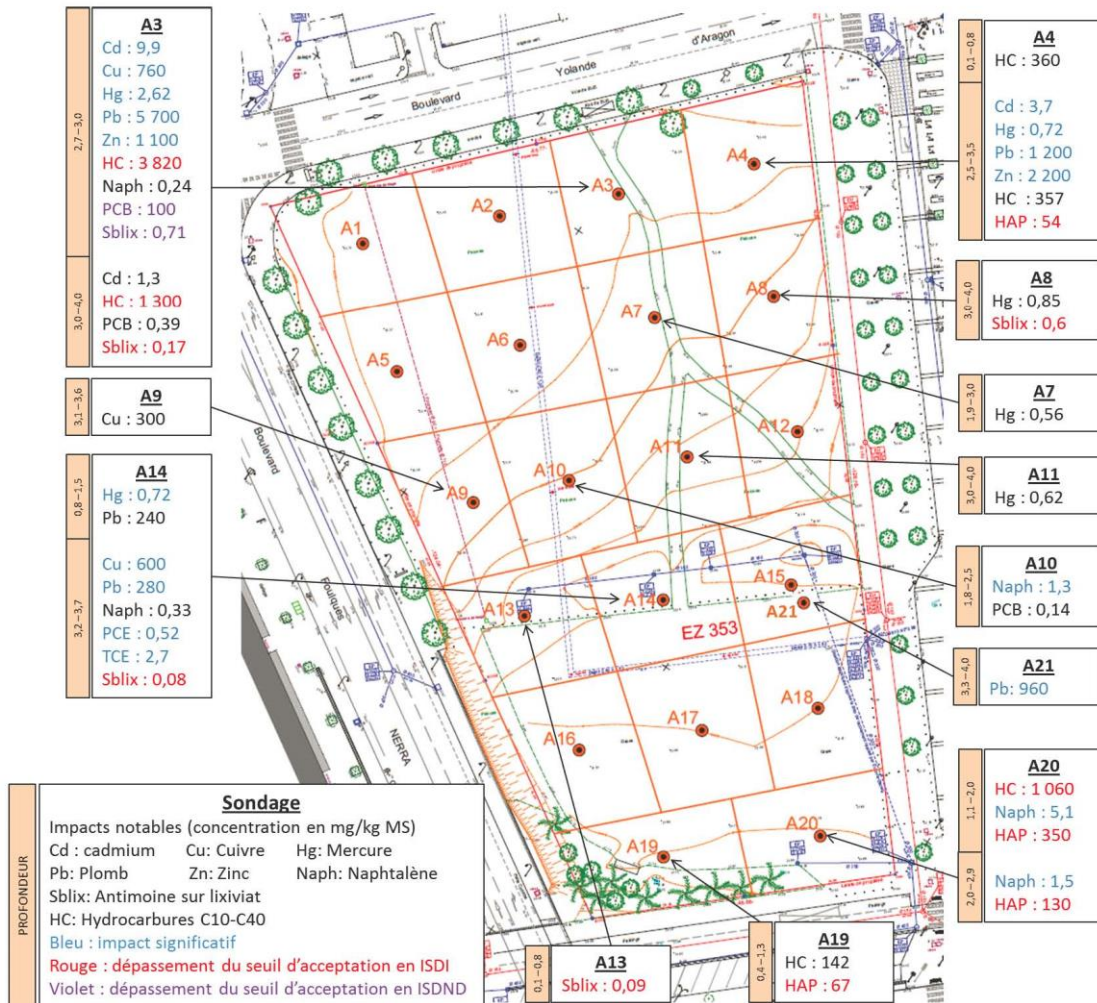


Figure 3 : Récapitulatif des impacts observés sur le site

Nota : Les teneurs suivantes n'ont pas été retenues pour simplifier la compréhension des enjeux :

- HC < 200 mg/kg
- Pb < 100 mg/kg

## Annexe 17 : Compte-rendu des investigations naturalistes réalisées au droit du site



COMPAGNIE DE  
PHALSBOURG

---

**Projet du musée des collectionneurs  
Commune d'Angers (49)**

**ETUDE FAUNE / FLORE / MILIEUX NATURELS**



THEMA ENVIRONNEMENT  
250 avenue Jean Mermoz  
Bâtiment C  
44150 ANCENIS  
Tél : 02 40 09 62 91

**A19.141A  
Octobre 2019**





## Sommaire

<b>1</b>	<b>PREAMBULE</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>LA FLORE ET LES MILIEUX NATURELS</b> .....	<b>7</b>
2.1	PROCOLE DE TERRAIN .....	7
2.2	LES HABITATS NATURELS .....	7
2.3	LA FLORE.....	9
2.4	CONCLUSION SUR LA FLORE ET LES MILIEUX NATURELS .....	10
<b>3</b>	<b>LA FAUNE</b> .....	<b>12</b>
3.1	PROTOCOLES D'INVENTAIRE FAUNISTIQUE .....	12
3.1.1	<i>Inventaires mammologiques</i> .....	12
3.1.2	<i>Inventaires herpétologiques</i> .....	12
3.1.3	<i>Inventaires entomologiques</i> .....	12
3.1.4	<i>Inventaires ornithologiques</i> .....	12
3.2	LES ESPECES ANIMALES IDENTIFIEES .....	13
3.2.1	<i>Les mammifères</i> .....	13
3.2.2	<i>Les reptiles</i> .....	13
3.2.3	<i>Les amphibiens</i> .....	13
3.2.4	<i>Les insectes</i> .....	13
3.2.5	<i>Les oiseaux</i> .....	14
<b>4</b>	<b>ANNEXES</b> .....	<b>15</b>



## Liste des figures

<b>Figure 1</b>	<b>: Localisation du site d'études</b> .....	<b>6</b>
<b>Figure 2</b>	<b>: Pelouse entretenue</b> .....	<b>8</b>
<b>Figure 3</b>	<b>: Alignement d'arbres</b> .....	<b>8</b>
<b>Figure 4</b>	<b>: Parking</b> .....	<b>8</b>
<b>Figure 5</b>	<b>: Gauche : robinier faux-acacia. Droite : ailante glanduleux</b> .....	<b>10</b>
<b>Figure 6</b>	<b>: occupation du sol et localisation des espèces végétales invasives</b> .....	<b>11</b>
<b>Figure 7</b>	<b>: Corneille noire (<i>Corvus corone</i>)</b> .....	<b>14</b>



## Préambule

### 1 PREAMBULE

La compagnie de Phalsbourg a pour projet de créer un musée des collectionneurs dans le centre-ville d'Angers (49).

Le site occupe une surface de 1 hectare en milieu urbain et se compose actuellement d'une pelouse entretenue et d'un parking. Ces deux entités sont entourées d'alignements d'arbres.

Le présent dossier porte sur la réalisation d'une étude faune/flore/milieus naturels visant à dégager les enjeux écologiques pressentis à prendre en considération pour la mise en œuvre du projet.

Ce dossier a été réalisé par le bureau d'études :



**THEMA Environnement**  
250 avenue Jean Mermoz  
Bâtiment C  
44150 ANCENIS

Les auteurs de l'étude sont les suivants :



- Paol KERINEC (chargé d'études) : rédacteur, inventaire de terrain flore et habitats naturels,
- Elodie PROUX (chargé d'études) : rédacteur, inventaire de terrain faune
- Rozenn le HYARIC (cartographie) : Cartographie et mise en forme des documents.



**Remarque :**

**Toutes les photographies illustrant le rapport ont été prises sur site lors des différentes campagnes de terrain (sauf mention contraire, le cas échéant).**



## LOCALISATION DU SITE D'ETUDE



Figure 1 : Localisation du site d'études

## 2 LA FLORE ET LES MILIEUX NATURELS

### 2.1 PROTOCOLE DE TERRAIN

Le protocole de prospection, inspiré de la méthode des relevés phytosociologiques, a permis :

- d'identifier les groupements végétaux (milieux) en présence et de les caractériser selon la typologie CORINE Biotopes<sup>1</sup>,
- de les cartographier,
- d'inventorier les espèces végétales les caractérisant.



Source : THEMA Environnement (photo non prise sur site)

La description de ces différents éléments est présentée dans les paragraphes suivants.

### 2.2 LES HABITATS NATURELS

Le site d'études est situé en contexte urbain à proximité immédiate du centre-ville d'Angers. Il s'agit d'un parc urbain et d'un parking. Ces espaces sont très artificialisés et entretenus régulièrement.

- **Pelouse entretenue (CB 85.12 / EUNIS 11.2)**

La pelouse entretenue est une formation prairiale issue probablement d'un semi de quelques espèces herbacées au moment de sa création. Cet espace est soumis à une fréquentation importante. Les espèces recensées sont résistantes à ce type de pression : porcelle enracinée (*Hypochaeris radicata*), plantain come-de-cerf (*Plantago coronopus*), dactyle aggloméré (*Dactylis glomerata*).

Il n'y a pas d'enjeu associé à ce milieu.

<sup>1</sup> ENGREF, 1997. CORINE Biotopes – version originale – Types d'habitats français. Muséum National d'Histoire Naturelle, Programme LIFE.



**Figure 2 : Pelouse entretenue**

- **Alignement d'arbres (CB ; 84.1 / EUNIS G5.1)**

Des alignements d'arbres sont présents le long des bordures du site d'études. Il s'agit d'essences plantées dans un objectif paysager. Le sol sous les arbres est constitué d'un revêtement sableux non végétalisé. Il n'y a pas d'enjeu par rapport à ce type de milieu.



**Figure 3 : Alignement d'arbres**

- **Parking et cheminement piéton**

Le site d'études est en partie dédié à un parking sur un revêtement sableux. Ce milieu n'est pas végétalisé et ne présente pas d'enjeu pour la flore et les habitats naturels. Il en est de même pour le cheminement qui traverse la pelouse entretenue.



**Figure 4 : Parking**

## 2.3 LA FLORE

Les prospections sur le site d'études ont été effectuées le 20 septembre 2019 et ont permis de mettre en évidence la présence d'une quarantaine d'espèces végétales (cf. annexe 1) indigènes et horticoles.

Aucune espèce végétale d'intérêt patrimonial ou protégée n'a été recensée sur le site d'études. Cette absence peut être expliquée par le caractère très artificiel du lieu.

En revanche, trois espèces végétales classées exotiques envahissantes en région des Pays de la Loire ont pu être recensées.

Ces espèces végétales exotiques envahissantes sont les espèces non indigènes de la région des Pays de la Loire, qui ont été introduites sur le territoire et qui présentent un caractère invasif.

Le conservatoire botanique national de Brest a actualisé en 2019 la liste des espèces invasives des Pays de la Loire<sup>2</sup>.

Ces espèces sont classées en trois catégories :

- **Espèce invasive avérée** : Il s'agit de « plante non indigène ayant dans son territoire d'introduction, un caractère envahissant avérée et ayant un impact négatif sur la biodiversité et/ou sur la santé humaine et/ou sur les activités économiques » ;
- **Espèce invasive potentielle** : il s'agit de « plante non indigène présentant actuellement une tendance au développement d'un caractère envahissant à l'intérieur des communautés naturelles ou semi-naturelles et dont la dynamique à l'intérieur du territoire considéré et/ou dans des régions limitrophes ou climatiquement proches, est telle qu'il existe un risque de la voir devenir à plus ou moins long terme une espèce invasive avérée ».
- **Espèce invasive à surveiller** : « plante non indigène ne présentant actuellement pas (ou plus) de caractère envahissant sur le territoire considéré ».
- 

Deux de ces espèces sont classées invasives avérées. Il s'agit du robinier faux-acacia (*Robinia pseudoacacia*) et de l'ailante glanduleux (*Ailanthus altissima*).

Un seul individu de robinier faux-acacia est présent. Il est situé sur l'ouest du site et semble déjà assez âgé.

Une petite dizaine d'individus d'ailante glanduleux sont présents dans l'angle ouest du site.

---

<sup>2</sup> DORTEL F., LE BAIL J., 2019 – liste des plantes vasculaires invasives, potentiellement invasives et à surveiller en Pays de la Loire. Liste 2018. DREAL Pays de la Loire. Brest : Conservatoire botanique national de Brest, 37p., 3 annexes.



**Figure 5 : Gauche : robinier faux-acacia. Droite : ailante glanduleux**

La dernière espèce exotique envahissante est le conyze du Canada (*Erigeron canadensis*). Elle est classée espèce invasive potentielle. Elle est présente de manière diffuse à l'est du site.

## **2.4 CONCLUSION SUR LA FLORE ET LES MILIEUX NATURELS**

Le site d'études est marqué par un caractère très artificialisé. Le cortège floristique retrouvé est très pauvre en nombre d'espèce. Aucune espèce protégée ou d'intérêt patrimonial n'a été recensée. Cependant, trois espèces exotiques envahissantes végétales, dont deux classées invasives avérées sont présentes sur le site d'études.



**Les enjeux concernant la flore et les habitats naturels sont très faibles.**



OCCUPATION DU SOL



Figure 6 : occupation du sol et localisation des espèces végétales invasives.





### **3 LA FAUNE**

#### **3.1 PROTOCOLES D'INVENTAIRE FAUNISTIQUE**

Les inventaires faunistiques ont été réalisés parallèlement aux investigations floristiques, et ce sur l'ensemble du site d'études ainsi que sur ses abords. Les prospections se sont déroulées le 20 septembre 2019 sous des conditions météorologiques favorables (absence de couverture nuageuse, température de 21°C, vent faible). Les inventaires faunistiques réalisés ne peuvent être considérés comme exhaustifs puisque non menés sur une année complète, mais représentatifs des espèces qui fréquentent le site.

Les inventaires effectués ont permis l'observation des espèces faunistiques présentées dans les paragraphes suivants.

##### **3.1.1 Inventaires mammologiques**

Concernant les mammifères, outre les observations directes d'individus (vivants ou morts), des indices de présence ont été recherchés : empreintes, traces, fèces, etc. Quant aux arbres, ils sont également inspectés pour évaluer leur potentialité en tant que gîte pour les chiroptères (chauves-souris).

##### **3.1.2 Inventaires herpétologiques**

Au niveau du site d'étude, les espèces ont été recherchées par contacts visuels (reptiles). L'absence de pièces d'eau et le contexte urbain dans lequel s'inscrit le site d'étude est impropre à la présence d'amphibiens.

##### **3.1.3 Inventaires entomologiques**

Les inventaires entomologiques ont été réalisés par chasse à vue, à l'avancement du chargé d'études dans les différents habitats, afin de recenser principalement les espèces d'odonates, d'orthoptères, de coléoptères et de lépidoptère.

##### **3.1.4 Inventaires ornithologiques**

L'inventaire ornithologique est basé sur l'observation directe des oiseaux ainsi que sur la détection des contacts auditifs (cris, chants). Outre les contacts visuels et auditifs directs, les indices de présence ont été recherchés (anciens nids, plumes, pelotes de réjection, etc.). Des observations ont été relevées tout au long de la présence sur le site.

Les espèces animales inventoriées sont listées par habitats d'après le référentiel [Taxref 12.0](#). Elles sont présentées en annexe 2 page 18.

## **3.2 LES ESPECES ANIMALES IDENTIFIEES**

### **3.2.1 Les mammifères**

Aucun indice de présence de mammifères terrestres n'a été observé sur l'ensemble du site d'étude. L'artificialisation du site est en effet peu propice à ce taxon. Concernant les chiroptères (chauves-souris), aucun gîte potentiel ou avéré à chiroptères (arbres à cavités, bâtiments en ruine, etc.) n'a été mis en exergue (absence d'arbres à cavité sur le site).

D'autres espèces de mammifères fréquentent probablement le secteur, notamment des petits mammifères de type mulots ou souris ; compte tenu de leur discrétion, ces espèces n'ont cependant pas été contactées lors des inventaires.

**La sensibilité écologique de cette classe animale sur l'aire d'étude est donc jugée nulle.**

### **3.2.2 Les reptiles**

Compte tenu de la discrétion et du comportement de fuite des reptiles, il n'est pas toujours facile d'identifier avec certitude les espèces de ce groupe sans un protocole d'observation spécifique (visites régulières, affût, piégeage...).

Ainsi, les inventaires n'ont permis la mise en évidence d'aucune espèce de reptiles au niveau du site d'étude et ses abords. La présence du Lézard des murailles (*Podarcis muralis*) est toutefois fortement probable, s'agissant d'une espèce particulièrement commune et ubiquiste. On rappellera que les individus de cette espèce ainsi que ses habitats sont protégés à l'échelle nationale, au titre de l'arrêté ministériel du 19 novembre 2007 fixant la liste des amphibiens et reptiles protégés sur l'ensemble du territoire.

**La sensibilité écologique de l'aire d'étude vis-à-vis de ce taxon est jugée très faible.**

### **3.2.3 Les amphibiens**

Les prospections de terrain n'ont mis en évidence la présence d'aucune espèce d'amphibiens au niveau du site d'étude. En effet, le site d'étude et ses abords ne présentent pas de milieux propices aux amphibiens :

- absence de milieux aquatiques pour la reproduction ;
- absence de haies bocagères ou de boisements (essentiels à leur phase de vie terrestre).

**La sensibilité écologique de cette classe animale sur l'aire d'étude est donc jugée nulle.**

### **3.2.4 Les insectes**

Au niveau du site d'étude, les prospections de terrain ont permis le recensement d'une seule espèce d'invertébrés, le Piéride de la Rave (*Pieris rapae*), papillon particulièrement commun et abondant en France.

Le très faible nombre d'espèces inventoriées est en adéquation avec le type de milieu en présence. La majeure partie du site d'étude est une pelouse entretenue (couvert ras) soumis à une forte fréquentation. L'autre partie du site d'étude est un parking sur un revêtement sableux où toute végétation est absente.

Ces conditions sont peu favorables pour l'entomofaune de manière générale. Les insectes ne trouveront pas les conditions favorables à la réalisation de leur cycle biologique (zones de refuge, présence de plantes à fleurs, etc.).

L'espèce inventoriée est très commune et ne présente aucun statut de protection particulier.

**La sensibilité écologique du site d'étude pour les insectes est jugée très faible au vu de l'inventaire réalisé.**

### 3.2.5 Les oiseaux

Sur le site d'étude, les inventaires ornithologiques ont mis en évidence un cortège non exhaustif de 3 espèces d'oiseaux, caractéristiques du milieu bâti : le Pigeon ramier (*Columba palumbus*), le Pigeon biset (*Columba livia*) et la Corneille noire (*Corvus corone*).



**Figure 7 : Corneille noire (*Corvus corone*)**

La période d'investigations n'a pas permis le recensement d'individus nicheurs. Ce sont des individus en migration postnuptiale ou, dans le cas présent, présents toute l'année qui ont été observés. Le Pigeon ramier et le Pigeon biset ont été vus en survol du site. La Corneille noire a été vue s'alimentant sur les pelouses du site. Ces espèces très communes ne bénéficient d'aucun statut de protection particulier.

**Au vu des caractéristiques de l'aire d'étude, la sensibilité écologique vis-à-vis des oiseaux est jugée très faible.**

**Les potentialités d'accueil du site pour la faune sont fortement limitées, ceci s'expliquant par des milieux banals et fortement marqués par la présence de l'homme. Les espèces animales fréquentant le site sont très peu nombreuses, et restent communes et sans intérêt écologique particulier.**



## 4 ANNEXES

### Annexe 1 : liste des espèces végétales recensées sur le site d'études

Nom vernaculaire	Nom scientifique	EEE Rég.	Protect ° Rég.	Protect ° Nat.	Directive Euro.	LR Rég.	LR France
Renouée des oiseaux	<i>Polygonum aviculare L., 1753</i>					LC	LC
Potentille rampante	<i>Potentilla reptans L., 1753</i>					LC	LC
Digitaria sanguinalis	<i>Digitaria sanguinalis (L.) Scop., 1771</i>					LC	NA
Plantain lancéolé	<i>Plantago lanceolata L., 1753</i>					LC	LC
Luzerne tachetée	<i>Medicago arabica (L.) Huds., 1762</i>					LC	LC
Carotte sauvage	<i>Daucus carota L., 1753</i>					LC	LC
Ivraie vivace	<i>Lolium perenne L., 1753</i>					LC	LC
Porcelle enracinée	<i>Hypochaeris radicata L., 1753</i>					LC	LC
Dactyle aggloméré	<i>Dactylis glomerata L., 1753</i>					LC	LC
Plantain Corne-de-cerf	<i>Plantago coronopus L., 1753</i>					LC	LC
Liseron des champs	<i>Convolvulus arvensis L., 1753</i>					LC	LC
Pissenlit	<i>Taraxacum officinale F.H.Wigg., 1780</i>					LC	LC
Chénopode blanc	<i>Chenopodium album L., 1753</i>					LC	LC
Géranium à feuilles rondes	<i>Geranium rotundifolium L., 1753</i>					LC	LC
Orge sauvage	<i>Hordeum murinum L., 1753</i>					LC	LC
Vipérine commune	<i>Echium vulgare L., 1753</i>					LC	LC
Millepertuis perforé	<i>Hypericum perforatum L., 1753</i>					LC	LC
Pimprenelle à fruits réticulés	<i>Poterium sanguisorba L., 1753</i>						LC
Linnaire commune	<i>Linaria vulgaris Mill., 1768</i>					LC	LC
Brome stérile	<i>Anisantha sterilis (L.) Nevski, 1934</i>					LC	LC
Achillée	<i>Achillea millefolium L.,</i>					LC	LC

<b>millefeuille</b>	1753						
<b>Crépide capillaire</b>	<i>Crepis capillaris</i> (L.) Wallr., 1840					LC	LC
<b>Conyze du Canada</b>	<i>Erigeron canadensis</i> L., 1753	AS5				LC	NA
<b>Héliotrope d'Europe</b>	<i>Heliotropium europaeum</i> L., 1753					LC	LC
<b>Amarante hybride</b>	<i>Amaranthus hybridus</i> L., 1753					LC	NA
<b>Pâturin des prés</b>	<i>Poa pratensis</i> L., 1753					LC	LC
<b>Matricaire inodore</b>	<i>Tripleurospermum inodorum</i> (L.) Sch.Bip., 1844					LC	LC
<b>Oseille des prés</b>	<i>Rumex acetosa</i> L., 1753					LC	LC
<b>Lotier corniculé</b>	<i>Lotus corniculatus</i> L., 1753					LC	LC
<b>Vulpie queue-d'écureuil</b>	<i>Vulpia bromoides</i> (L.) Gray, 1821					LC	LC
<b>Picride fausse Vipérine</b>	<i>Helminthotheca echioides</i> (L.) Holub, 1973					LC	LC
<b>Lierre grimpant</b>	<i>Hedera helix</i> L., 1753					LC	LC
<b>Laiteron des champs</b>	<i>Sonchus arvensis</i> L., 1753					LC	LC
<b>Bec de Cigogne musqué</b>	<i>Erodium moschatum</i> (L.) L'Hér., 1789					LC	LC
<b>Robinier faux-acacia</b>	<i>Robinia pseudoacacia</i> L., 1753	IA1i					NA
<b>Faux vernis du Japon</b>	<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle, 1916	IA1i					NA
<b>Pin sylvestre</b>	<i>Pinus sylvestris</i> L., 1753						LC
<b>Tilleul argenté</b>	<i>Tilia tomentosa</i> Moench, 1785						NA

**Annexe 2 : Liste des espèces animales recensées sur le site d'études**

Classe	Nom scientifique	Nom français	ZNIEFF	Protect° Rég.	Protect° Nat.	Directive Euro.	LR Rég.	LR France
	<i>Columba palumbus</i>	Pigeon ramier					LC	LC
<b>Oiseaux</b>	<i>Columba livia</i>	Pigeon biset						DD
	<i>Corvus corone</i>	Corneille noire					LC	LC
<b>Insectes</b>	<i>Pieris rapae</i>	Piéride de la Rave						LC

ZNIEFF : espèce déterminante des zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique  
 Prot Nat. : Arrêté du 29 octobre 2009 fixant la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection

Arrêté du 23 avril 2007 fixant la liste des insectes protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection

Directive Euro. : Directive 79/409/CEE dite Directive Oiseaux

LR Rég. : Liste rouge des oiseaux nicheurs menacés en région Pays-de-la-Loire

LR France : Liste rouge des oiseaux nicheurs menacés en France métropolitaine

Espèces menacées de disparition en France métropolitaine :

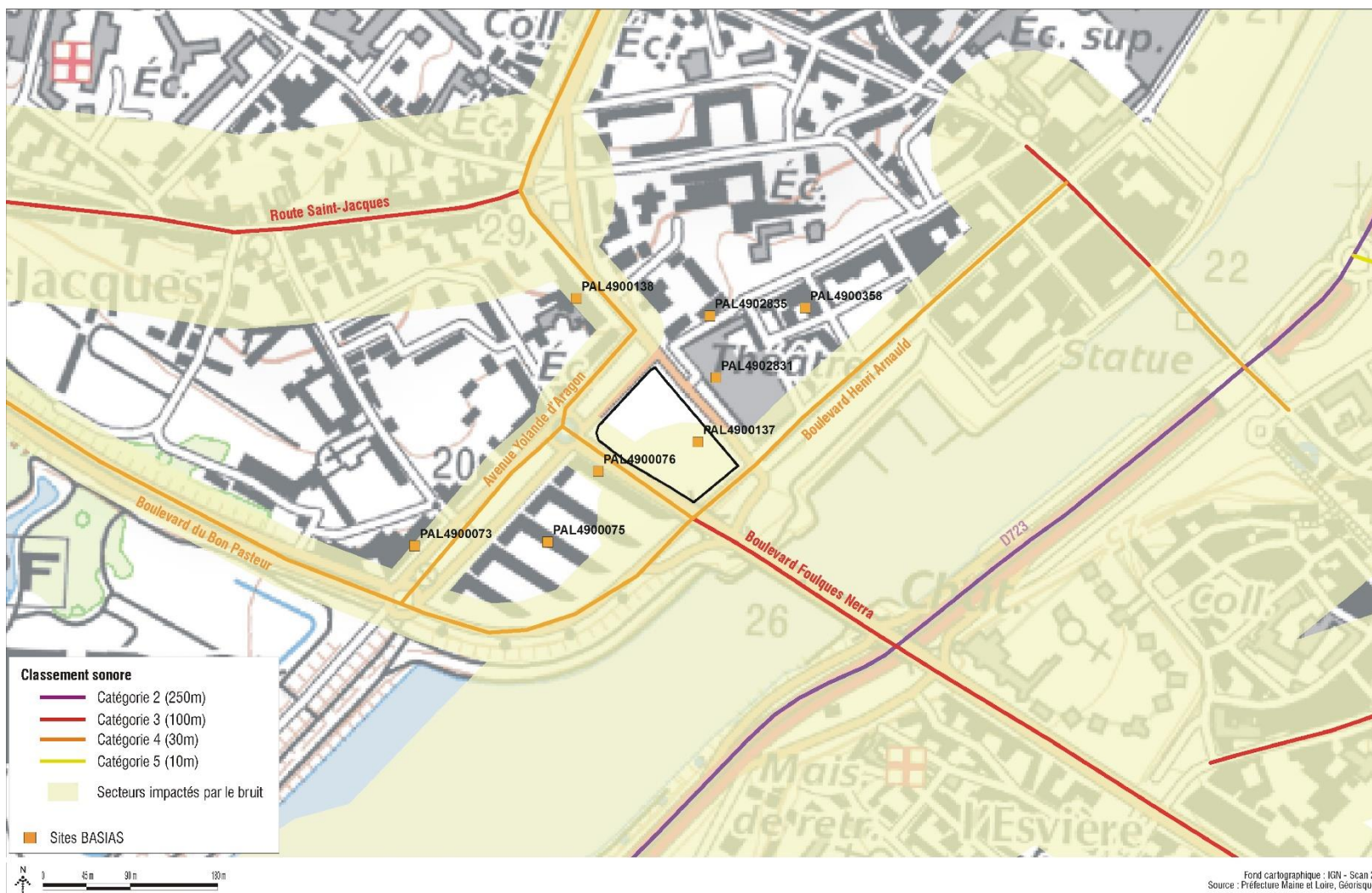
**CR** : En danger critique ; **EN** : En danger ; **VU** : Vulnérable

Autres catégories :

**NT** : Quasi menacée (espèce proche du seuil des espèces menacées ou qui pourrait être menacée si des mesures de conservation spécifiques n'étaient pas prises)

**LC** : Préoccupation mineure (espèce pour laquelle le risque de disparition de France métropolitaine est faible)

**DD** : Données insuffisantes (espèce pour laquelle l'évaluation n'a pas pu être réalisée faute de données suffisantes).



Annexe 18 : Nuisances et pollutions