

PORNIC AGGLO PAYS DE RETZ

Projet hydro-écologique sur les bassins versants du Port Royal et du Pontreau, deux fleuves côtiers de Pornic Agglo Pays de Retz, pour la restauration des milieux aquatiques et la protection contre les inondations

Rapport de phase 5 - PROVISoire

Dossier réglementaire

SAGE Baie de Bourgneuf

45332 | Septembre 2021 | APL



16 Boulevard de l'Ecce Homo
49100 ANGERS
Email :
hydratec.angers@hydra.setec.fr
T : 02 41 57 05 73

Pilote de l'étude : JID
N°FUSO : 45332
Fichier :
45332_Rapport_P5_Pornic_Baie_Bourgneuf_v1.docx

Version	Date	Etabli par	Vérifié par	Nb pages	Observations / Visa
0	17/11/2021	APL	PPI	251 + Annexe	Version de travail transmise en annexe du formulaire cas par cas

TABLE DES MATIERES

1	INTRODUCTION.....	7
1.1	Contexte général de l'étude.....	7
1.2	Objet du présent document	8
2	NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR	10
3	EMPLACEMENT DES PROJETS.....	11
4	NATURE, CONSISTANCE, VOLUME ET OBJET DES TRAVAUX ET LES RUBRIQUES DE LA NOMENCLATURE CONCERNEES.....	12
4.1	Objectifs poursuivis par la Maitrise d'Ouvrage.....	12
4.2	Descriptif général des travaux.....	12
4.3	Cadre réglementaire pour la réalisation des projets	16
5	NOTICE D'INCIDENCES DES PROJETS SUR L'EAU ET LES MILIEUX AQUATIQUES ...	18
5.1	Synthèse environnementale	18
5.1.1	Hydrographie.....	18
5.1.2	Géologie	18
5.1.3	Hydrologie	19
5.1.4	Patrimoine naturel	23
5.1.5	Etudes antérieures	24
5.1.6	Plan de prévention des risques littoraux – Baie de Bourgneuf Nord.....	25
5.1.7	Ouvrages existants.....	27
5.1.8	Usages	30
5.1.9	Rencontres et entretiens.....	30
5.1.10	Evolution de la population	31
5.2	Description du site	32
5.2.1	Données historiques.....	32
5.2.2	Description des bassins versants amont	34
5.2.3	Description physique des cours d'eau et de leur environnement proche.....	38
g)	Description des cours d'eau à l'échelle des secteurs modélisés	54
5.2.3.g.1	Le Pontreau.....	54
5.2.4	Etat physico-chimique et biologique des milieux	82
5.2.5	Ouvrages hydrauliques modélisés.....	84
5.2.6	Faune piscicole et continuité écologique	89
5.2.7	Descriptions des secteurs à enjeux	109
5.3	Etude hydraulique – Modélisation en état actuel	112
5.3.1	Préambule	112
5.3.2	Méthodologie générale.....	112

5.3.3	Détermination des hydrogrammes de crue de référence	117
5.3.4	Phase de calage.....	126
5.3.5	Résultats en état actuel.....	131
5.4	Caractérisation et hiérarchisation des enjeux	169
5.4.1	Méthodologie.....	169
5.4.2	Analyse des enjeux matériels et humains liés aux inondations	170
5.5	Analyse des données foncières et réglementaires	179
5.6	Indice de pression de la bande riveraine	179
5.7	Synthèse : diagnostic et enjeux.....	186
5.7.1	Le Pontreau	186
5.8.1	Le Port Royal.....	189
5.9	Description des travaux d'aménagements retenus sur le bassin versant du Port Royal 191	
5.9.1	Remodelage hydromorphologique des berges entre la rue des Moutiers et la rue de Port Royal (aménagement 5)	191
5.9.2	Remodelage hydromorphologique en aval de la rue des Grands Prés (aménagement 6)	194
5.10	Description des travaux d'aménagements retenus sur le bassin versant du Pontreau	200
5.10.1	Remodelage hydromorphologique et création d'une zone d'expansion dans le camping de l'Ermitage des dunes (aménagements 2 et 3)	200
5.10.2	Remodelage hydromorphologique du lit mineur entre la route de la Bernerie et le camping de l'Ermitage des Dunes et resserrement des écoulements au sein de l'ouvrage de franchissement ferroviaire (aménagement 4)	204
5.10.3	Remodelage hydromorphologique et création d'une zone d'expansion en amont de la route de la Bernerie (aménagement 5)	208
5.10.4	Remise à ciel ouvert du busage traversant la route du Bois des Tréans et redimensionnement de l'ouvrage de franchissement (aménagement 6)	211
5.10.5	Création d'une zone de rétention en zone humide et rétablissement du lit d'origine en fond de vallée au chemin des Perrières (aménagement 7).....	214
5.10.6	Rétablissement du lit d'origine en amont de la route bleue (aménagement 8)	218
5.10.7	Rétablissement du lit d'origine en fond de vallée en aval de la route bleue (aménagement 11)	222
5.11	Incidences des projets sur le risque inondation	225
5.11.1	Impacts hydrauliques du scénario retenu sur le Port Royal	225
5.11.2	Impacts hydrauliques du scénario retenu sur le Pontreau	231
5.12	Impacts hydrauliques sur les écoulements en étiage	236
5.12.1	En phase travaux	236
5.12.2	En phase définitive	236
5.13	Incidences sur la qualité des eaux superficielles	236
5.13.1	En phase travaux	236

5.13.2	En phase définitive	236
5.14	Incidences sur la qualité des eaux souterraines	236
5.15	Incidences sur le transport sédimentaire	237
5.15.1	En phase travaux	237
5.15.2	En phase définitive	237
5.16	Incidence sur les espaces protégés et les sites Natura 2000.....	237
5.17	Impacts sur le milieu naturel et la biodiversité	237
5.17.1	En phase travaux	237
5.17.2	En phase définitive	237
5.18	Impacts sur les zones humides	238
5.18.1	En phase travaux	238
5.18.2	En phase définitive	238
5.19	Evaluation a priori de l'efficacité probable des projets d'aménagement.....	238
5.20	Compatibilité des projets avec les documents de gestion	239
5.20.1	Compatibilité avec le SDAGE Loire-Bretagne	239
5.20.2	Compatibilité des projets avec le SAGE Baie de Bourgneuf.....	241
5.20.3	Compatibilité des projets avec le plan de gestion des risques d'inondation mentionné à l'article L.566-7	242
5.20.4	Contribution des projets à la réalisation des objectifs visés à l'article L.211-11 ...	242
5.20.5	Contribution des projets aux objectifs de qualité prévus par l'article D.211-10.....	244
5.21	Analyse des effets cumulés du projet avec d'autres projets connus	245
5.21.1	Présentation succincte des projets connus	245
5.21.2	Analyse des effets cumulés	245
5.22	Mesures correctives ou compensatoires envisagées pour limiter les incidences potentielles des projets et assurer une surveillance des installations	245
5.22.1	Respect de la période d'intervention.....	245
5.22.2	Travaux hors d'eau.....	245
5.22.3	Limitation des risques de pollution	245
5.22.4	Gestion des déchets.....	246
5.22.5	Limitation des risques de mortalité piscicole – pêche de sauvegarde	246
5.22.6	Propreté et remise en état des lieux	246
6	MOYENS DE SUIVI ET DE SURVEILLANCE, MOYENS D'INTERVENTION EN CAS D'INCIDENT OU D'ACCIDENT	247
6.1	Moyens d'entretien	247
6.1.1	Entretien de la végétation herbacée	247
6.1.2	Entretien de la végétation arborée	247
6.2	Moyens de suivi	248
6.2.1	Proposition du protocole de suivi	248

6.3	Moyens d'intervention en cas d'accident ou d'incident	248
6.3.1	Cadre législatif.....	248
6.3.2	Evaluation des risques d'incident ou d'accident	249
6.3.3	Moyens d'intervention en cas d'incident ou d'accident.....	249
7	LES ELEMENTS GRAPHIQUES, PLANS OU CARTES UTILES A LA COMPREHENSION DES PIECES DU DOSSIER	250
8	CHIFFRAGE FINANCIER DE L'OPERATION	251
8.1	Phasage des travaux.....	251
8.2	Allotissement/Marché et estimation des coûts.....	251
9	ANNEXES	253

1 INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE

L'étude hydro-écologique des bassins versants de quatre fleuves côtiers pour la protection contre les inondations et la restauration des milieux aquatiques est engagée par Pornic Agglo Pays de Retz. Elle intervient en cohérence avec :

- La prise de compétence GEMAPI depuis janvier 2017 par la collectivité et les objectifs :
 - De restauration du bon état des cours d'eau et des milieux humides ;
 - De protection des populations contre les risques d'inondation (fluviaux ou par submersion marine).
- La forte exposition de plusieurs zones côtières du territoire communautaire aux risques d'inondation et notamment le long de quatre petits fleuves côtiers listés ci-dessous :
 - Le Calais à St-Michel-Chef-Chef ;
 - La Tabardière à la Plaine-sur-Mer et à Saint-Michel-Chef-Chef ;
 - Le Port Royal à la Bernerie-en-Retz ;
 - Le Pontreau aux Moutiers-en-Retz.

Les désordres observés sur ces cours d'eau sont multiples et associent :

- Des facteurs liés à l'évolution de l'occupation des sols : urbanisation des sols en lit majeur, remblaiement du lit majeur et diminution de l'espace de fonctionnalité des cours d'eau ;
- Des facteurs liés à l'artificialisation des lits de cours d'eau : travaux de recalibrage, sous-dimensionnement d'ouvrages de franchissement ;
- Des facteurs liés à l'absence d'entretien de la végétation rivulaire : encombrement du lit, formation d'embâcles favorisée... ;
- Des facteurs naturels, liés en particulier à l'influence des niveaux marins.

L'objectif de l'étude est de définir à l'échelle des quatre bassins versants côtiers identifiés un programme de travaux pluriannuel de lutte contre les inondations prenant en compte par ailleurs les enjeux de restauration de la qualité des milieux aquatiques.

L'étude doit apporter tous les éléments permettant de guider la réflexion du maître d'ouvrage sur le choix des aménagements et les modalités de gestion les plus appropriées pour répondre aux objectifs visés, et de mettre en œuvre les travaux retenus sur la zone d'étude.

La conception des aménagements a notamment été guidée par :

- La volonté de résorber les altérations écologiques observées sur les ruisseaux ;
- La volonté d'agir le plus efficacement possible pour la gamme d'aléas maximisant les gains, en termes de dommages évités, pour un niveau d'investissement devant rester réaliste et raisonnable pour la collectivité appelée à se porter maître d'ouvrage des travaux.

Pornic Agglo a mandaté Setec Hydratec en co-traitance avec Aquascop pour l'élaboration du programme de travaux pluriannuel de lutte contre les inondations prenant en compte par ailleurs les enjeux de restauration de la qualité des milieux aquatiques.

L'étude s'est déroulée sur la période 2019 – 2021 et a été décomposée de la façon suivante :

- **Phase 1** – L'état des lieux-Diagnostic et les enjeux ;
- **Phase 2** – Etude d'opportunité de classement du remblai du boulevard de l'océan à St-Michel-Chef-Chef en système d'endiguement ;
- **Phase 3** – Les études de faisabilité ;
- **Phase 4** – Etudes d'Avant-Projet Sommaire ;
- **Phase 5** – Dossiers réglementaires.

Un scénario d'aménagement a été retenu pour chaque cours d'eau par la Commission du Cycle de l'Eau le 14 octobre 2020.

Les scénarios d'aménagements sont constitués de différents types d'interventions.

1.2 OBJET DU PRESENT DOCUMENT

Le présent document constitue le dossier réglementaire préalable à la validation des travaux, au titre des articles L.214-1 et suivants du code de l'environnement sur le secteur du SAGE de la Baie de Bourgneuf. Seuls les aménagements sur les cours d'eau du Port Royal et du Pontreau sont présentés dans ce rapport.

L'article R.214-1 du Code de l'environnement définit la nomenclature des opérations soumises à autorisation ou à déclaration relative à la réalisation d'installations, d'ouvrages, de travaux et d'activités, suivant les dangers qu'ils présentent et la gravité de leurs effets sur la ressource en eau et les écosystèmes aquatiques.

Conformément à l'article R214-32 du code de l'environnement, le présent dossier de déclaration comporte les informations suivantes :

- 1° Le nom et l'adresse du demandeur, le numéro SIRET pour les entreprises, la date de naissance pour les particuliers, ainsi qu'un courrier attestant de dépôt du dossier par le demandeur, avec sa signature manuscrite ;
- 2° L'emplacement sur lequel l'installation, l'ouvrage, les travaux ou l'activité doivent être réalisés ;
- 3° La nature, la consistance, le volume et l'objet de l'ouvrage, de l'installation, des travaux ou de l'activité envisagés, ainsi que la ou les rubriques de la nomenclature dans lesquelles ils doivent être rangés ;
- 4° Un document adapté à l'importance du projet et de ses incidences. Les informations que ce document doit contenir peuvent être précisées par un arrêté du ministre chargé de l'environnement. Lorsqu'une étude d'impact ou une notice d'impact est exigée en application des articles R122-5 à R122-9 du code de l'environnement, elle est jointe à ce document, qu'elle remplace si elle contient les informations demandées. Ce document devra :
 - a) Indiquer les incidences du projet sur la ressource en eau, le milieu aquatique, l'écoulement, le niveau et la qualité des eaux, y compris de ruissellement, en fonction des procédés mis en œuvre, des modalités d'exécution des travaux ou de l'activité, du fonctionnement des ouvrages ou installations, de la nature, de l'origine et du volume des eaux utilisées ou affectées et compte tenu des variations saisonnières et climatiques ;
 - b) Comportant, que le projet soit ou non localisé sur un site Natura 2000, l'évaluation des incidences Natura 2000 au regard des objectifs de conservation du site ;

- c) Justifier de la compatibilité du projet avec le schéma directeur ou le schéma d'aménagement et de gestion des eaux et de sa contribution à la réalisation des objectifs visés à l'article L211-1 ainsi que des objectifs de qualité des eaux prévus par l'article D211-10 du code de l'environnement ;
 - d) Préciser s'il y a lieu les mesures correctives ou compensatoires envisagées.
 - e) Les raisons pour lesquelles le projet a été retenu parmi les alternatives ainsi qu'un résumé non technique.
- 5° Les moyens de surveillance ou d'évaluation des prélèvements et des déversements prévus ;
 - 6° Les éléments graphiques, plans ou cartes utiles à la compréhension des pièces du dossier, notamment de celles mentionnées aux 3° et 4°.

VERSION DE TRAVAIL

2 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR

La présente autorisation environnementale est demandée par :

Nom du demandeur	Pornic Agglo
Adresse	2 rue du Dr Ange Guépin 44210 Pornic
Tél.	02.51.74.07.16
Site internet	http://www.pornicagglo.fr/
Numéro SIRET	20006734600169
Raison sociale	Agglomération de Pornic
Forme juridique	Collectivité
Représentant	Jean-Michel BRARD

Personne en charge du dossier	Florian ENSELME
Fonction	Responsable service Milieux Aquatiques - Prévention des Inondations
Adresse	2 rue du Dr Ange Guépin 44210 Pornic
Tél.	02 72 92 40 09
Portable	06 76 06 33 08
Mail	fenselme@pornicagglo.fr

3 EMPLACEMENT DES PROJETS

Les aménagements envisagés sur les cours d'eau de Port Royal et de Pontreau sont situés respectivement sur les communes de la Bernerie-en-Retz et des Moutiers-en-Retz.

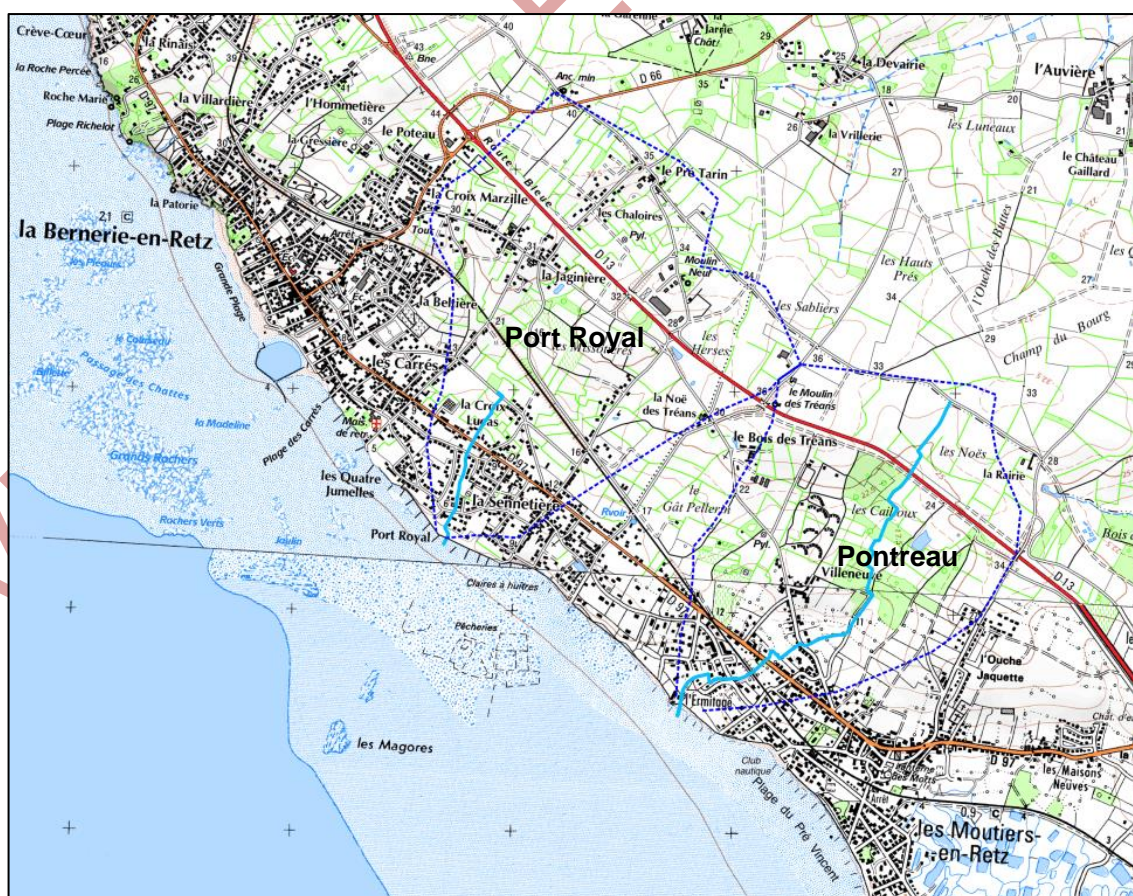
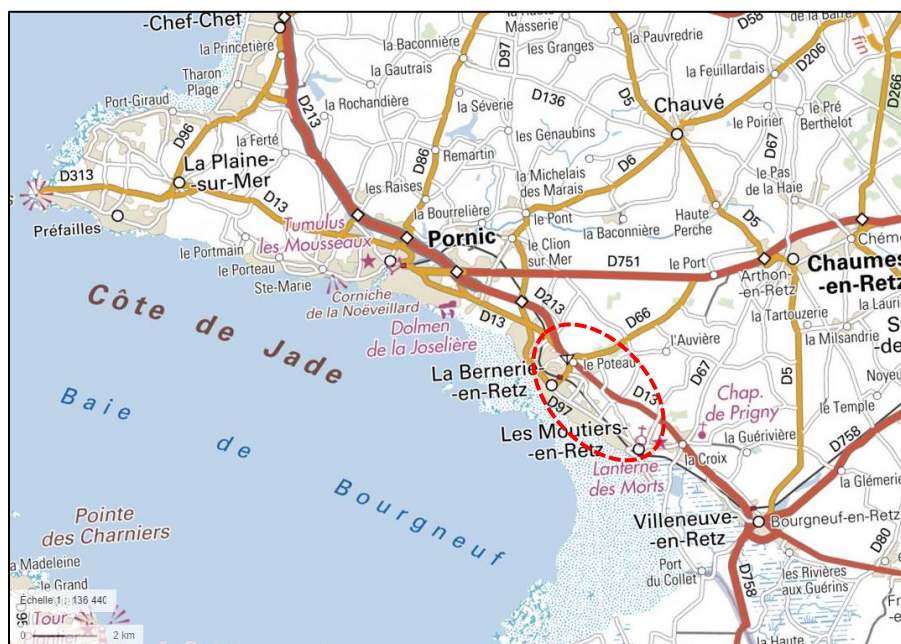


Figure 1 : Localisation des projets

4 NATURE, CONSISTANCE, VOLUME ET OBJET DES TRAVAUX ET LES RUBRIQUES DE LA NOMENCLATURE CONCERNEES

4.1 OBJECTIFS POURSUIVIS PAR LA MAITRISE D'OUVRAGE

Au regard de l'état des lieux-diagnostic hydraulique et écologique réalisé, une stratégie d'intervention préalable globale et cohérente a été étudiée sur chaque bassin versant permettant à la fois :

- De gérer le risque d'inondation en réduisant l'aléa et, de manière complémentaire ou alternative, en agissant si nécessaire sur la vulnérabilité des biens ;
- Et de remédier aux altérations hydro-écologiques identifiées sur les cours d'eau et atteindre les objectifs de « bon état/potentiel » des masses d'eau.

Sur le volet inondation, **l'événement dimensionnant considéré est de période de retour 30 ans**. Cet événement fixe comme objectif qu'aucune habitation ne doit être inondée pour cette période de retour, mais n'exclut pas des débordements du cours d'eau. **Le scénario d'aménagements retenu sur chaque cours d'eau vise à corriger les inondations touchant les habitations pour une crue trentennale.**

Les aménagements de restauration du milieu aquatique n'ont pas fait l'objet d'une modélisation, considérant que leur gain hydraulique était négligeable par rapport aux aménagements hydrauliques. Pour autant, la reconquête d'un fonctionnement plus naturel primordiale et contribue à restaurer en partie le fonctionnement hydraulique naturel : ralentissement de l'onde de crue par augmentation de la rugosité et de la sinuosité ; réfection d'ouvrages permettant un transit sédimentaire et limitant les processus d'érosion en aval ou de blocage des écoulements en amont.

4.2 DESCRIPTIF GENERAL DES TRAVAUX

Les scénarios d'aménagements ont été retenus par la Commission du Cycle de l'Eau le 14 octobre 2020.

Seuls les aménagements figurant en gras font l'objet du présent dossier.

Le scénario d'aménagements défini sur le bassin versant de Port Royal est le suivant :

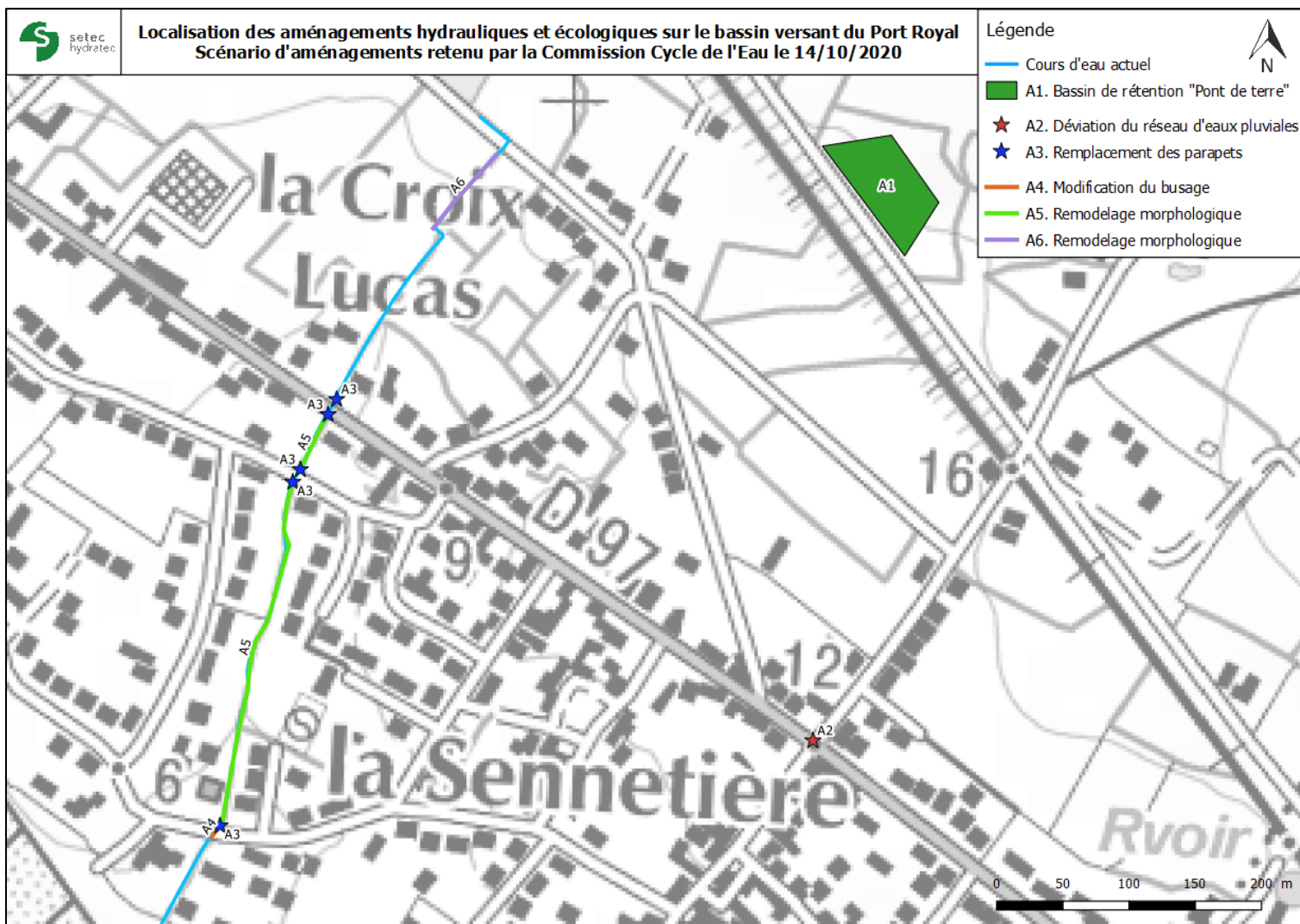
- **modification de l'ouvrage en raison d'une réduction de section au sein du busage traversant la rue de Port Royal ;**
- **remodelage hydromorphologique des berges en amont et en aval de l'avenue des Courlis ;**
- remplacement des parapets béton par des parapets ajourés à la route des Moutiers, l'avenue des Courlis et la rue de Port Royal ;
- déviation du réseau d'eaux pluviales de la rue de la Croix des Noués vers la rue de la Sennetière ;
- création d'un bassin de régulation des eaux pluviales dans la rue du Pont de Terre. Cet aménagement est proposé dans le cadre de l'élaboration du schéma directeur d'eaux pluviales.

- **remodelage hydromorphologique du cours d'eau sur le tronçon en aval de la rue des grands prés.**

Le scénario d'aménagements défini sur le bassin versant du Pontreau est le suivant :

- mise en place de clapets à bec de canard à l'extrémité des émissaires ;
- **remodelage hydromorphologique et la création d'une zone d'expansion au camping de l'Ermitage ;**
- **remodelage hydromorphologique des berges entre la route de la Bernerie et le camping sur 250 m ;**
- rétablissement de la continuité écologique en aval de l'ouvrage ferroviaire et resserrement des écoulements au sein de l'ouvrage ;
- **remodelage hydromorphologique du cours d'eau et création d'une zone d'expansion sur la parcelle communale, route de la Bernerie ;**
- **remise à ciel ouvert du busage traversant la route du Bois des Tréans et redimensionnement de l'ouvrage de franchissement ;**
- **création d'une zone de rétention en zone humide près du chemin des Perrières ;**
- **rétablissement du lit d'origine en fond de vallée du cours d'eau en amont de la route bleue ;**
- création d'un bassin de rétention sur le parking du Bois Sauvain ;
- création d'un bassin de rétention sur la route du Bois des Tréans ;
- **remodelage hydromorphologique du cours d'eau du chemin des Perrières à la route bleue.**

Les cartes pages suivantes localisent les aménagements mentionnés ci-dessus.



Légende

- Cours d'eau actuel
- ★ A1. Mise en place de dapets à bec de canard
- A2. Création d'un bras de décharge
- A4. Reprofilage de berges
- A6. Remise à ciel ouvert et redimensionnement de l'ouvrage
- A8. Remise en fond de talweg
- A11. Restauration morphologique
- A3 A3. Création d'une zone d'expansion
- A5 A5. Restauration du cours d'eau et création d'une zone d'expansion
- A7 A7. Création d'une zone de rétention en zone humide
- A9 A9. Création d'une zone de rétention des eaux pluviales
- A10 A10. Création d'une zone de rétention des eaux pluviales

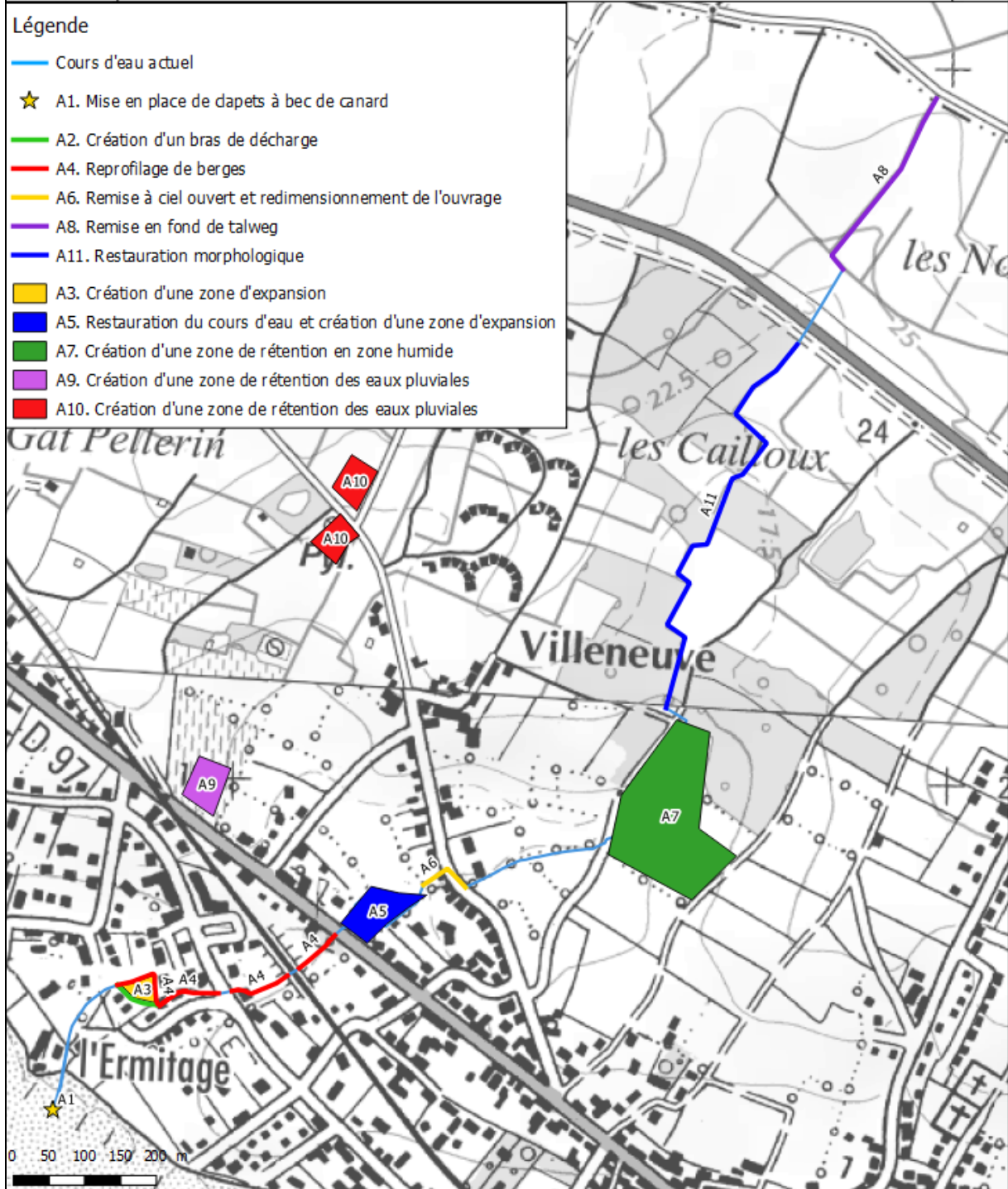


Figure 3 : Scénario d'aménagements retenu pour le bassin versant du Pontreau

4.3 CADRE REGLEMENTAIRE POUR LA REALISATION DES PROJETS

Les travaux d'aménagements évoqués dans le présent dossier sont à la procédure de déclaration au titre de l'article L.214-3 du Code de l'Environnement ou à déclaration d'existence et d'une déclaration de travaux.

Le tableau ci-dessous détaille les rubriques concernées par les travaux d'aménagements.

VERSION DE TRAVAIL

Rubrique	Intitulé	Cours d'eau	Aménagement	Type de procédure
Opération non concernée par la réglementation		Port Royal	A1 - Bassin de rétention du Pont de Terre	Aucune
		Port Royal	A2 - Déviation du réseau d'eaux pluviales	
		Port Royal	A3 - Remplacement des parapets en béton	
		Pontreau	A1 - Changement de clapets anti-retour	
Rubrique 3.1.3.0.	Installations ou ouvrages ayant un impact sensible sur la luminosité nécessaire au maintien de la vie et de la circulation aquatique dans un cours d'eau sur une longueur : 1° Supérieure ou égale à 100 m (A) ; 2° Supérieure ou égale à 10 m et inférieure à 100 m (D).	Port Royal	A4 -Modification de l'ouvrage - Rue de Port Royal	Déclaration d'existence + déclaration de travaux
		Pontreau	A6 - Redimensionnement du l'ouvrage – Route du Bois des Tréans	
Rubrique 3.1.1.0	Installations, ouvrages, remblais et épis, dans le lit mineur d'un cours d'eau, constituant : 1° Un obstacle à l'écoulement des crues (A) ; 2° Un obstacle à la continuité écologique : a) Entraînant une différence de niveau supérieure ou égale à 50 cm, pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage ou de l'installation (A) ; b) Entraînant une différence de niveau supérieure à 20 cm mais inférieure à 50 cm pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage ou de l'installation (D). Au sens de la présente rubrique, la continuité écologique des cours d'eau se définit par la libre circulation des espèces biologiques et par le bon déroulement du transport naturel des sédiments.	Pontreau	A7 - Zone humide – Chemin des Perrières	Déclaration d'existence + déclaration de travaux
Rubrique 3.1.4.0	Consolidation ou protection des berges, à l'exclusion des canaux artificiels, par des techniques autres que végétales vivantes : 1° Sur une longueur supérieure ou égale à 200 m : (A) 2° Sur une longueur supérieure ou égale à 20 m mais inférieure à 200 m : (D)	Pontreau	A4 - Remodelage hydromorphologique en aval de la route de la Bernerie jusqu'en aval de la rue du pré long – 256 ml dont 190 ml en gabions	Déclaration
		Port Royal	A5 - Remodelage hydromorphologique entre la rue des Moutiers et la rue de Port Royal - 300 ml dont 231 ml en gabions	Autorisation
Rubrique 3.3.5.0	Les travaux de restauration des fonctionnalités naturelles des milieux aquatiques relevant de la rubrique 3.3.5.0 de la nomenclature annexée à l'article R. 214-1 du code de l'environnement sont les suivants : 1° Arasement ou dérasement d'ouvrage en lit mineur ; 2° Désendiguement ; 3° Déplacement du lit mineur pour améliorer la fonctionnalité du cours d'eau ou rétablissement du cours d'eau dans son lit d'origine ; 4° Restauration de zones humides ; 5° Mise en dérivation ou suppression d'étangs existants ; 6° Remodelage fonctionnel ou revégétalisation de berges ; 7° Reméandrage ou remodelage hydromorphologique ; 8° Recharge sédimentaire du lit mineur ; 9° Remise à ciel ouvert de cours d'eau couverts ; 10° Restauration de zones naturelles d'expansion des crues ; 11° Opération de restauration des fonctionnalités naturelles des milieux aquatiques prévue dans l'un des documents de gestion suivants, approuvés par l'autorité administrative : a) Un schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) visé à l'article L. 212-1 du code de l'environnement ; b) Un schéma d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE) visé à l'article L. 212-3 du code de l'environnement ; c) Un document d'objectifs de site Natura 2000 (DOCOB) visé à l'article L. 414-2 du code de l'environnement ; d) Une charte de parc naturel régional visée à l'article L. 333-1 du code de l'environnement ; e) Une charte de parc national visée à l'article L. 331-3 du code de l'environnement ; f) Un plan de gestion de réserve naturelle nationale, régionale ou de Corse, visé respectivement aux articles R. 332-22, R. 332-43, R. 332-60 du code de l'environnement ; g) Un plan d'action quinquennal d'un conservatoire d'espace naturel, visé aux articles D. 414-30 et D. 414-31 du code de l'environnement ; h) Un plan de gestion des risques d'inondation (PGRI) visé à l'article L. 566-7 du code de l'environnement ; i) Une stratégie locale de gestion des risques d'inondation (SLGRI) visée à l'article L. 566-8 du code de l'environnement ; 12° Opération de restauration des fonctionnalités naturelles des milieux aquatiques prévue dans un plan de gestion de site du Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres dans le cadre de sa mission de politique foncière ayant pour objets la sauvegarde du littoral, le respect des équilibres écologiques et la préservation des sites naturels tels qu'énoncés à l'article L. 322-1 susvisé	Port Royal	A5 - Remodelage hydromorphologique entre la rue des Moutiers et la rue de Port Royal – 300 ml dont 69 ml en terrassement	Déclaration
		Port Royal	A6 - Remodelage hydromorphologique sur 95 ml – rue des Grands Prés	
		Pontreau	A4 - Remodelage hydromorphologique en aval de la route de la Bernerie jusqu'en aval de la rue du pré long – 256 ml dont 66 ml en terrassement	
		Pontreau	A2 - Remodelage hydromorphologique sur 97 ml – camping Ermitage des dunes	
		Pontreau	A3 - Zone d'expansion – camping Ermitage des dunes	
		Pontreau	A7 - Rétablissement du lit d'origine en fond de vallée – Chemin des Perrières	
		Pontreau	A5 - Remodelage hydromorphologique sur 122 ml – Route de la Bernerie	
		Pontreau	A6 - Remise à ciel ouvert – Route du Bois des Tréans	
		Pontreau	A11 - Remodelage hydromorphologique en aval de la route bleue (linéaire non défini)	
		Pontreau	A8 - Remise en fond de talweg en amont de la route bleue sur 300 ml	

Tableau 1 : Rubriques de la nomenclature Loi sur l'Eau concernées par les travaux d'aménagement

➔ Le dossier est donc soumis à autorisation au titre de la loi sur l'eau.

5 NOTICE D'INCIDENCES DES PROJETS SUR L'EAU ET LES MILIEUX AQUATIQUES

5.1 SYNTHESE ENVIRONNEMENTALE

5.1.1 Hydrographie

Le cours d'eau du Pontreau possède un bassin versant de **145 ha** et prend sa source en amont de la route départementale n°213. Il s'écoule dans la commune des Moutiers-en-Retz sur un linéaire d'environ **2 km**. Il traverse des zones d'habitations puis le camping de l'Hermitage des Dunes où il s'écoule dans une chambre de dessableur équipée d'un clapet anti-retour, avant de se jeter dans l'océan via deux émissaires.

Le cours d'eau du Port Royal possède un bassin versant de **179 ha**. Il s'écoule dans la commune de la Bernerie-en-Retz sur un linéaire d'environ **1 km**. Il traverse d'abord un milieu rural puis des zones d'habitations avant de se jeter dans l'océan.

5.1.2 Géologie

L'agglomération de Pornic est située au sud du massif armoricain. Les caractéristiques géologiques sont similaires sur les deux bassins versants considérés :

- Présence de limons éoliens en tête de bassin versant ;
- Dominance de rhyolites et méta-arkoses à muscovite sur le bassin-versant ;
- Recouvrement des couches rocheuses en aval par des couches sédimentaires.

Les formations géologiques d'origine métamorphique sont typiques des zones de socle. Les aquifères y sont généralement peu productifs et plus vulnérables. Des zones faillées peuvent néanmoins être présentes localement et constituer des drains préférentiels d'écoulements souterrains.

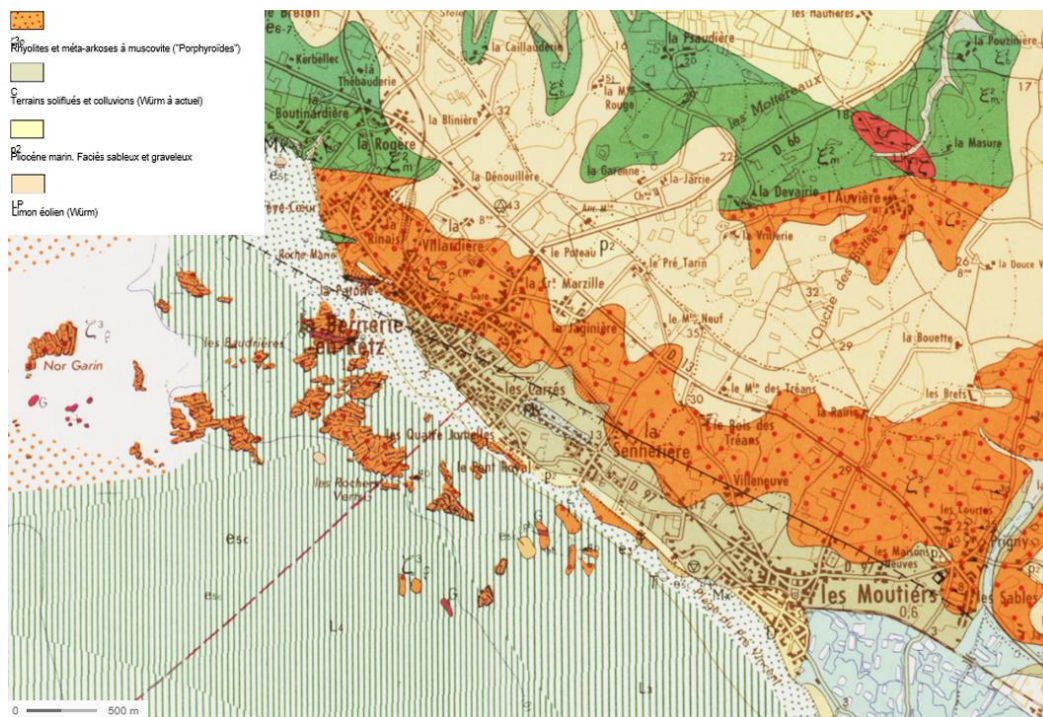


Figure 4 : Carte géologique du Port royal et du Pontreau – source : BRGM

5.1.3 Hydrologie

a) Climatologie

Le climat des bassins versant des deux fleuves côtiers est sous l'influence de l'océan atlantique.

La station climatologique la plus proche est celle de Nantes gérée par Météo France. Les normales mensuelles des températures mettent en évidence une variation des températures relativement faible. Les périodes hivernales sont caractérisées par un climat plutôt doux.

	Température Minimale	Température Maximale
	1981-2010	1981-2010
Janvier	3,1 °C	9,0 °C
Février	2,9 °C	9,9 °C
Mars	4,8 °C	13,0 °C
Avril	6,4 °C	15,5 °C
Mai	9,9 °C	19,2 °C
Juin	12,6 °C	22,7 °C
Juillet	14,4 °C	24,8 °C
Août	14,2 °C	25,0 °C
Septembre	11,9 °C	22,1 °C
Octobre	9,4 °C	17,5 °C
Novembre	5,7 °C	12,4 °C
Décembre	3,4 °C	9,3 °C

Figure 5 : Normales mensuelles des températures à la station climatologique de Météo France à Nantes

b) Contexte hydrologique général

Les données de deux stations météorologiques proches des secteurs d'étude ont été comparées à la station pluviométrique située à Saint-Michel-Chef-Chef en aval du barrage des Gâtineaux :

- Station météorologique à Nantes gérée par Météo France ;
- Station météorologique à Saint-Nazaire - Montoir de Bretagne gérée par Météo France.

Il apparaît intéressant de comparer les mesures pluviométriques d'une station locale à des stations météorologiques. L'acquisition des données au droit de ces stations est automatique et en temps réel. Elles disposent, de plus, de longues chroniques données permettant le calcul de coefficients de Montana fiables et utiles à l'élaboration des hyétogrammes.

Les stations de Nantes et de Saint-Nazaire traduisent bien les variations des précipitations observées à la station du barrage des Gâtineaux en 2017. Néanmoins, des écarts importants peuvent apparaître pour certains mois, notamment pour le mois de décembre. Ces différences traduisent la variabilité des pluies à l'échelle locale. La station de Saint-Nazaire reflète de manière plus fidèle les précipitations observées à Saint-Michel-Chef-Chef.

Toutefois, cette comparaison est basée uniquement sur une année (2017). Une période d'enregistrement plus longue des précipitations à la station des Gâtineaux aurait permis de consolider l'analyse pluviométrique.

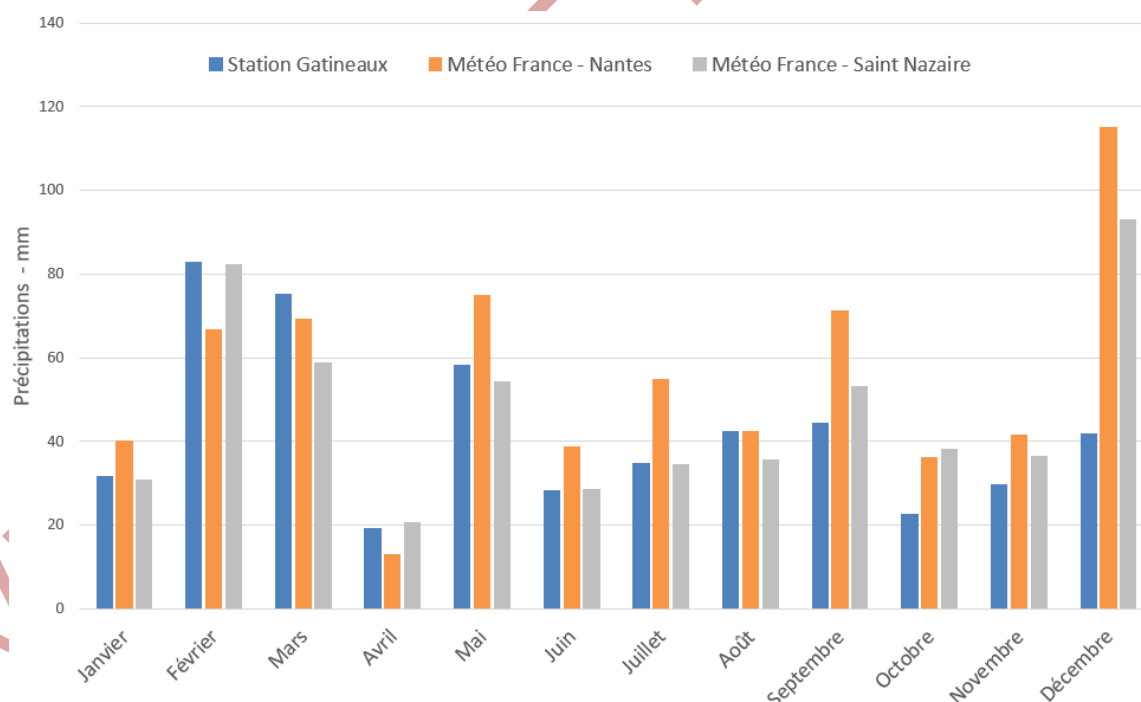


Figure 6 : Comparaison des précipitations mensuelles pour l'année 2017 entre la station en aval du barrage des Gâtineaux, la station Météo France à Nantes et la station Météo France à Saint-Nazaire

Suite aux remarques précédentes, la climatologie de Pornic est basée sur les données de la station de Saint-Nazaire. Les normales des précipitations sont calculées sur une période de 30 ans (1981 – 2010). La hauteur des précipitations annuelles s'élève à 730.3 mm.

Les pluies sont fréquentes toute l'année et généralement peu intenses (normales mensuelles inférieures à 100 mm). Les précipitations mensuelles sont les plus élevées pour la période entre octobre et janvier caractérisée par des pluies longues et fréquentes et une baisse des précipitations est visible en période estivale marquée par des épisodes orageux intenses comme les événements pluvieux du 11 juin et du 2 juillet 2018.

Ce climat est néanmoins marqué par une irrégularité pluviométrique d'une année à l'autre, ce qui rend l'analyse statistique des pluies complexe.

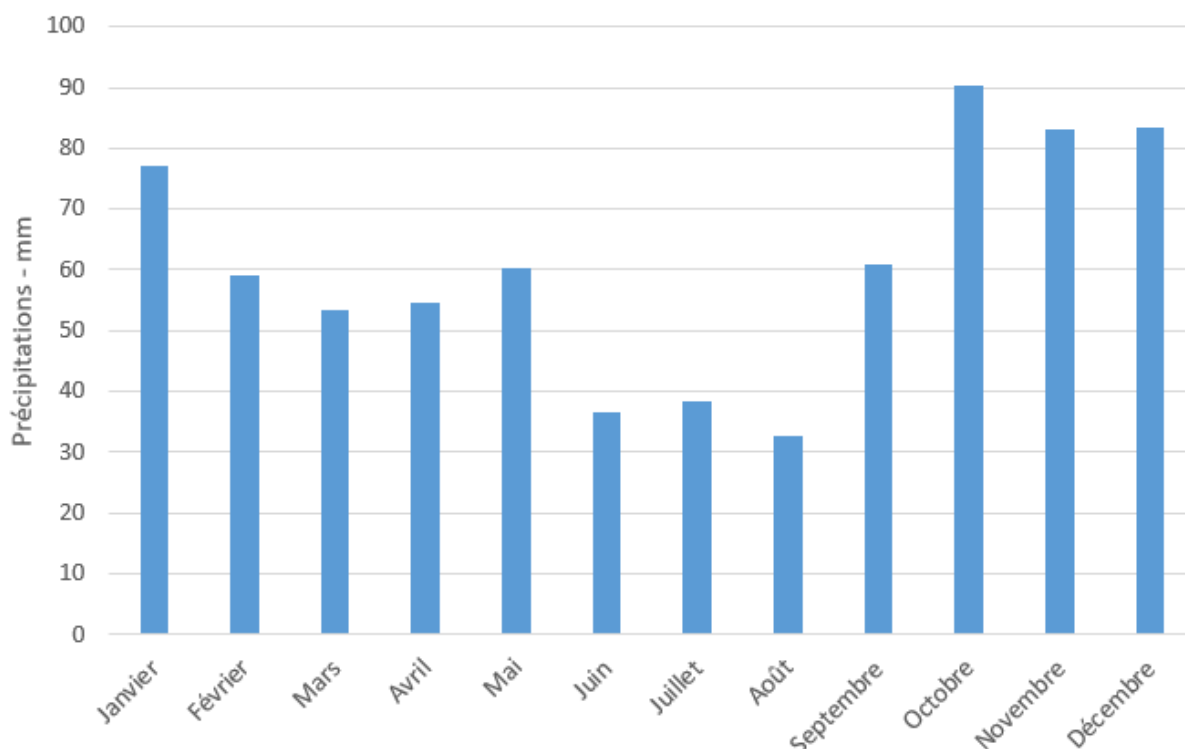


Figure 7 : Normales des précipitations à Saint-Nazaire – Montoir – source : Météo France

c) Hydrologie station en amont du barrage des Gâtineaux

La station de jaugeage située à la Hervière en amont du barrage des Gâtineaux a enregistré les hauteurs d'eau entre le 01/12/2015 et le 31/12/2017 au pas de temps horaire. Cette station a été installée en 2012 par Minyvel Environnement pour le compte d'Atlantic'Eau. La surface de bassin versant considérée est de 6.5 km². Les débits ont été calculés à partir des hauteurs d'eau mesurées.

Cette station se situe sur le bassin versant du Calais. Les bassins versants du Pontreau et de Port Royal ont une occupation du territoire et un climat semblables à celui du Calais. L'analyse de cette station hydrologique peut fournir des éléments sur l'hydrologie du Pontreau et de Port Royal.

La chronique montre des débits nuls sur la période été/automne de 2016 et 2017. Il n'est pas indiqué si cette valeur correspond à une défaillance du système de mesure ou à une absence d'écoulement pouvant être due à un phénomène de remplissage de la retenue (peu probable à cette saison) ou d'assec naturel du cours d'eau.

Les débits moyens mensuels ont été calculés sur la chronique de données de décembre 2015 à décembre 2017 à la station de jaugeage de la Hervière. Les mois de janvier et février se caractérisent par la période de hautes eaux, tandis que la période de basses eaux voire d'assec est mise en évidence entre juin et octobre.

La chronique de données est trop courte pour poursuivre l'analyse statistique en régime ordinaire.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
2015						
2016	236.11	282.98	80.06	11.45	10.30	1.46
2017	1.18	47.99	80.95	3.16	1.71	0.42
	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
2015						52.75
2016				0.00	1.27	0.86
2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.05

Tableau 2 : Débits moyens mensuels à la station de jaugeage de la Hervière

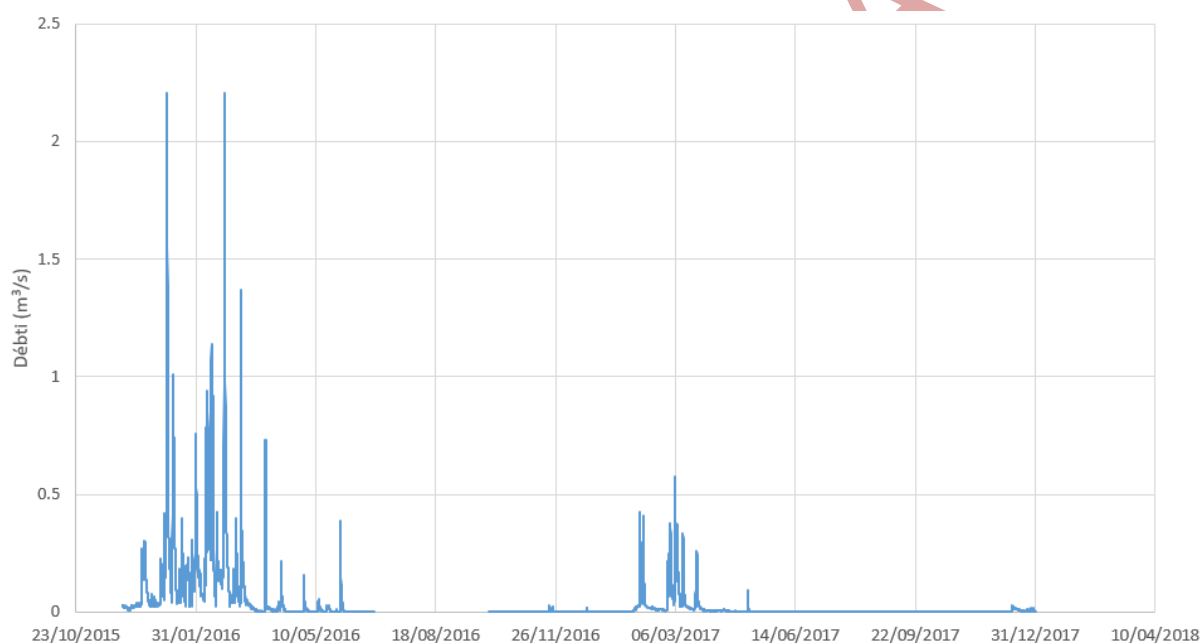


Figure 8 : Chronique des débits calculés à la station de la station de la Hervière

Les enregistrements du 07/01/2016 et du 24/02/2016 correspondent aux événements hydrologiques les plus forts observés sur la chronique se rapportant à des crues ($Q = 2.2 \text{ m}^3/\text{s}$).

Les hydrogrammes décrits lors de ces deux événements sont similaires :

- La durée (crue + décrue) est de l'ordre du jour ;
- La forme de l'hydrogramme est quasiment symétrique ;
- Deux pics d'intensité sont observés, le second étant le plus marqué et le plus intense.

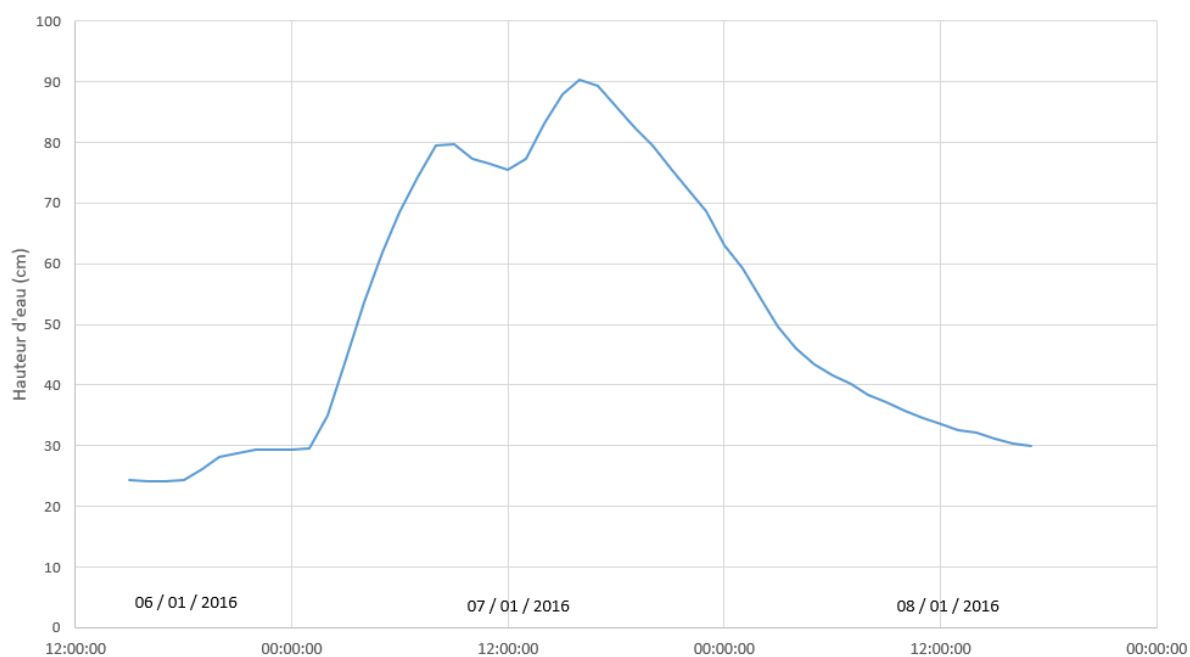


Figure 9 : Hydrogramme de la station de jaugeage entre le 6 et 8 janvier 2016



Figure 10 : Hydrogramme de la station de jaugeage entre le 23 et 25 décembre 2016

La courte durée d'acquisition des données ne permet pas l'estimation de débits de crue statistiques. Cependant, ces données apportent des informations complémentaires notamment sur les caractéristiques des hydrogrammes de crue.

5.1.4 Patrimoine naturel

Deux sites Natura 2000 sont présents sur le secteur d'étude : Il s'agit de **l'Estuaire de la Loire Sud et Baie de Bourgneuf** et du **Marais Breton, baie de Bourgneuf, île de**

Noirmoutier et forêt de Monts, situés en domaine maritime et longeant la côte. Les habitats concernés sont :

- Les bancs de sables à faible couverture permanente d'eau maritime ;
- L'estuaire ;
- Les replats boueux ou sableux exondés à marée basse ;
- Les grandes criques et baies peu profondes et les récifs.

Comme pour le site Natura 2000, la **ZNIEFF de type 2 du Marais Breton et Baie de Bourgneuf** est un site maritime présent le long de la côte en superposition du site Natura 2000 de même nom. Elle présente une forte diversité végétale ainsi qu'un fort potentiel ornithologique.

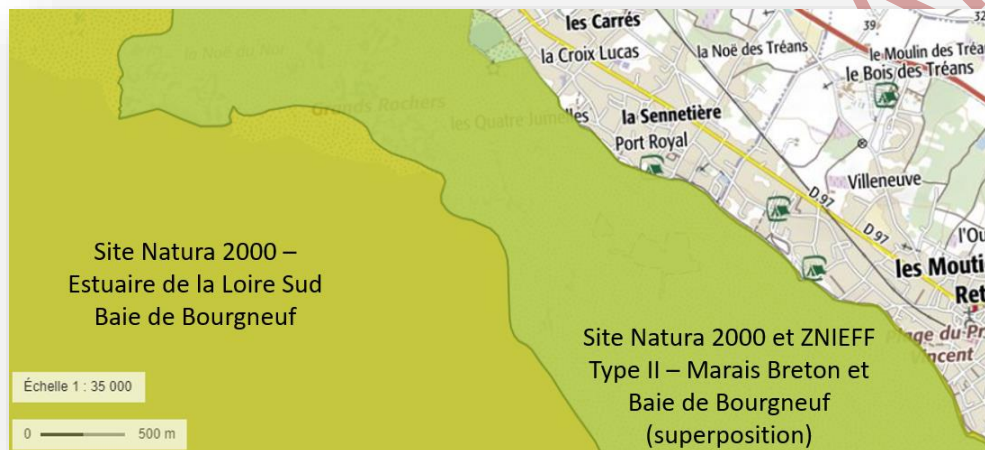


Figure 11 : Localisation du site Natura 2000 et de la ZNIEFF

Le secteur d'étude ne fait pas l'objet d'autres classements ou inventaires (ZNIEFF de type 1, sites inscrits ou classés, arrêtés de protection de biotope...).

5.1.5 Etudes antérieures

Etude hydraulique des bassins versant de la communauté de communes de Pornic - BCEOM 2006

Cette étude a été réalisée avant les inondations de 2018. Néanmoins, les secteurs des Moutiers-en-Retz, de la Bernerie-en-Retz ont déjà connu des inondations en 2003.

Seuls les ruisseaux du Pontreau et Port Royal ont fait l'objet d'une modélisation mathématique. Le diagnostic a été effectué pour la crue de février 2003, crue de période de retour 10 ans.

Le diagnostic réalisé sur ces deux cours d'eau est le suivant :

- Pontreau :
 - 5 ouvrages sur 6 sont sous-dimensionnés pour une crue décennale ;

- L'ouvrage au droit de la RD n°97 crée une perte de charge importante.
- Port Royal :
 - 2 ouvrages situés en zones urbaines sensibles sont sous-dimensionnés.

Les aménagements proposés pour la protection en crue des bassins côtiers sont :

- Pontreau : bassin de rétention (7140 m³) ;
- Port Royale : redimensionnement des buses.

Aucun des aménagements proposés n'intègre une dimension visant la restauration des milieux aquatiques. De plus, la problématique des émissaires en aval des ruisseaux n'est pas soulevée dans l'étude.

Maitrise d'œuvre pour le renforcement des digues du secteur des Moutiers-en-Retz/Bourgneuf-en-Retz – ISL Ingénierie 2016

L'émissaire du Pontreau concerne la digue des Fresches nord. L'historique de l'exutoire du Pontreau est rappelé :

- 1959-1960 : Amélioration du débouché du ruisseau du Pontreau dans la mer – construction d'un aqueduc en béton de 30 m et d'une digue en maçonnerie ;
- 1980-1981 : Doublement de l'émissaire.

5.1.6 Plan de prévention des risques littoraux – Baie de Bourgneuf Nord

Le PPRL de la Baie de Bourgneuf Nord a été approuvé par arrêté préfectoral le **13 juillet 2016**. Il comprend les bassins versants du Pontreau et du Port Royal.

L'événement de référence historique est la **tempête Xynthia en février 2010**. La concomitance des vents forts, d'une dépression importante et d'une marée haute a provoqué des niveaux très élevés.

Deux niveaux de submersions ont été étudiés afin d'intégrer l'effet prévisible du réchauffement climatique à court et long terme. Les niveaux marins de référence considérés sur le secteur des bassins versant côtiers du Pontreau et du Port Royal sont les suivants :

- **Tempête Xynthia + 20 cm : 4.40 m IGN69**
- **Tempête Xynthia + 60 cm : 4.80 m IGN69**

Le bassin versant du Port Royal contient des zones de risque faible à très fort dans sa partie aval pour l'événement « Xynthia + 60 cm ». Le risque est nul pour l'aléa « Xynthia + 20 cm ».

Le bassin versant du Pontreau contient des zones de risque faible à très fort dans sa partie aval pour l'événement « Xynthia + 20 cm ».

Le risque de submersion à l'exutoire des deux ruisseaux étudiés est présent. La prise en compte de l'influence de la marée est capitale dans l'étude hydraulique des ruisseaux, notamment des niveaux de référence similaire à ceux du PPRL pour les scénarios les plus pessimistes.



Figure 12 : Extrait du zonage réglementaire du PPRL de la Baie de Bourgneuf Nord sur la commune de la Bernerie-en-Retz et des Moutiers-en-Retz

5.1.7 Ouvrages existants

a) Réseaux d'eaux pluviales

Les schémas directeurs d'assainissement des eaux pluviales sont en cours d'élaboration sur les communes de la Bernerie-en-Retz et des Moutiers-en-Retz. Les couches SIG des nœuds et des tronçons ont été fournis par le maître d'ouvrage. Ils permettent de comprendre le ruissellement de surface et les rejets des eaux pluviales dans les cours d'eau.

Il a notamment été recensé :

- Pour le Pontreau : 14 rejets d'eaux pluviales dans le cours d'eau et un bassin de rétention.
- Pour le Port Royal : 20 rejets d'eaux pluviales dans le cours d'eau et 2 bassins de rétention.

Lors des pluies intenses, les ruissellements sont générés par les surfaces imperméabilisées des bassins versants urbains. Les bassins versants urbains ayant un exutoire dans les cours d'eau ont été décrits à l'aide des schémas directeurs d'assainissement des eaux pluviales.

Volume de débordement

- De 0,1 m³ à 10 m³
- De 10 m³ à 50 m³
- De 50 m³ à 100 m³
- Supérieur à 100 m³

Bassins de rétention

- Bassin de rétention
- Débordement du bassin de rétention

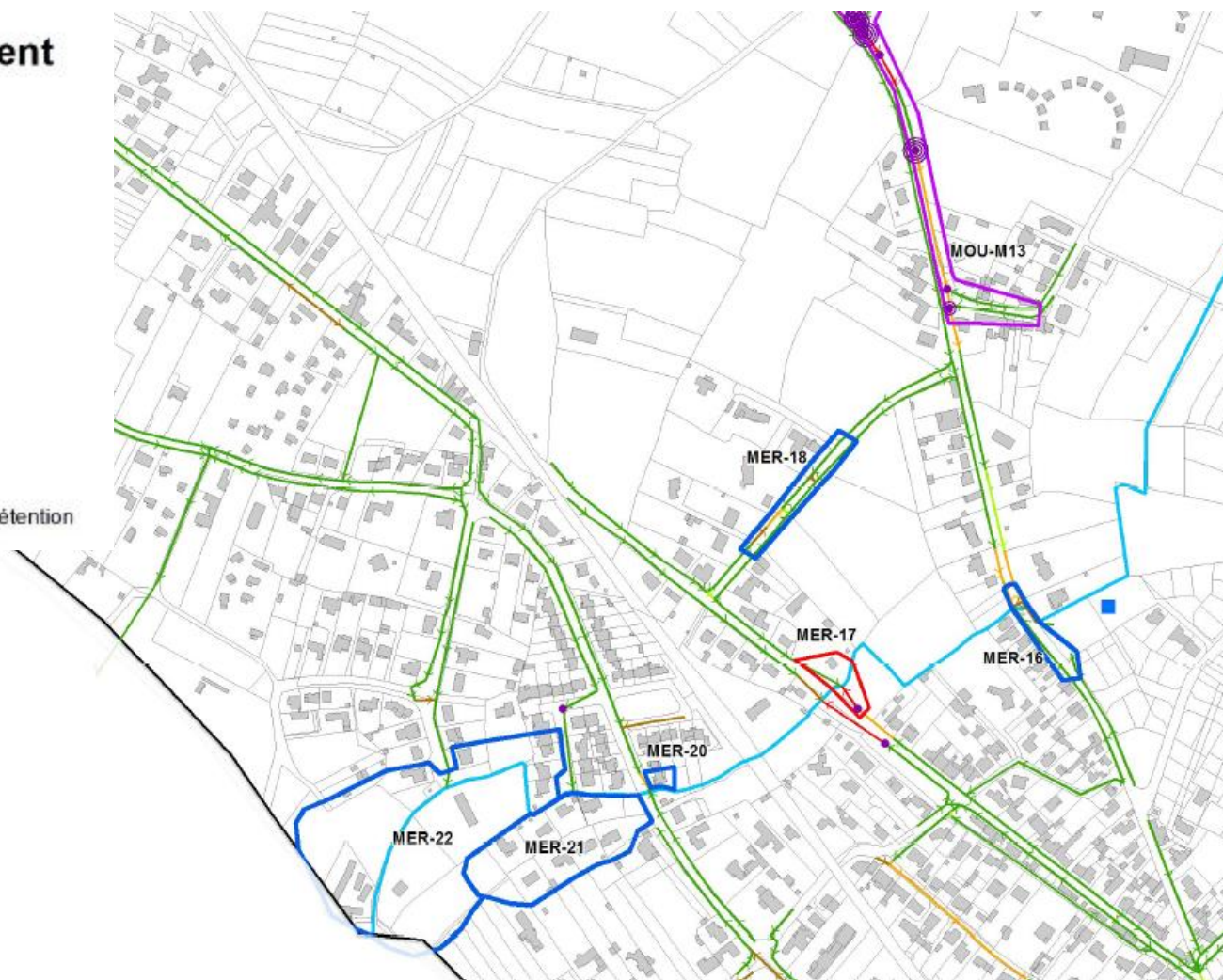


Figure 13 : Diagnostic hydraulique du réseau d'eaux pluviales sur la commune des Moutiers-en-Retz pour une période de retour 30 ans - Pontreau - source : SCE 2019

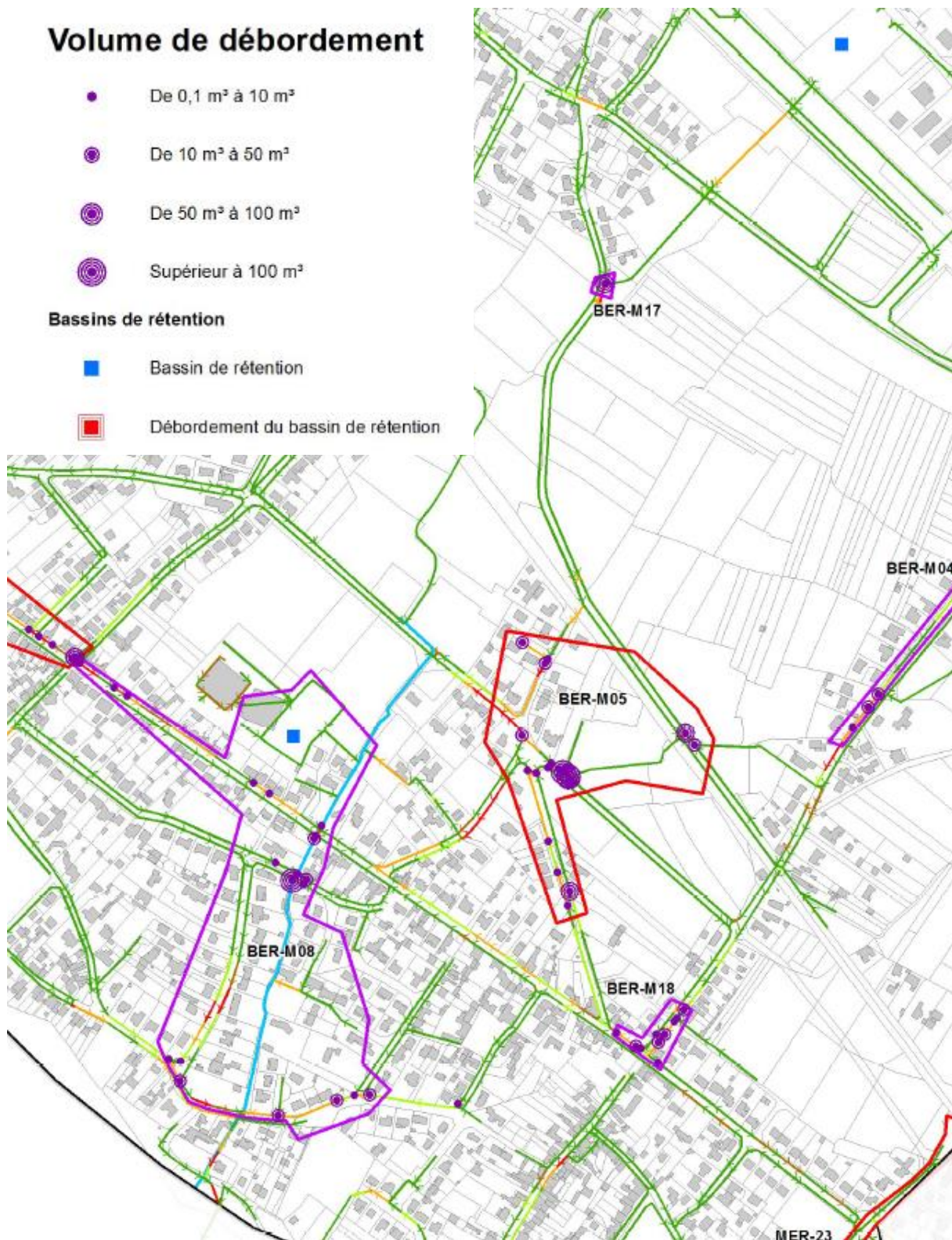


Figure 14 : Diagnostic hydraulique du réseau d'eaux pluviales sur la commune de la Bernerie-en-Retz pour une période de retour 30 ans – Port Royal - source : SCE 2019

b) Exutoire vers la mer

Diagnostic par inspection télévisée des réseaux d'assainissement d'eaux pluviales – ALTEA Environnement 2017

Une inspection télévisée a été réalisée dans l'émissaire du Pontreau, dans la chambre du dessableur et des conduites amont. Ce diagnostic met en évidence :

- La présence des mollusques sur les parois des buses ;
- La présence de dépôts (20%) ;
- Deux fissures au niveau de la buse amont et aval du dessableur.

5.1.8 Usages

Le Pontreau et le Port Royal n'ont pas d'usage particulier.

5.1.9 Rencontres et entretiens

Aucun repère de crue n'est répertorié pour les quatre fleuves côtiers sur le site du Ministère de la transition écologique et solidaire.

La rencontre avec les riverains est l'opportunité d'échanger sur les débordements observés et en particulier de localiser et de relever les cotes maximales atteintes lors des crues récentes de juin 2018. Le relevé topographique des cotes maximales atteintes lors de cet événement est capital pour réaliser correctement le calage du modèle.

Id	Lieu	Description	Cours d'eau	Fiabilité
9	Chemin piéton La Bernerie-en-Retz	Niveau d'eau sur le muret extérieur	Port Royal	Moyenne
10	Chemin piéton La Bernerie-en-Retz	Niveau d'eau sur le muret extérieur	Port Royal	Bonne
11	Avenue des Courlis La Bernerie-en-Retz	Niveau d'eau sur le muret extérieur	Port Royal	Bonne
12	44 Rue des Moutiers La Bernerie-en-Retz	Niveau d'eau sur la porte du garage	Port Royal	Bonne
13	4 Impasse de l'Hermitage des dunes Les Moutiers-en-Retz	Niveau d'eau sur la marche d'entrée du garage	Pontreau	Bonne
14	6 Impasse de l'Hermitage des dunes Les Moutiers-en-Retz	Niveau d'eau sur le muret extérieur de la propriété	Pontreau	Bonne
15	Impasse de l'Hermitage des dunes Les Moutiers-en-Retz	Niveau d'eau sur la porte du garage	Pontreau	Bonne
16	4 Rue du Pré long Les Moutiers-en-Retz	Niveau d'eau sur le mur extérieur de la maison	Pontreau	Bonne
17	Camping l'Hermitage des Dunes Les Moutiers-en-Retz	Niveau d'eau dans les sanitaires	Pontreau	Mauvaise

Tableau 3 : Laises de crue recensées sur le Port Royal et le Pontreau

5.1.10 Evolution de la population

L'occupation du territoire a été étudiée sur les communes des Moutiers-en-Retz et de la Bernerie-en-Retz. Les caractéristiques sont similaires entre les communes :

- Les communes sont **très urbanisées**, la surface à vocation d'agriculture est inférieure ou égale à 10 %. En milieu urbanisé dense, les surfaces imperméabilisées entraînent des coefficients de ruissellement élevés générant des volumes ruisselés importants et propices aux débordements lorsque le cours d'eau est en incapacité de drainer ce volume ;
- La part représentative des établissements administratifs et de l'industrie est significative, ce qui met en évidence la présence d'enjeux forts sur les communes ;
- Le pourcentage lié aux commerces et aux services divers est caractéristique des villes côtières pour lesquelles le tourisme est une source de développement pour les activités commerciales et secondaires (loisirs, camping...).

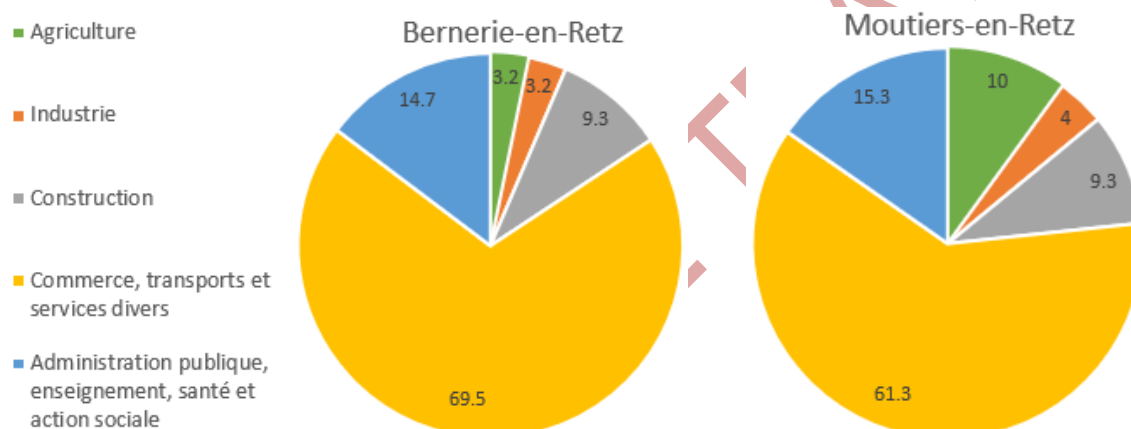


Figure 15 : Occupation du territoire sur les communes étudiées - source : Insee 2015

La population de Pornic est quatre fois supérieure à celle des autres communes, cependant l'évolution est semblable :

- Entre 1968 et 1982, l'évolution est faible ;
- Dans les années 1990, les populations augmentent. Cette croissance est d'autant plus marquée que la population est élevée ;
- A partir de 2010, la population semble se stabiliser ou en légère hausse. Des statistiques plus récentes ou sur le long terme permettront de confirmer cette tendance.

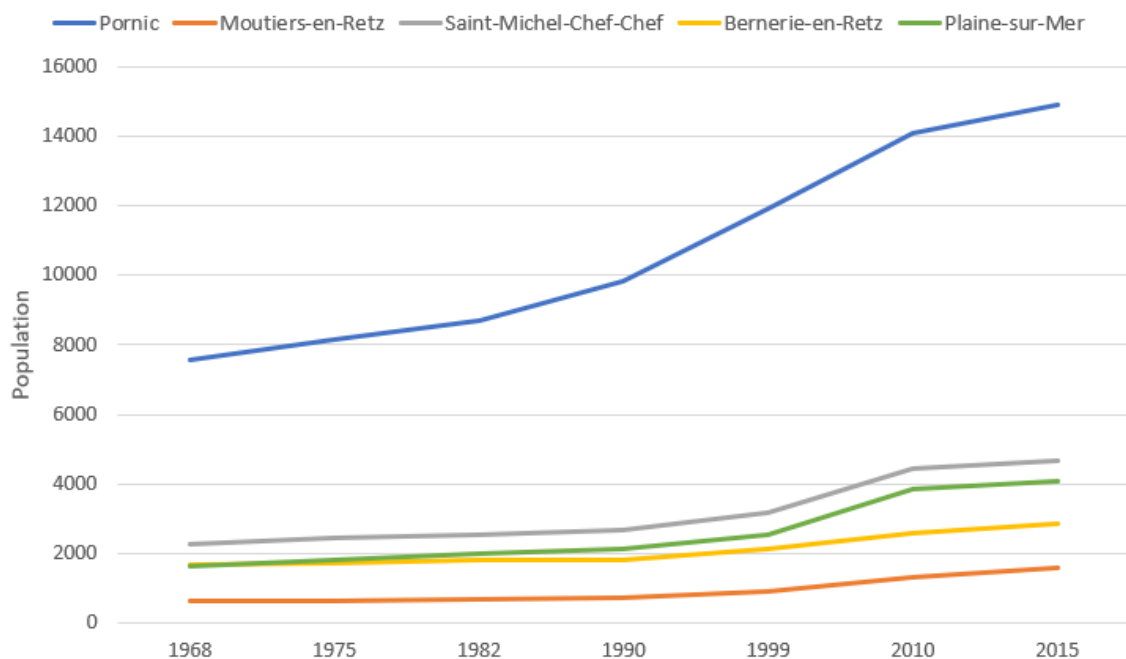


Figure 16 : Evolution de la population entre 1968 et 2015 - source : Insee

5.2 DESCRIPTION DU SITE

5.2.1 Données historiques

La comparaison des photographies aériennes anciennes sur le portail de l'IGN permet de mieux appréhender l'historique des sites.

Sur les photographies aériennes datant de 1949, les deux cours d'eau apparaissent naturels notamment par l'absence d'urbanisation en lit majeur.

Les caractéristiques morphologiques des cours d'eau sont semblables à la situation actuelle : le Pontreau présente des méandres tandis que le Port Royal reste rectiligne.



Figure 17 : Photographie aérienne de 1949 sur le secteur du Pontreau



Figure 18 : Photographie aérienne de 1949 sur le secteur de Port Royal

5.2.2 Description des bassins versants amont

a) Description des bassins versants

La surface totale du bassin versant du Pontreau représente **204.7 ha** et s'étend sur un linéaire de **1.08 km** depuis l'exutoire jusqu'au chemin des Perrières. Le cours d'eau ne possède aucun affluent.

La surface totale du bassin versant du Port Royal représente **231.3 ha** et s'étend sur un linéaire de **0.815 km** depuis l'exutoire jusqu'à la rue des Grands Prés. Le cours d'eau ne possède aucun affluent.

L'occupation du sol a été analysée avec la base de **données géographique CORINE Land Cover (CLC) de 2012**. Cette base établit un inventaire biophysique de l'occupation des terres.

D'une manière globale, l'occupation des bassins versants côtiers est scindée en deux parties distinctes :

- **Un milieu urbanisé dense à l'aval** principalement caractérisé par des zones résidentielles. Cela représente **28 %** de la surface du bassin versant du Pontreau et **35 %** pour celui du Port Royal. Néanmoins, des zones urbanisées sont présentes également en tête de bassin versant avec notamment la présence de deux campings (Les Brillas et Anas) pour le Pontreau et une zone résidentielle pour le Port Royal ;
- **Un milieu rural à l'amont marqué par la prédominance des terres agricoles**. Cela représente **72 %** de la surface du bassin versant du Pontreau et **65 %** pour celui du Port Royal. Ces surfaces à faible coefficient de ruissellement jouent un rôle de tampon en favorisant l'infiltration et le ralentissement de l'écoulement.

Les sous-bassins versants amont correspondent dans notre cas à ceux situés en amont des linéaires modélisés. Ils représentent environ la moitié du bassin versant total et contribuent fortement aux apports dans les cours d'eau :

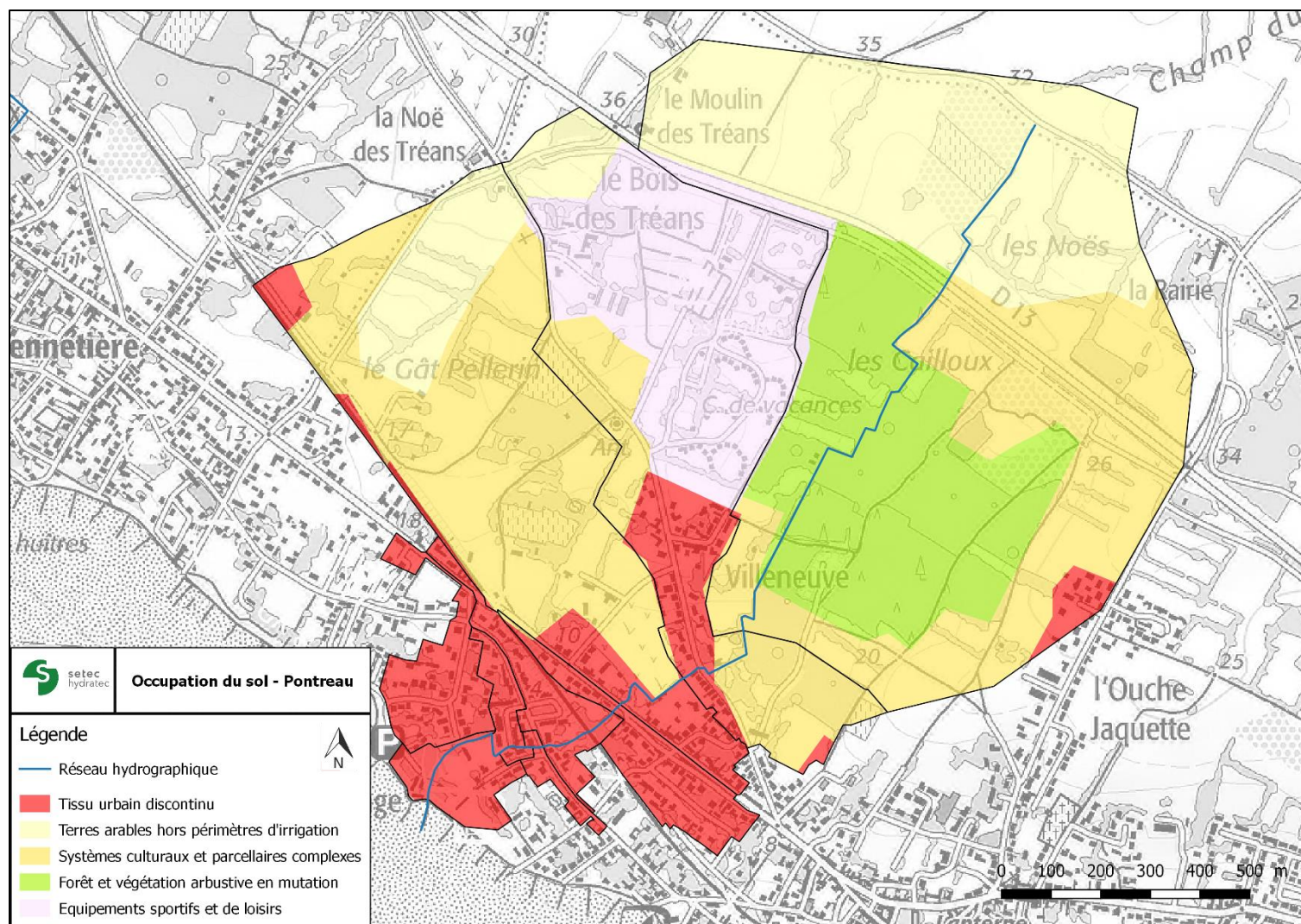
- **48 % (BC17)** pour le Pontreau ;
- **58 % (BC40 et BC42)** pour le Port Royal.

En aval, les bassins-versants ont été définis à partir du schéma directeur d'assainissement des eaux pluviales en cours d'élaboration. Les bassins versants urbains possèdent des temps de réponse relativement courts en raison de leurs caractéristiques physiques faibles et leur coefficient de ruissellement élevé.

Les temps de concentration ont été estimés par la méthode de Passini pour les bassins versants ruraux et par la méthode de Desbordes pour les bassins versants urbains.

Tableau 4 : Principales caractéristiques des sous-bassins versants du Pontreau et du Port Royal

Nom	Surface (ha)	Longueur du chemin hydraulique le plus long (m)	Pente (%)	Temps de concentration (min)	Occupation du sol	
					% urbain	% agricole
PONTREAU						
BC4	4.73	485	2.15	9	100	0
BC6	1.51	282	2.65	6	100	0
BC10	0.79	157	1.32	6	100	0
BC14	4.79	307	0.60	14	99	1
BC15	43.29	1164	2.02	33	13	87
BC16	43.25	1156	2.19	25	69	31
BC19	3.18	150	1.00	10	100	0
BC17	99.17	1745	1.38	66	3	96
BC9	3.82	422	2.41	8	100	0
BV global	204.53	2825	1.11	52-110	28	72
PORT ROYAL						
BC19	1.52	97	1.27	8	100	0
BC26	2.87	299	1.07	10	100	0
BC37	1.30	262	0.72	9	100	0
BC20	2.29	423	0.64	11	100	0
BC24	1.05	248	0.58	9	100	0
BC25	0.98	231	0.58	9	100	0
BC28	1.31	286	0.46	11	100	0
BC36	4.02	269	0.48	18	39	61
BC32	2.54	304	0.60	12	100	0
BC39	1.13	268	1.04	11	4	96
BC42	17.32	1258	1.29	20	24	76
BC40	118.70	1919	1.25	76	31	69
BC33	64.70	2647	0.49	111	19	81
BC22	5.19	373	0.87	13	100	0
BC23	1.33	111	0.86	8	100	0
BC21	4.88	404	1.56	10	100	0
BV global	231.14	2606	1.14	44-110	35	65



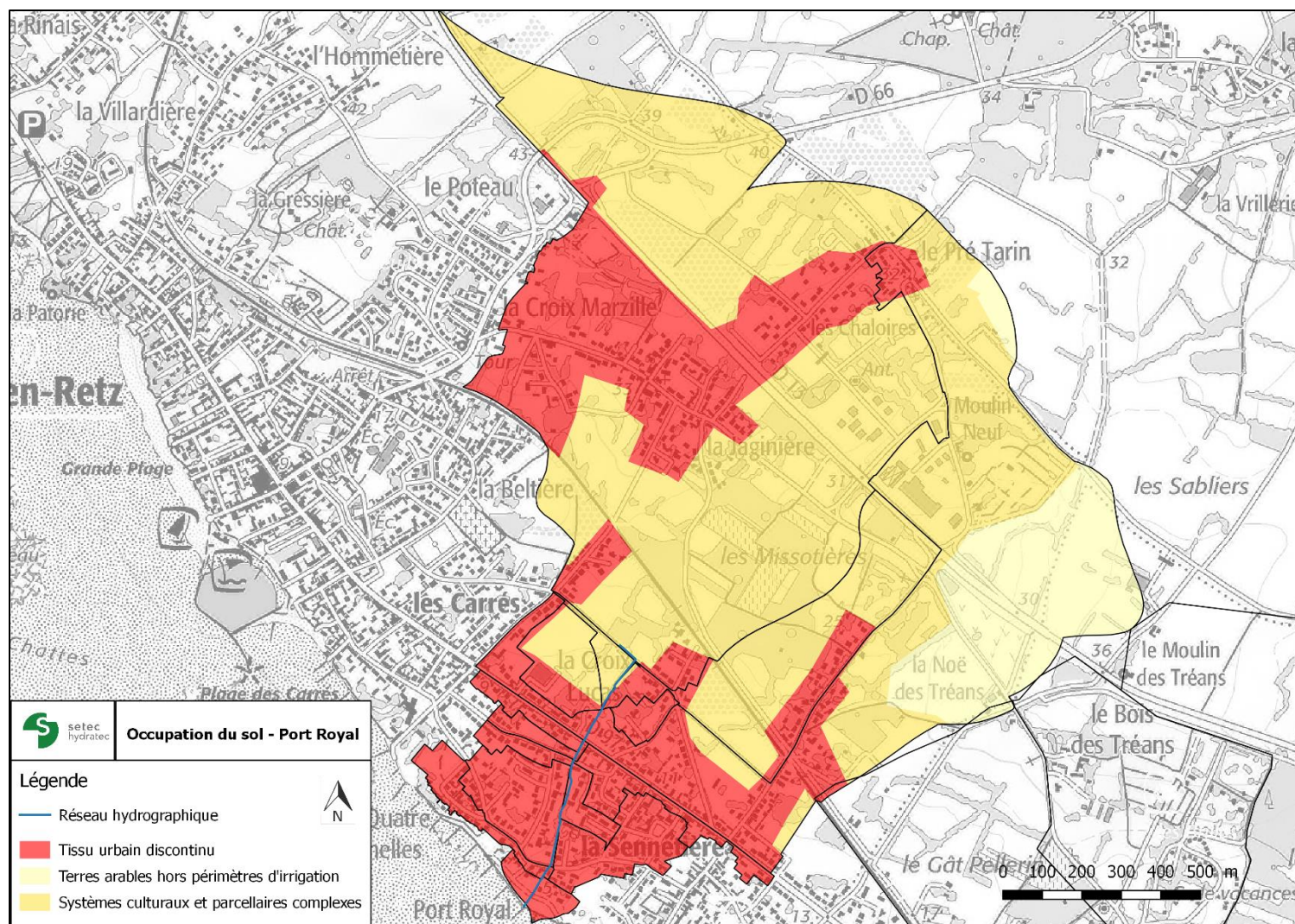


Figure 20 : Cartographie de l'occupation du sol sur les sous-bassins versant du Port Royal

b) Ouvrages de régulation

Lors de la visite de terrain, un bassin de rétention récent sur une parcelle privée près du chemin de la Bourdaine a été observé sur le bassin versant du Pontreau. Ce bassin est susceptible de réguler une partie du bassin versant amont.

Cet ouvrage ne fait pas l'objet d'une modélisation.

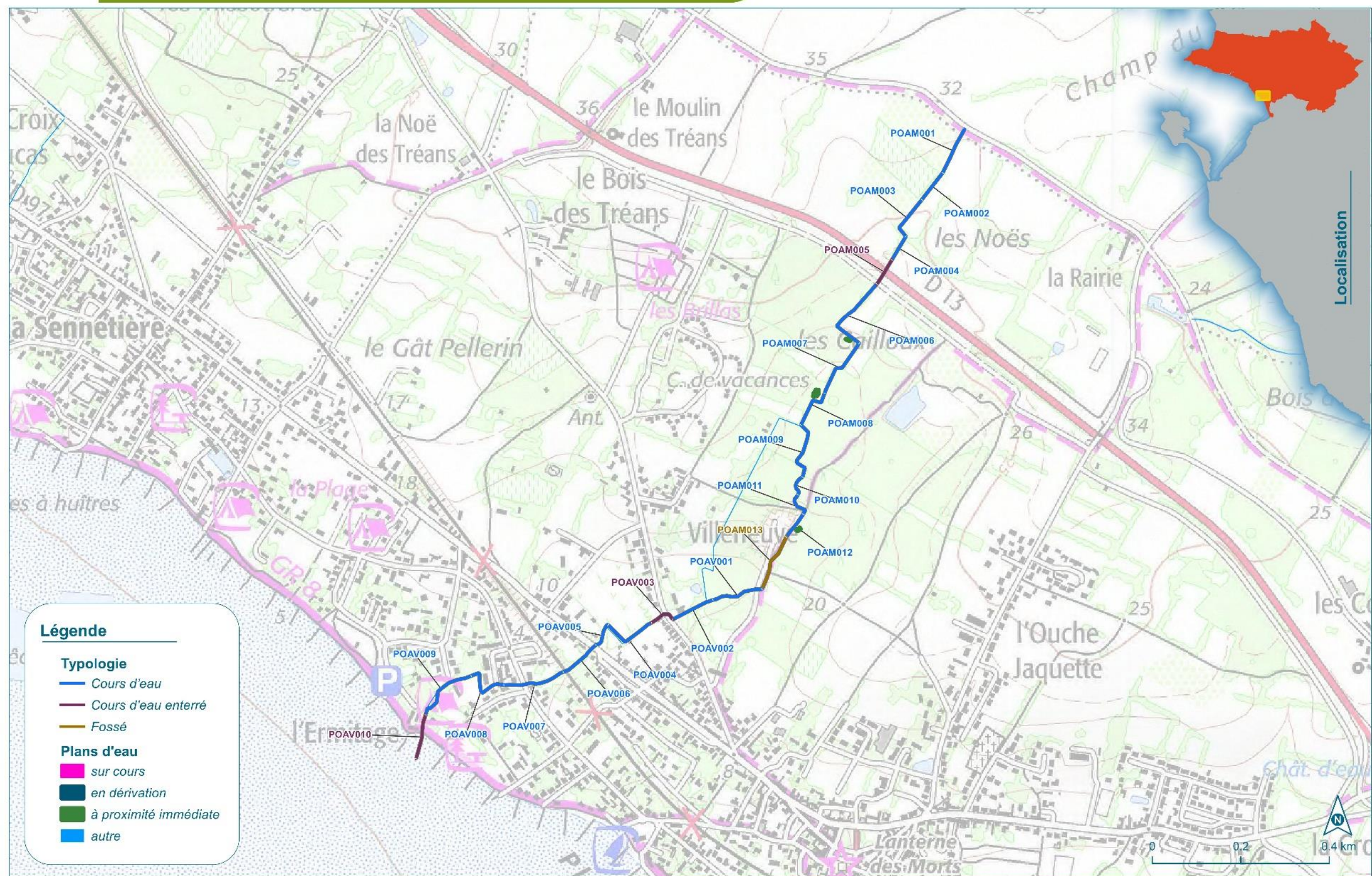
5.2.3 Description physique des cours d'eau et de leur environnement proche

Les paragraphes ci-après donnent une description des principales caractéristiques hydromorphologiques du Pontreau et du Port Royal, faisant suite aux reconnaissances de terrain et à l'analyse des données topographiques.

a) Typologie des cours d'eau

La carte page suivante décrit les différents types de cours d'eau selon la typologie de M. Le Bihan.

Sur le réseau étudié, un linéaire cumulé de 310 m est enterré, principalement situé en front de mer. Un plus faible linéaire est considéré comme fossé (187 m), notamment lorsque le cours d'eau longe des routes ou lorsqu'il se situe à proximité d'habitations.





b) Continuité des écoulements

Le niveau d'intermittence des écoulements a été défini sur le terrain. Ce diagnostic permet d'identifier les secteurs à risque d'assec ou en ruptures d'écoulement. Cinq classes sont définies par M. Le Bihan :

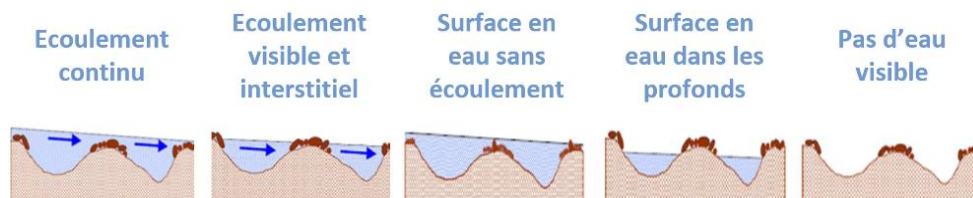


Figure 21 : Typologie des écoulements le jour de la visite (Le Bihan, 2019)

En fin de printemps, un tiers du linéaire présentait des écoulements soit continus (20 %) soit visibles et interstitiels (11 %). Les assecs (« pas d'eau visible ») et les ruptures d'écoulements (surface en eau dans les profonds) sont en revanche plus fréquents, représentant 68 % de l'ensemble du linéaire. Ceci est notamment dû aux surfaces de bassins versants réduites induisant des écoulements temporaires.

Tronçons	Longueur en km	Types d'écoulements observés				
		Écoulement continu	Écoulement visible et interstitiel	Surface en eau sans écoulement	Surface en eau dans les « profonds »	Pas d'eau visible
Pontreau amont	1,415			10 %	55 %	35 %
Pontreau aval	1,129		21 %	60 %	10 %	9 %
Port Royal	1,103	66 %	16 %	13 %	5 %	
Linéaire total	3,647	20 %	12 %	26 %	26 %	16 %

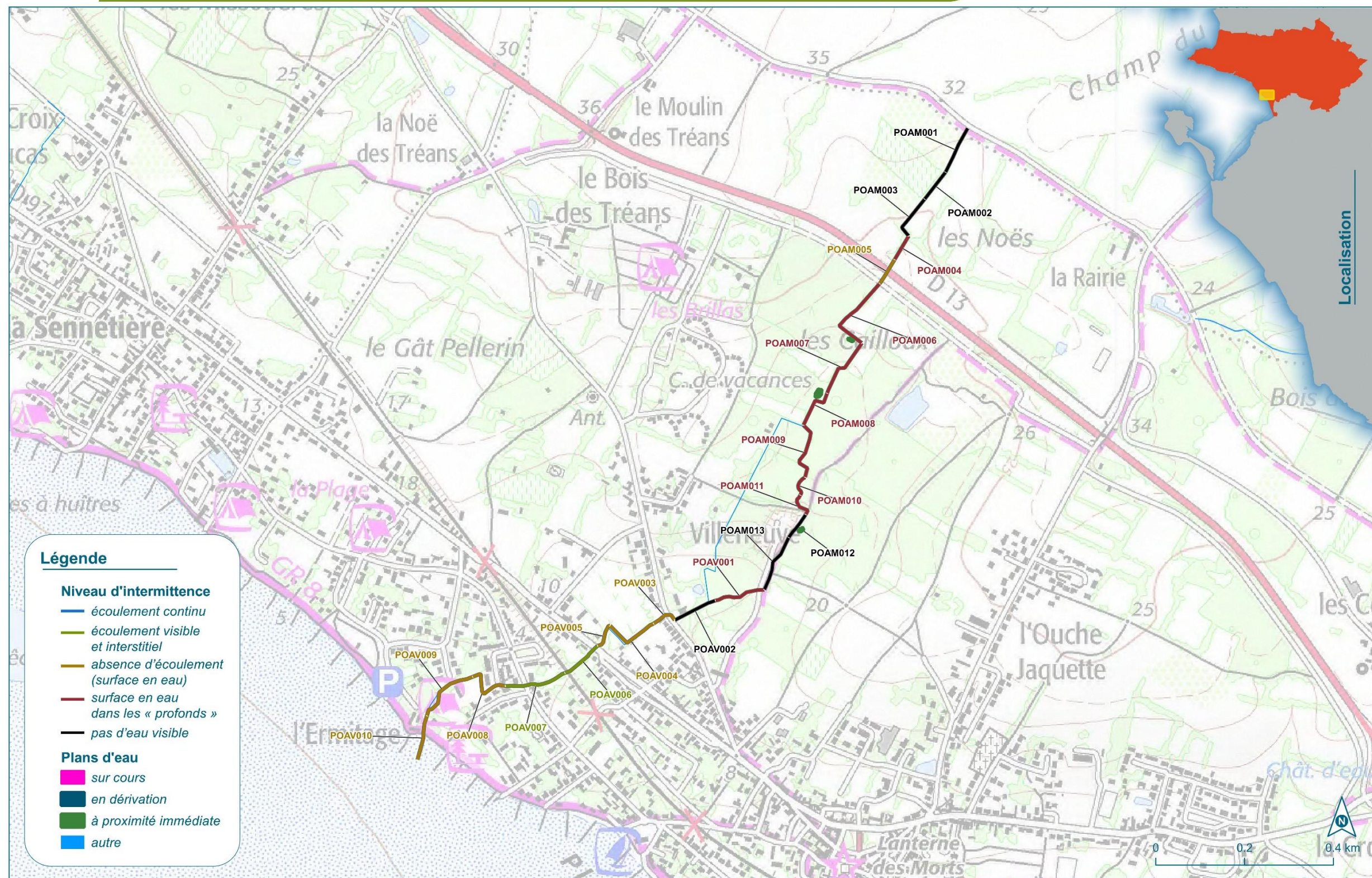
Tableau 5 : Répartition des types d'écoulement par cours d'eau



Écoulements visibles dès l'amont du ruisseau du Port Royal



Le Pontreau amont en assec





c) Profils en travers

Un paramètre simple peut être utilisé pour appréhender le fonctionnement hydromorphologique des cours d'eau. Il s'agit du **rapport largeur plein bord (Lpb) sur hauteur totale (Ht)**, paramètre typologique indicateur de l'activité morphodynamique d'un cours d'eau.

A l'état naturel (= très peu d'altérations anthropiques), le lit des petits cours d'eau de tête de bassin est généralement plus large que profond, et présente rarement des ratios de forme Lpb/Ht inférieurs à 3/1 (Jan, 2013).

Tronçons	Largeur plein bord (Lpb) / Hauteur totale (Ht) par segment		
	Minimum	Moyenne	Maximum
Pontreau amont	1,25	2,52	3,69
Pontreau aval	1,85	3,51	6,36
Port Royal	1,40	2,65	4,67

Tableau 6 : Ratio largeur plein bord (Lpb) sur Hauteur totale (Ht)

Les segments du Pontreau amont et du Port Royal présentent les plus bas ratios de forme. Il s'agit en effet essentiellement de petits chevelus de tête de bassin ayant subi de lourds aménagements de type déplacement de cours d'eau, recalibrage, rectification...

Bien que présentant des valeurs supérieures à 3, le Pontreau aval a lui aussi été aménagé. Les berges maçonnées et renforcées ou constituées de remblais en sont les principales traces.

Le graphique suivant propose une représentation de la distribution des valeurs au sein d'un tronçon via le système de boîtes à moustaches. Ainsi 5 valeurs sont-elles fournies : minimum et maximum, la moyenne, ainsi que 2 quartiles.

La distribution des valeurs s'avère globalement peu étendue (quartiles 1 et 3 très proches, englobant 50% du nombre de valeurs) au sein des tronçons. Pour la plupart des profils, les valeurs de ratio de forme oscillent entre 2 et 4, même si le Pontreau amont semble avoir une géométrie légèrement plus variable.

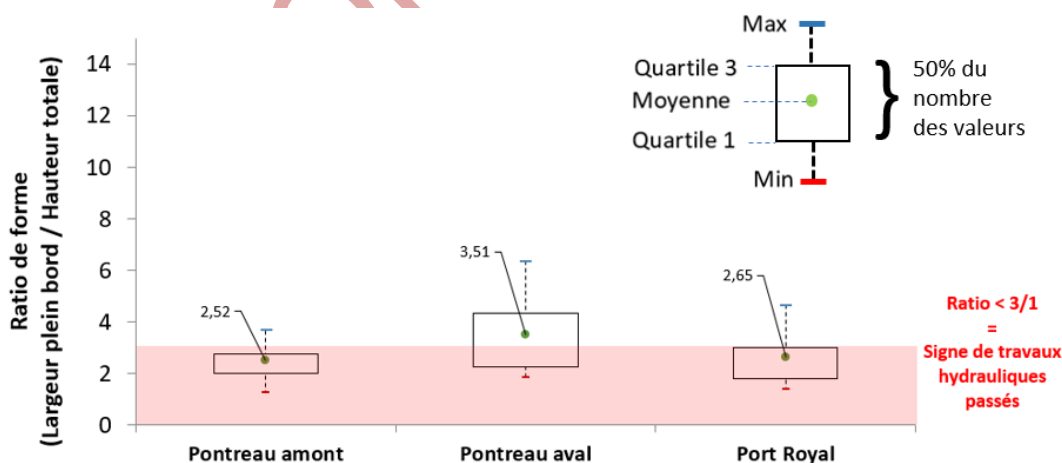
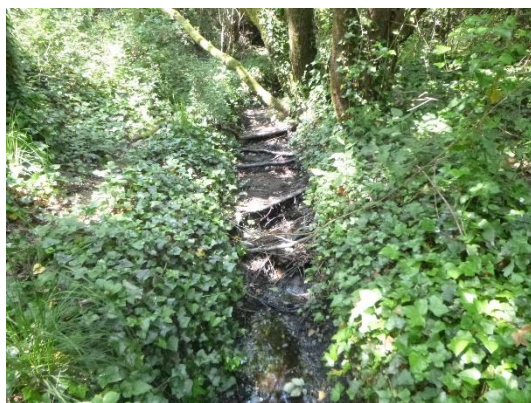


Figure 22 : Représentation graphique des ratios de forme par tronçon



Pontreau amont en zone boisée



Pontreau aval en zone urbaine

d) Colmatage des fonds

L'intensité du colmatage a été appréhendée sur site à chaque mesure de profil par la méthode d'Archambaud (Archambaud et al., 2005) selon cinq classes d'intensité croissante.

Tronçons	Linéaire du tronçon (en km)	Classes de colmatage				
		1	2	3	4	5
Pontreau amont	1,4	-	-	13 %	33 %	54 %
Pontreau aval	1,1	-	21 %	11 %	43 %	25 %
Port Royal	1,1	49 %	-	9 %	30 %	12 %
Pourcentage		15 %	7 %	11 %	35 %	32 %

Tableau 7 : Intensité du colmatage par tronçon

Un important colmatage caractérise l'ensemble du Pontreau. Mais le lit du Port Royal semble préservé, probablement en lien avec un tracé rectiligne favorisant les écoulements rapides et limitant de fait les dépôts de matières fines.

e) Indice d'artificialisation du lit mineur

L'indice d'artificialisation du lit mineur, déterminé à l'échelle des segments puis des tronçons, permet d'appréhender le niveau de modification anthropique du lit mineur. Il s'avère donc complémentaire du rapport de forme évoqué précédemment.

Il est déterminé à partir de plusieurs paramètres : la position au sein du talweg, la sinuosité, la Classe d'Evolution Morphodynamique (voir glossaire), la rugosité et un indice intermédiaire de « protection de berge/enterrement du cours d'eau ».

L'indice d'artificialisation du lit mineur est une valeur comprise entre 0 et 1. **Plus la valeur est proche de 1, plus le cours d'eau est dégradé et artificialisé.** En fonction des différentes valeurs, plusieurs classes d'artificialisation du cours d'eau ont été définies par M. Le Bihan :

Type d'artificialisation	Description = Modification du lit mineur	Valeurs de l'indice	Couleur proposée
Cours d'eau de « référence »	négligeable	0	Bleu

Cours d'eau naturel	faible	$0 < i < 0,25$	Vert
Cours d'eau semi-artificiel	sensible	$0,25 < i < 0,5$	Jaune
Cours d'eau artificiel	moyenne	$0,5 < i < 0,75$	Orange
Cours d'eau très artificiel	importante	$0,75 < i < 1$	Rouge
Cours d'eau enterré	absolue	1	Noir

Tableau 8 : Valeurs de l'indice d'artificialisation par type d'artificialisation

Le tableau qui suit présente les indices minimaux, moyens et maximaux des segments pour chacun des 3 tronçons :

Tronçons	Indice d'artificialisation			Facteurs limitants
	Min.	Moy.	Max.	
Pontreau amont	0,071	0,593	0,857	Position du cours d'eau ; Sinuosité ; Evolution morphologique
Pontreau aval	0,643	0,801	1	Position du cours d'eau ; Sinuosité ; Evolution morphologique ; Rugosité ; Protection de berges
Port Royal	0,500	0,652	1	Sinuosité ; Evolution morphologique ; Protection de berges ; Rugosité

Tableau 9 : Indice d'artificialisation par tronçon

Les valeurs calculées indiquent que les cours d'eau ont subi des modifications importantes du lit mineur (valeurs moyennes situées entre 0,5 et 0,8).

Sur l'ensemble des tronçons, les valeurs maximales calculées caractérisent des segments très artificiels, voire enterrés/busés pour le Pontreau aval et le Port Royal. Un seul segment présente un état peu modifié, le Pontreau amont (POAM010).

Les facteurs à l'origine de cet état d'artificialisation sont la quasi-absence de sinuosité et les effets d'anciens travaux (reprofilage, recalibrage).

Le graphique en boîte à moustaches proposé ci-après illustre les valeurs extrêmes de l'indice d'artificialisation. Il permet notamment de mieux appréhender la dispersion/distribution des indices au sein d'un tronçon, sans se focaliser sur une valeur unique moyenne.

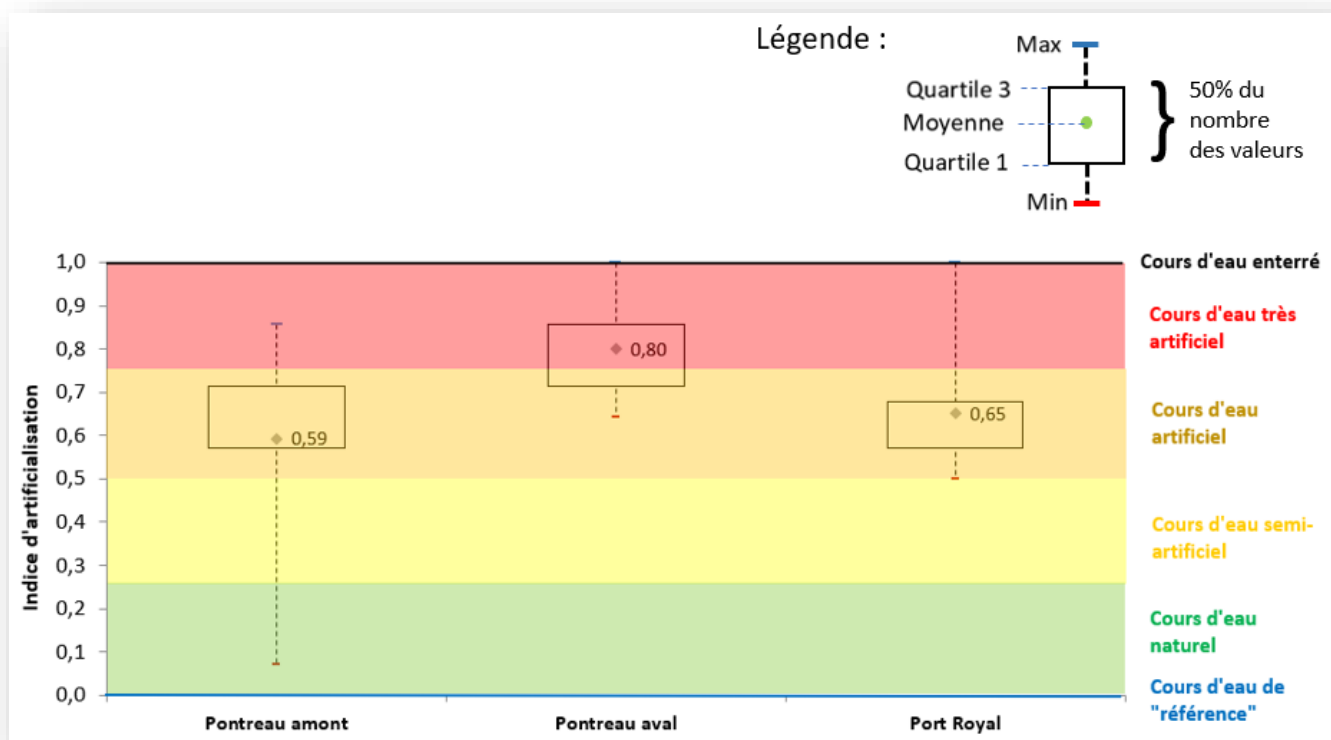
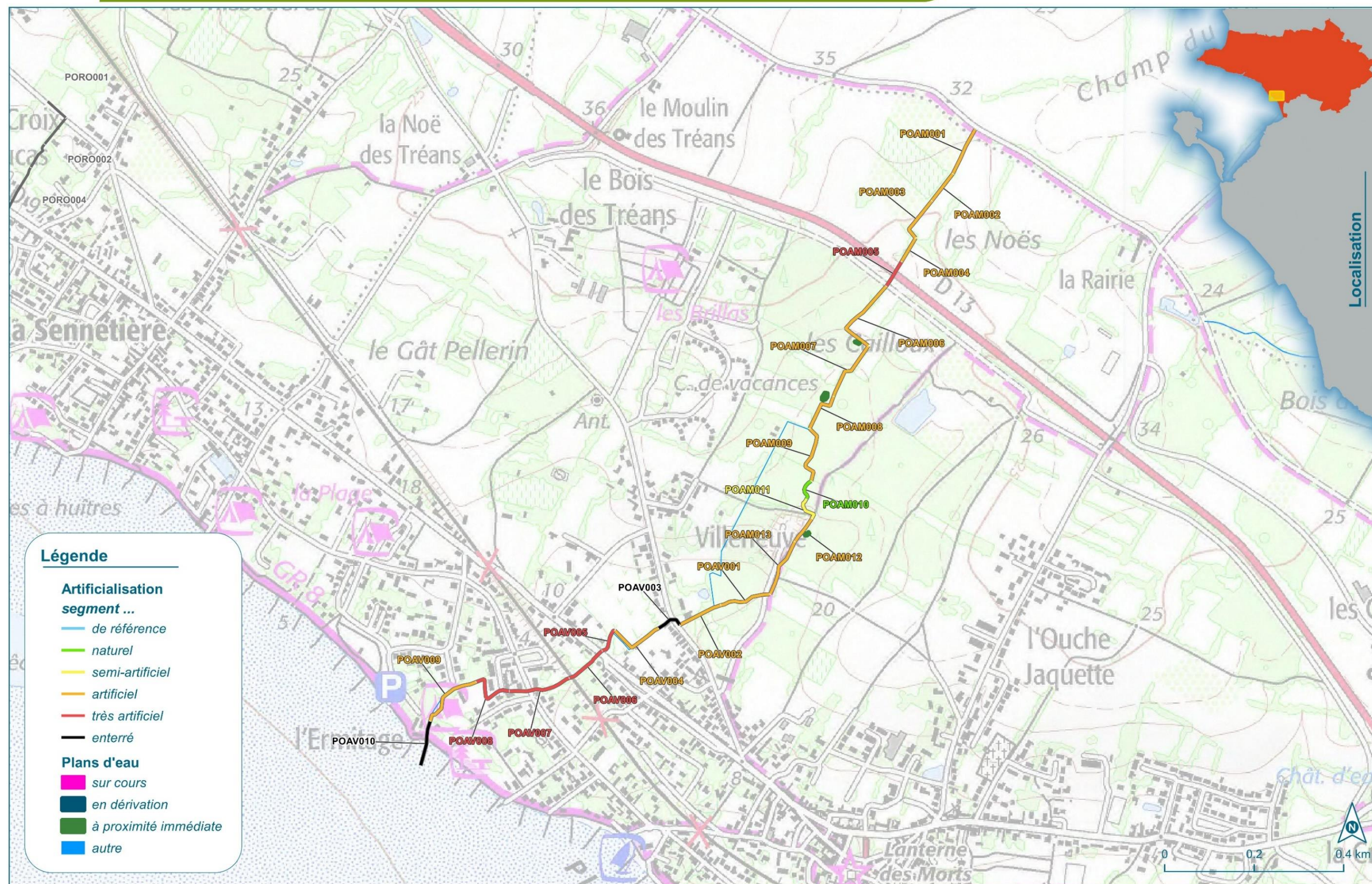
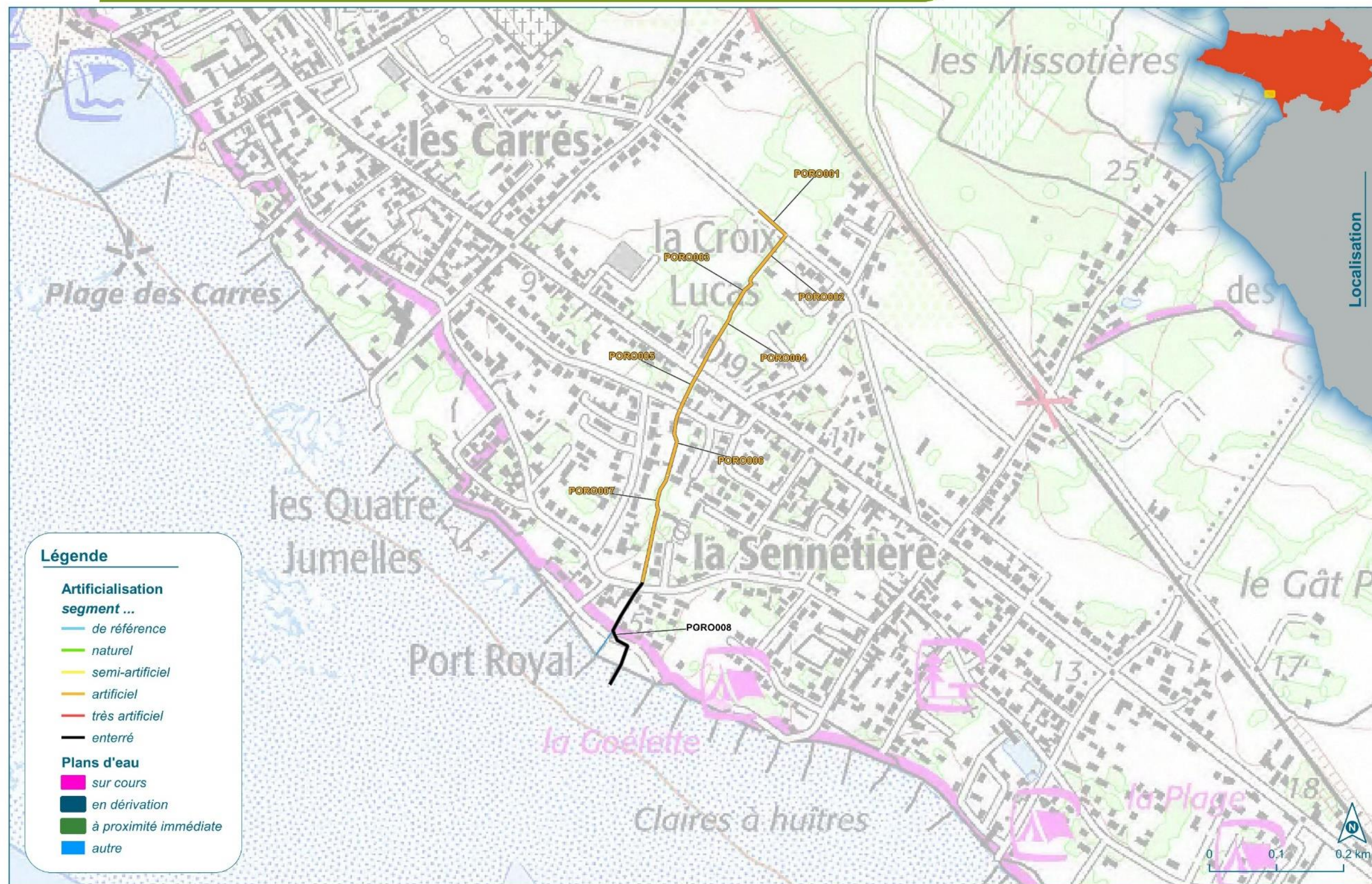


Figure 23 : Représentation graphique des indices d'artificialisation

Ce graphique met en évidence une situation plus contrastée du Pontreau amont, mais confirme l'anthropisation des deux cours d'eau côtiers, qui se traduit par une altération de leurs profils en long et/ou en travers.





f) Habitats relatifs au fonctionnement biologique du cours d'eau

La méthode de caractérisation des têtes de bassin versant intègre une évaluation de la quantité d'habitats pour le fonctionnement biologique du cours d'eau, elle-même adaptée du protocole CARHYCE.

Précisons que le terme habitats regroupe ici le bois en rivière, les pierres grossières/blocs, les sous-berges, le chevelu racinaire, la végétation aquatique et la litière.

Plusieurs classes sont ainsi définies en fonction de la diversité et de la quantité d'habitats disponibles sur le segment.

Habitats	Descriptif
Négligeable	Habitats quasi-absents sur le segment étudié
Faible	Quelques habitats dispersés
Moyen	Habitats présents et diversifiés mais absence de certains habitats typiques du cours d'eau étudié (bois en rivière, blocs, sous-berge...)
Important	Diversité et abondance importante d'habitats, similaire à celle d'un cours d'eau naturel

Tableau 10 : Classes d'habitats dans le lit mineur du cours d'eau

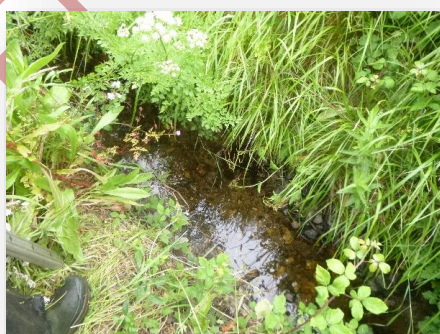
Le Pontreau amont se caractérise par une quasi absence voire une rareté d'habitats sur une grande partie de son linéaire. Cela s'explique principalement par le faible linéaire en eau sur ce tronçon, du moins lors de la reconnaissance sur le terrain.

Sur le cours aval du Pontreau, ainsi que sur Port Royal, davantage d'habitats sont présents, en lien avec des écoulements plus généralisés et soutenus.

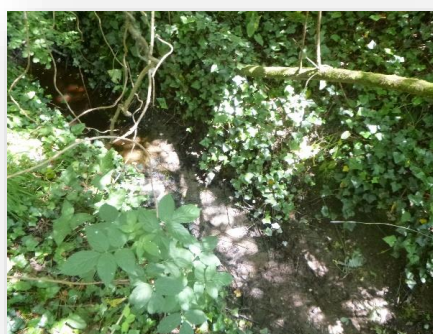
L'artificialisation des berges et du lit, l'entretien excessif du cours d'eau ainsi que les successions de busages limitent toutefois la quantité d'habitats.

Tronçons	Linaire	Présence d'habitats			
		Négligeable	Faible	Moyenne	Importante
Pontreau amont	1,415	82 %	9 %	9 %	0%
Pontreau aval	1,129	25 %	35 %	40 %	0%
Port Royal	1,103	32 %	35 %	33 %	0%
Total	3,647	49 %	25 %	26 %	0%

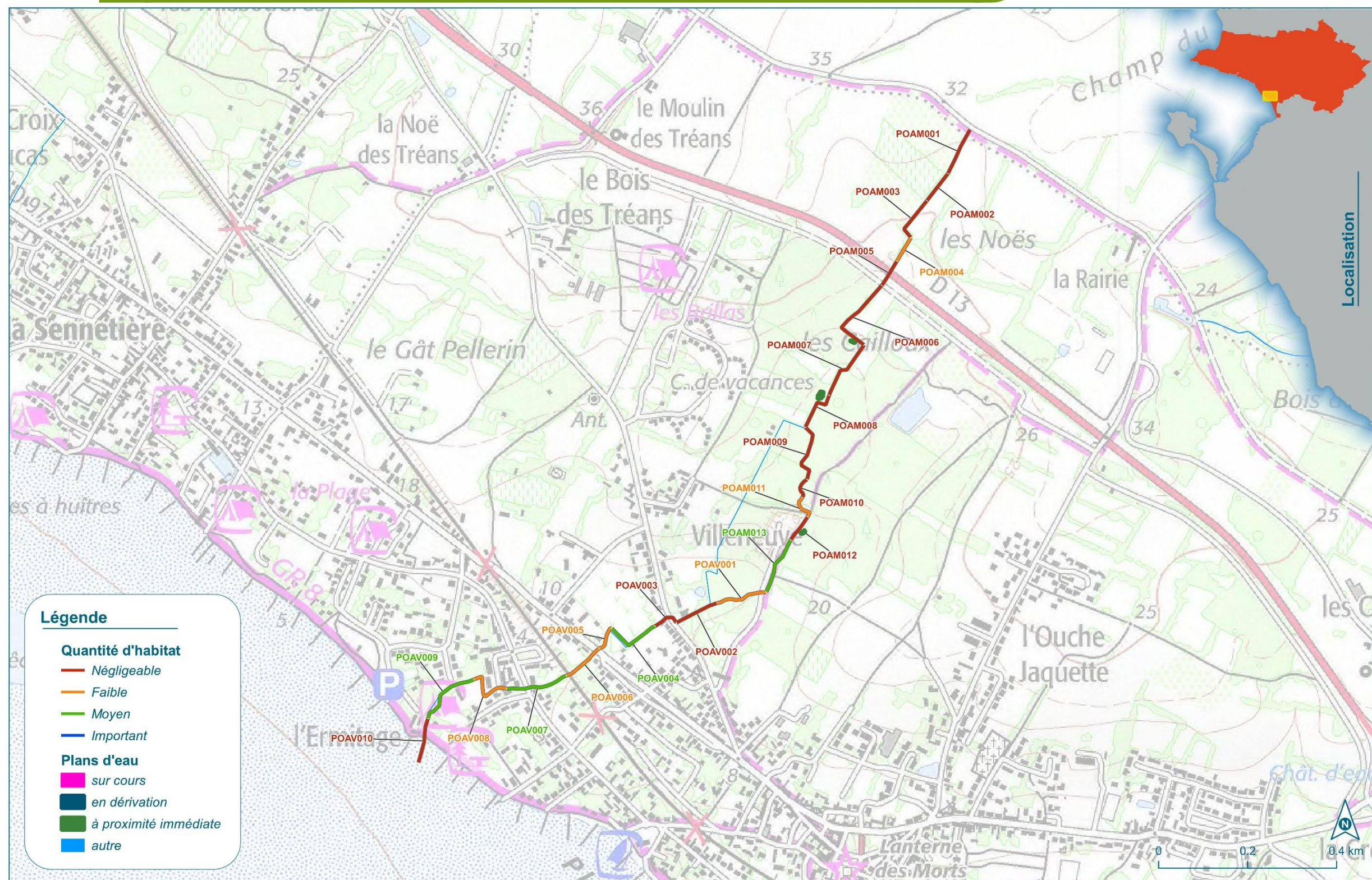
Tableau 11 : Proportion des habitats disponibles

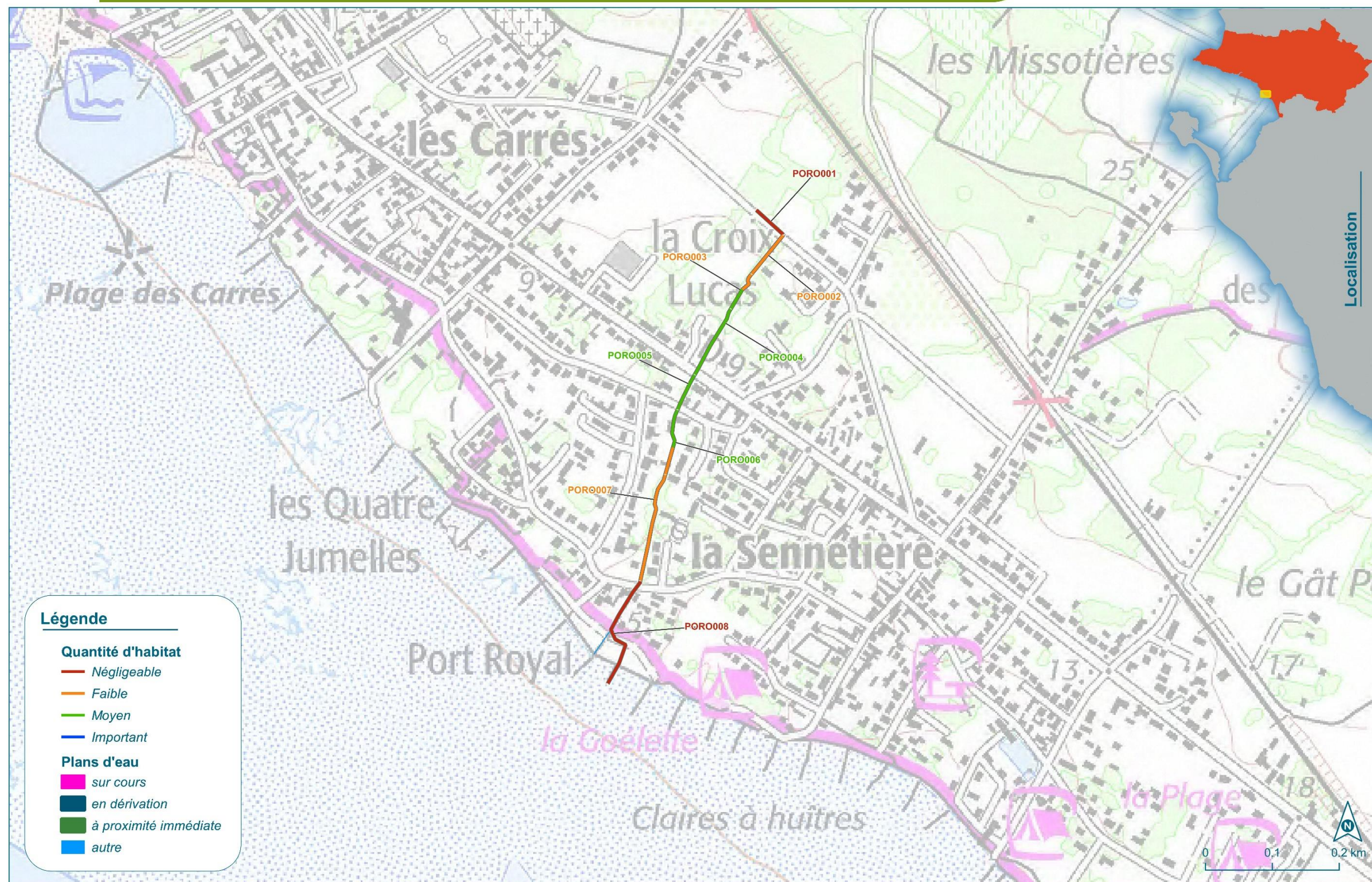


Quelques habitats du Port Royal



Linéaire incisé dépourvu d'habitats sur le Pontreau amont





g) Description des cours d'eau à l'échelle des secteurs modélisés

Les secteurs aval des bassins versants étudiés sont les plus anthropisés (habitations en lit majeur et forte densité d'ouvrages). Ces secteurs font l'objet d'une modélisation. La description d'un point de vue hydraulique des linéaires modélisés est présentée ci-dessous.

5.2.3.g.1 Le Pontreau

Sur le linéaire modélisé, le réseau hydrographique du Pontreau peut être décrit à l'échelle de **5 segments** homogènes :

- **Segment 1** : Entre l'OH 2 et la rue des Prés ;
- **Segment 2** : Entre la rue des Prés et la rue du Pré long (OH3) ;
- **Segment 3** : Entre la rue du Pré Long (OH3) et la route de la Bernerie (OH5) ;
- **Segment 4** : Entre la route de la Bernerie (OH5) et la route du Bois des Tréans (OH7) ;
- **Segment 5** : Entre la route du Bois des Tréans (OH7) et le chemin des Perrières (OH8).

La figure page suivante reporte les différents segments décrits par la suite.

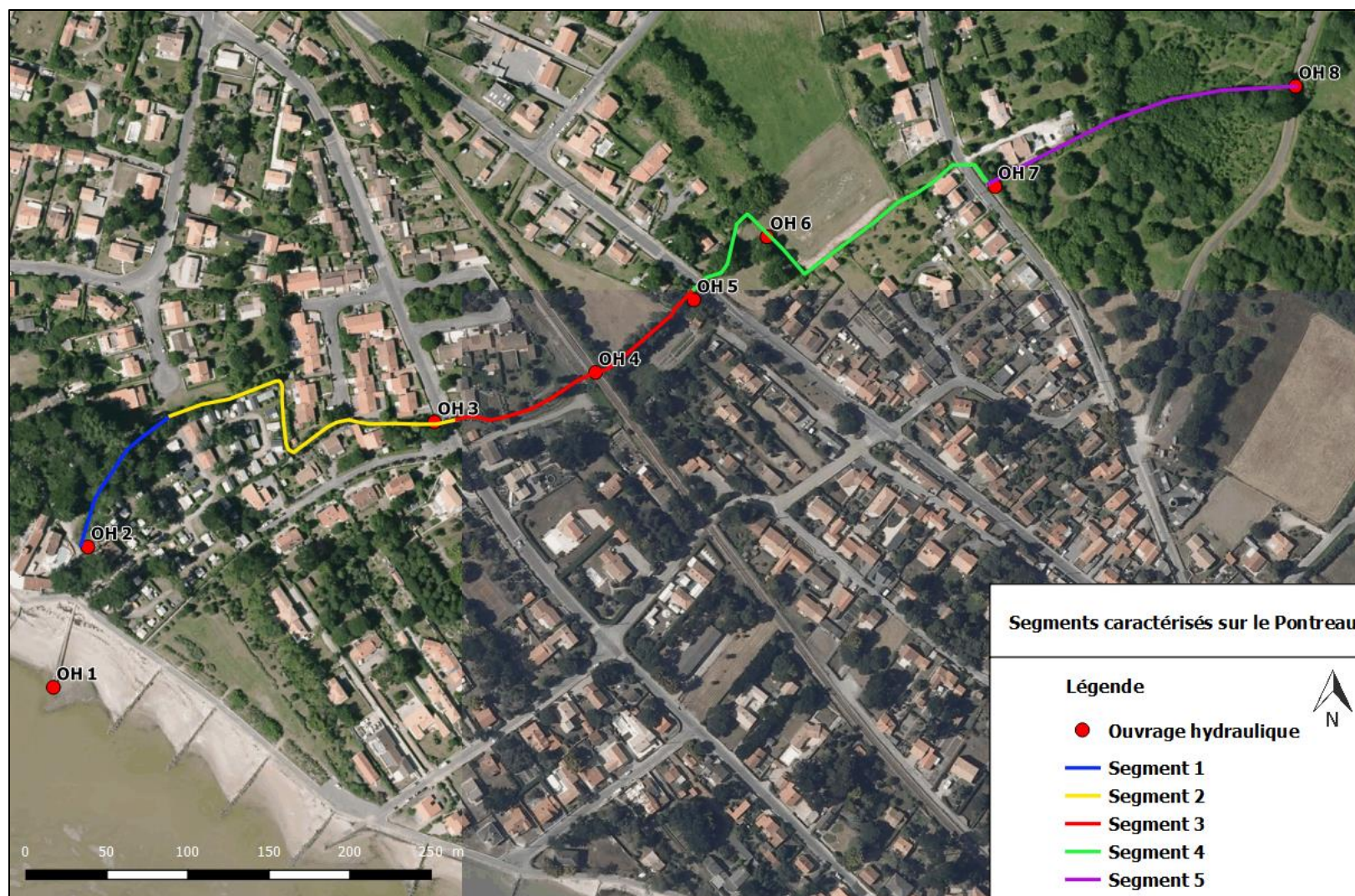


Figure 24 : Positionnement des segments caractérisés sur le Pontreau

- **Segment 1**

Le **segment n°1** correspond au tronçon situé dans le camping de l'Hermitage des Dunes entre l'entrée de la chambre du dessableur et la rue des Prés.

La géométrie du lit est décrite un chenal d'étiage et présente **des lits composés**. Les profils en travers mettent en évidence un lit moyen sur ce tronçon.

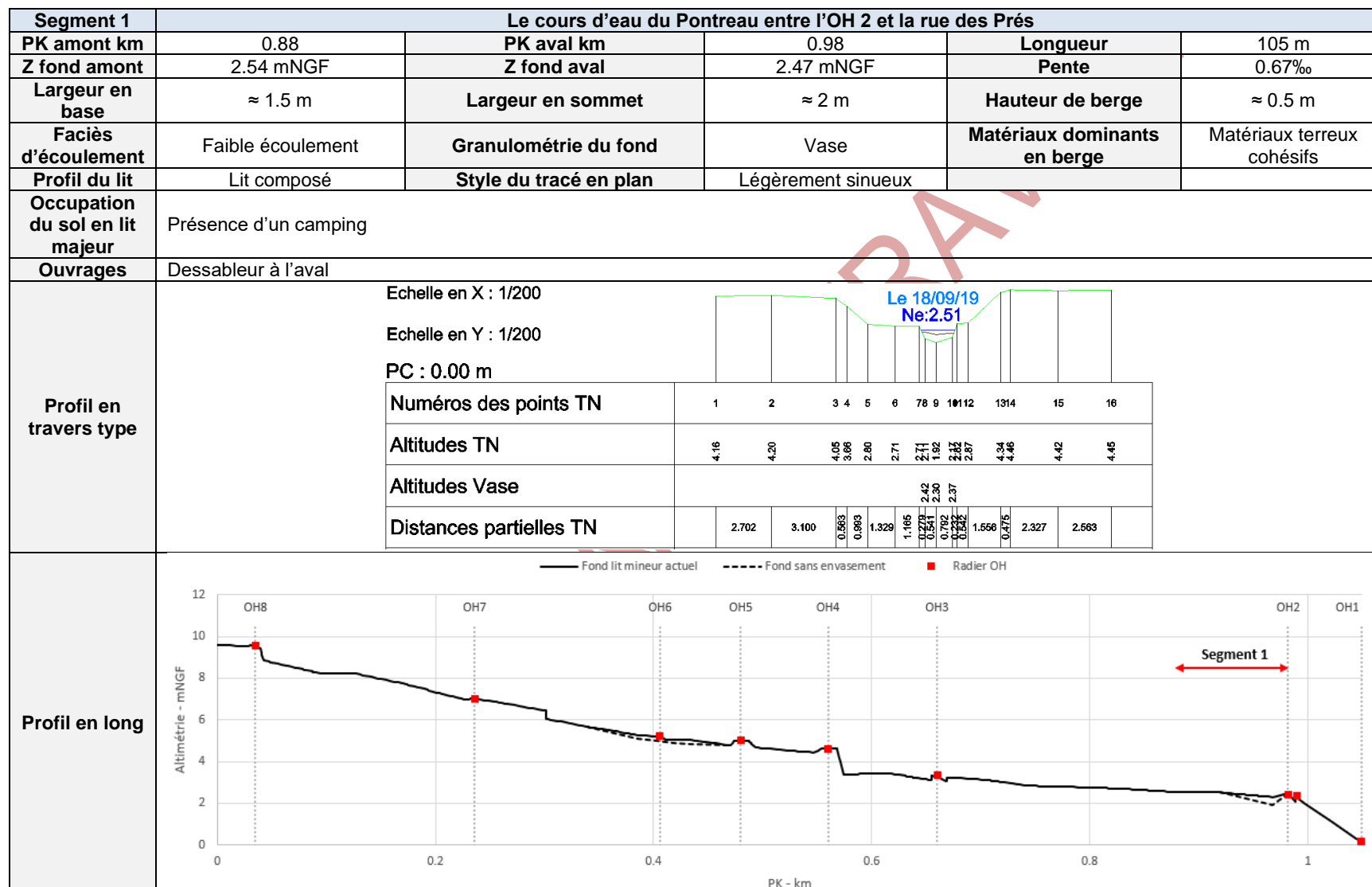
La largeur en base est de l'ordre de **1.5 m**, et atteint un peu moins de **2.5 m** en sommet de berge. La hauteur est de l'ordre de **0.5 m pour le lit moyenne et de 1.8 m pour le lit majeur**.

La section du cours est relativement importante en amont du dessableur. Le lit mineur est enherbé et le substrat est de type sable/ gravier.

Le tracé du cours d'eau est légèrement sinueux et traverse le camping de l'Hermitage des Dunes. Ce secteur est une zone présentant des enjeux matériels et humains très forts. **La topographie du site est très défavorable, le camping se situe dans une cuvette entre le relief amont et le remblai côtier.**

En synthèse, le segment n°1 présente une morphologie large.

Le tableau page suivante synthétise les principales caractéristiques physiques du tronçon.



Cours d'eau en amont de la chambre du dessableur – aval → amont



Cours d'eau rue des Prés – aval → amont



- **Segment 2**

Le **segment n°2** correspond au tronçon situé entre la rue des Prés et la rue du Pré long (OH3).

Le cours d'eau est **très contraint par la proximité des habitations et par la présence de protections de berges en béton**. Sur ce secteur, **la sinuosité du cours d'eau est très marquée** par deux virages à angle aiguë. Des débordements surviennent fréquemment sur ce tronçon.

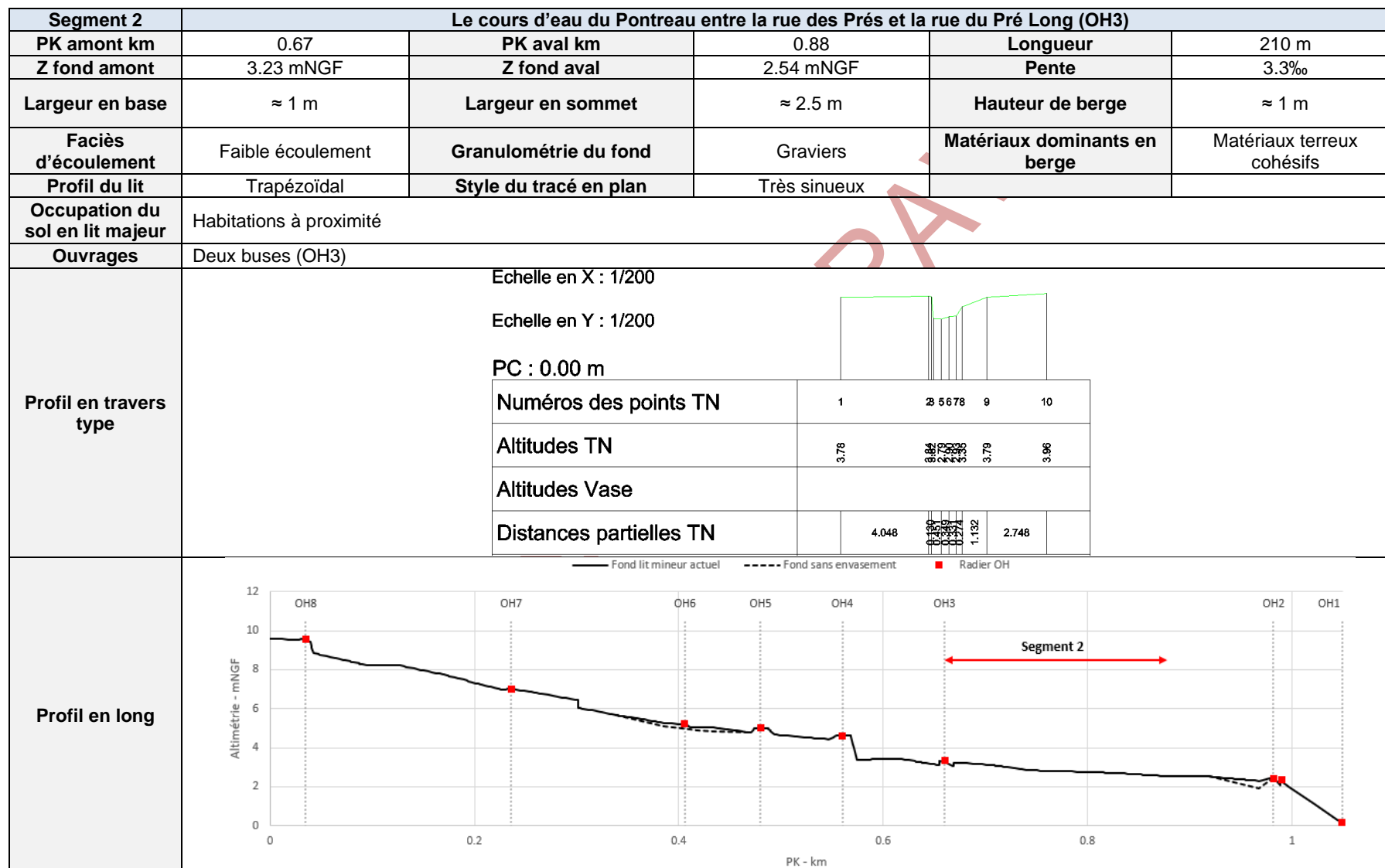
Les profils en travers montrent une section plus étroite qu'à l'aval.

La largeur en base est de l'ordre de **1 m**, et atteint un peu moins de **2.5 m** en sommet de berge. La hauteur est de l'ordre de **1 m**.

Le lit majeur est caractérisé par des habitations. L'impasse de l'Hermitage des Dunes connaît fréquemment des inondations (crue du 11 juin 2018 par exemple). **Lors des débordements, la topographie du secteur favorise un écoulement suivant l'impasse de l'Hermitage des dunes puis s'écoulant à travers le camping avant de rejoindre son lit en fond de cuvette.**

En synthèse, le segment n°2 présente une morphologie relativement artificialisée et sinueuse.

Le tableau page suivante synthétise les principales caractéristiques physiques du tronçon.





- **Segment 3**

Le **segment n°3** correspond au tronçon situé entre la rue du Pré long et la route de la Bernerie.

Le profil en long montre une rupture de pente en aval de l'ouvrage OH4 (3 dalots passant sous la voie ferrée).

Le tracé du cours d'eau est relativement **rectiligne** et traverse des jardins privés.

Les profils en travers mettent en évidence une section de type trapézoïdal.

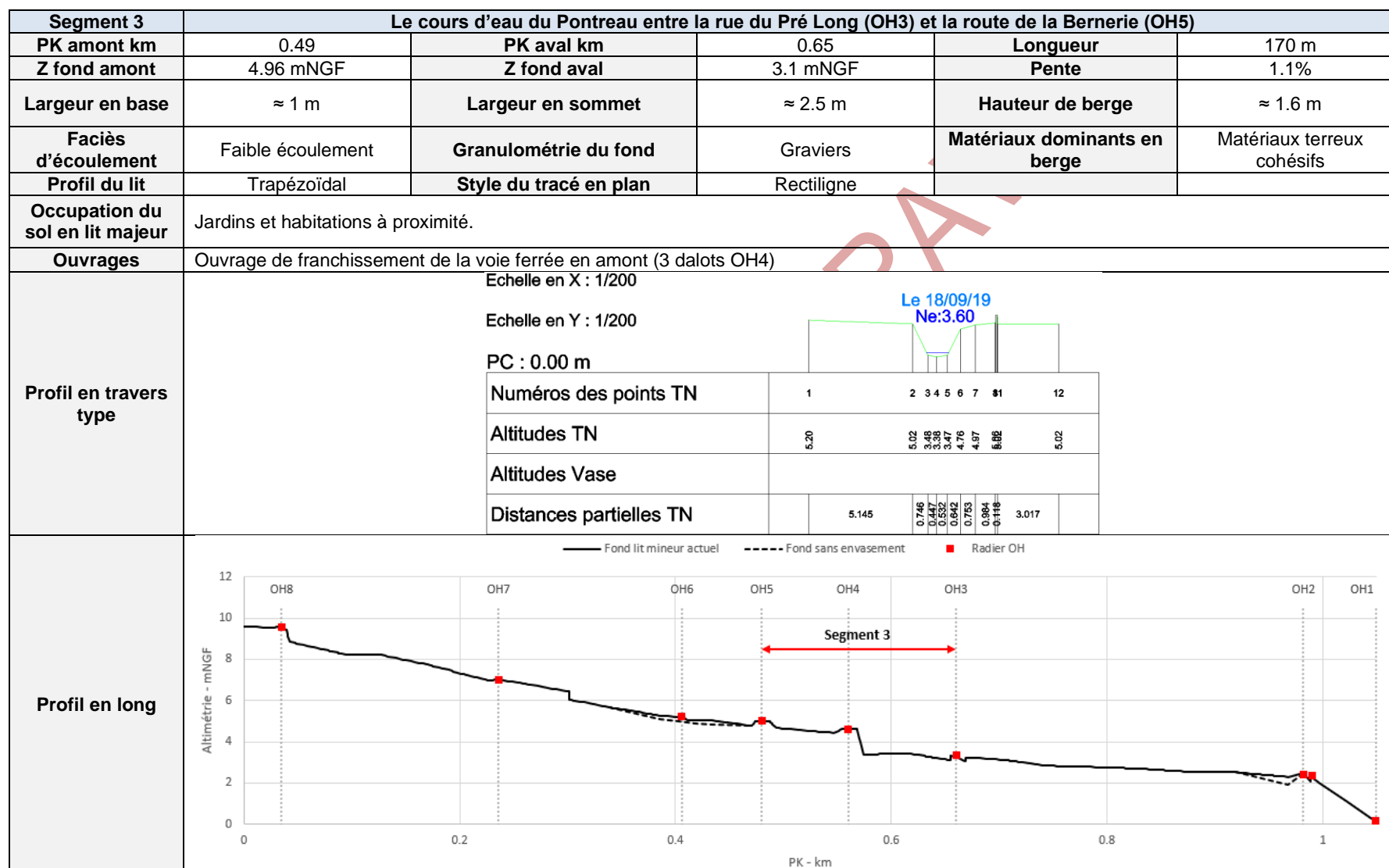
La largeur en base est de l'ordre de **1 m**, et atteint un peu moins de **2.5 m** en sommet de berge. La hauteur est de l'ordre de **1.6 m**, le cours d'eau est encaissé.

La présence de protection de berge (béton, enrochement, palplanche) est observée en aval de l'OH4. Sur ce tronçon, **les ruptures de berges sont très marquées et mettent en évidence l'absence de berges progressives.**

Le segment du cours d'eau se trouve en fond de jardin, néanmoins des habitations restent proches du cours d'eau.

En synthèse, le segment n°3 présente une morphologie recalibrée.

Le tableau page suivante synthétise les principales caractéristiques physiques du tronçon.





- **Segment 4**

Le **segment n°4** correspond au tronçon situé entre la route de la Bernerie (OH5) et la route du Bois des Tréans (OH7).

Sur ce tronçon, le cours d'eau est **sinueux** et traverse une parcelle communale enherbée. La végétalisation du lit mineur est importante.

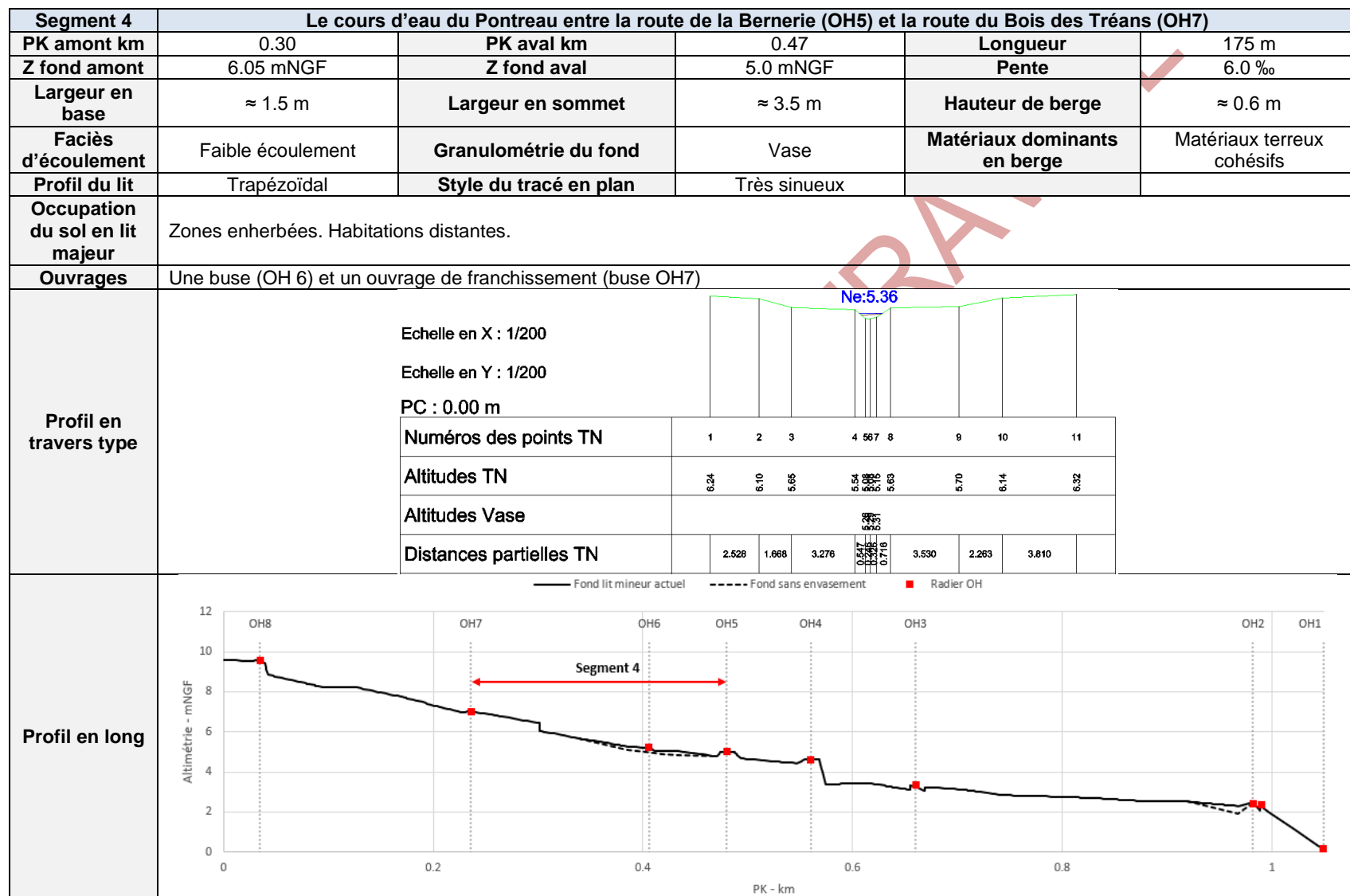
La largeur en base est de l'ordre de **1.5 m**, et atteint un peu moins de **3.5 m** en sommet de berge. La hauteur est de l'ordre de **0.6 m**.

La parcelle traversée par le cours d'eau ne présente pas d'enjeu matériel ou humain particulier. Elle joue un rôle de tampon et d'expansion de crue.

Néanmoins, le secteur présente tout de même des enjeux. Le tronçon se situe en zone urbaine, **une habitation est située en rive droite en contre-bas par rapport aux berges du cours d'eau et est notamment sujette aux inondations.**

En synthèse, le segment n°4 présente une morphologie peu encaissée et moins anthropisée.

Le tableau page suivante synthétise les principales caractéristiques physiques du tronçon.





- **Segment 5**

Le **segment n°5** correspond au tronçon situé entre la route du Bois des Tréans et le chemin des Perrières.

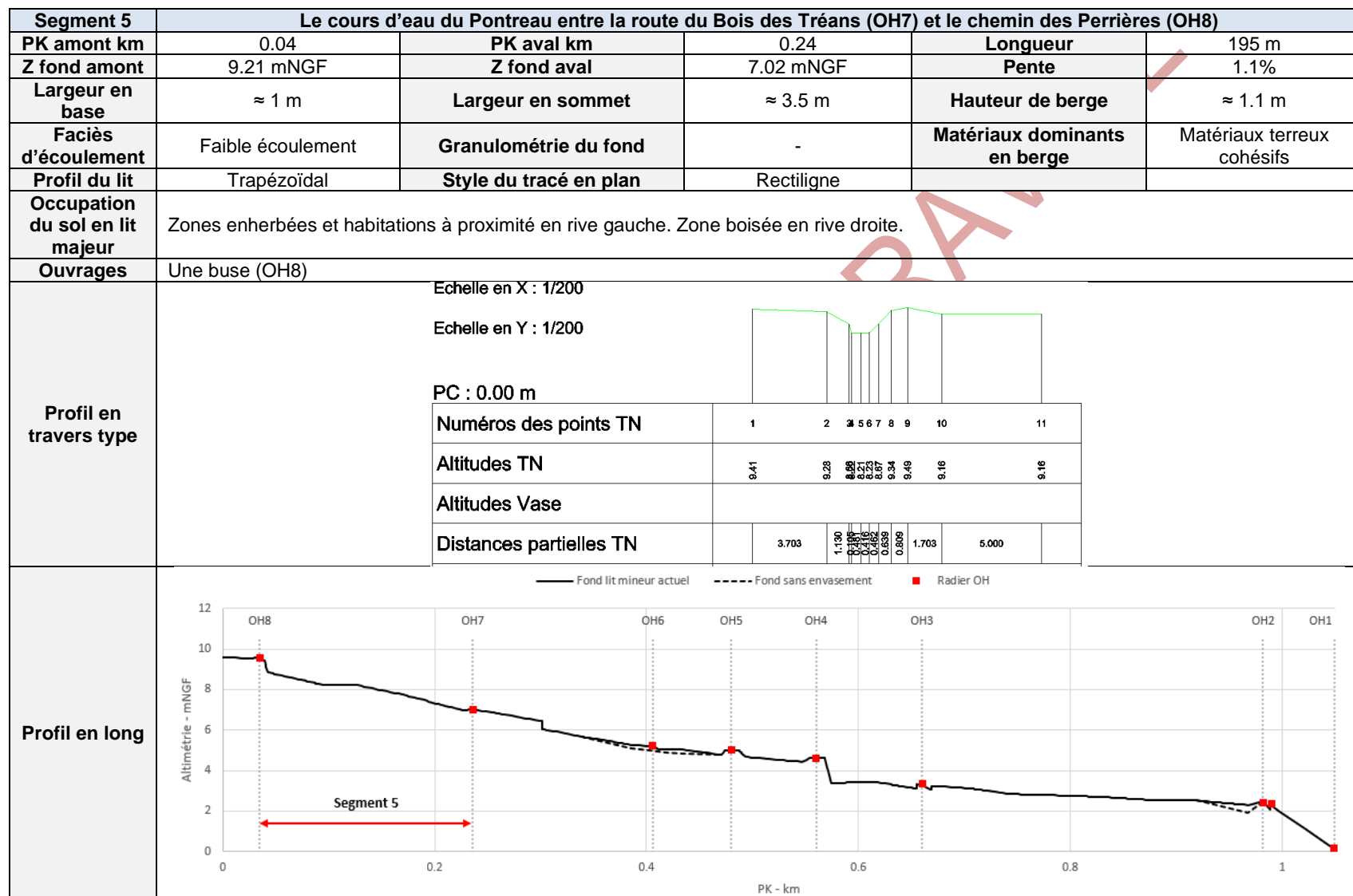
Les profils en travers montrent une section de type trapézoïdal

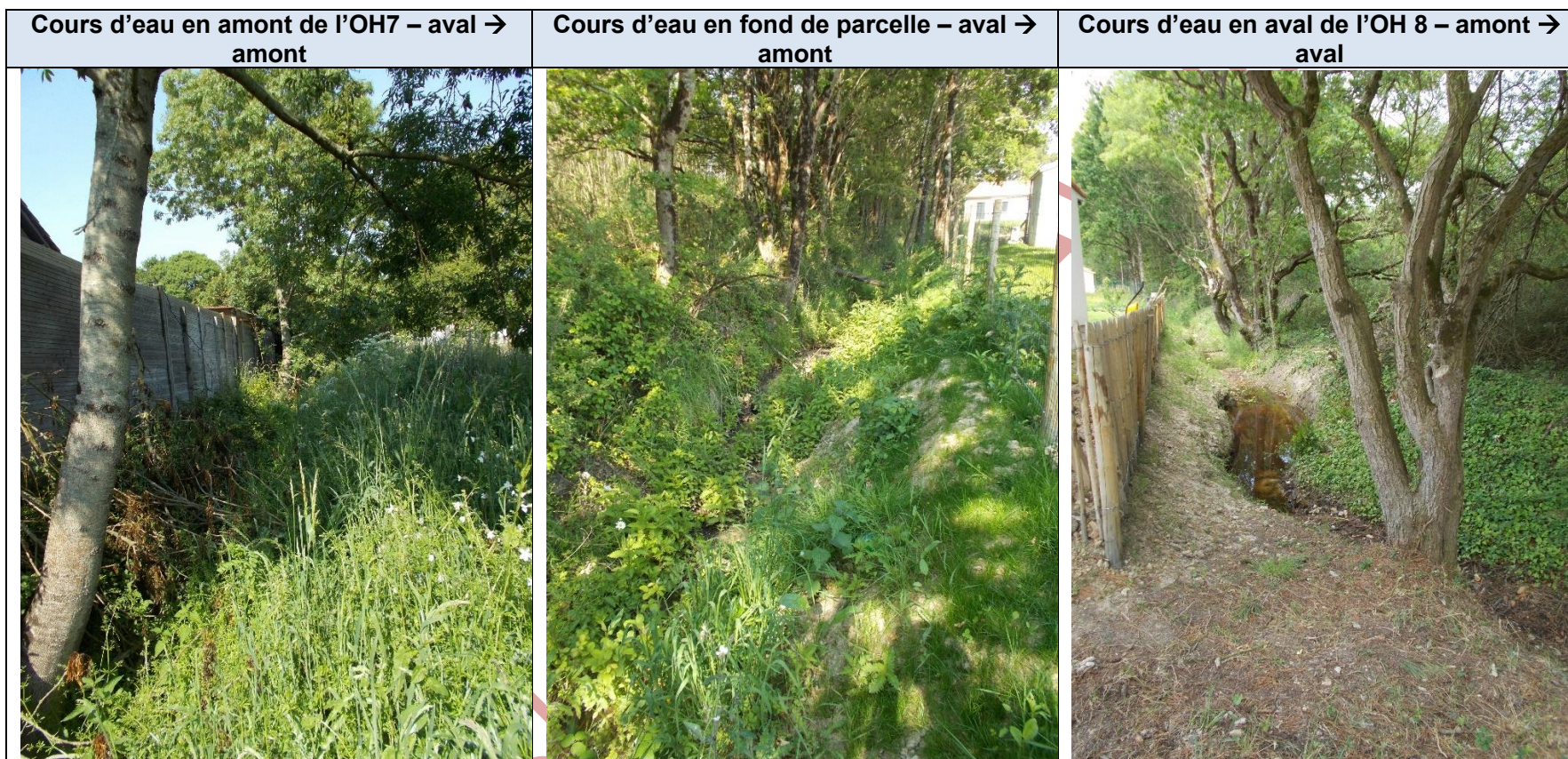
La largeur en base est de l'ordre de **1 m**, et atteint un peu moins de **3.5 m** en sommet de berge. La hauteur est de l'ordre de **1.1 m**.

Le tracé du cours d'eau est **rectiligne** et est positionné en bordure de parcelles privées. **L'amont du tronçon longe notamment des résidences récentes en rive gauche. Ce secteur est donc une zone présentant des enjeux matériels et humains forts.**

En synthèse, le segment n°5 présente une morphologie recalibrée.

Le tableau page suivante synthétise les principales caractéristiques physiques du tronçon.





5.2.3.g.2 Le Port Royal

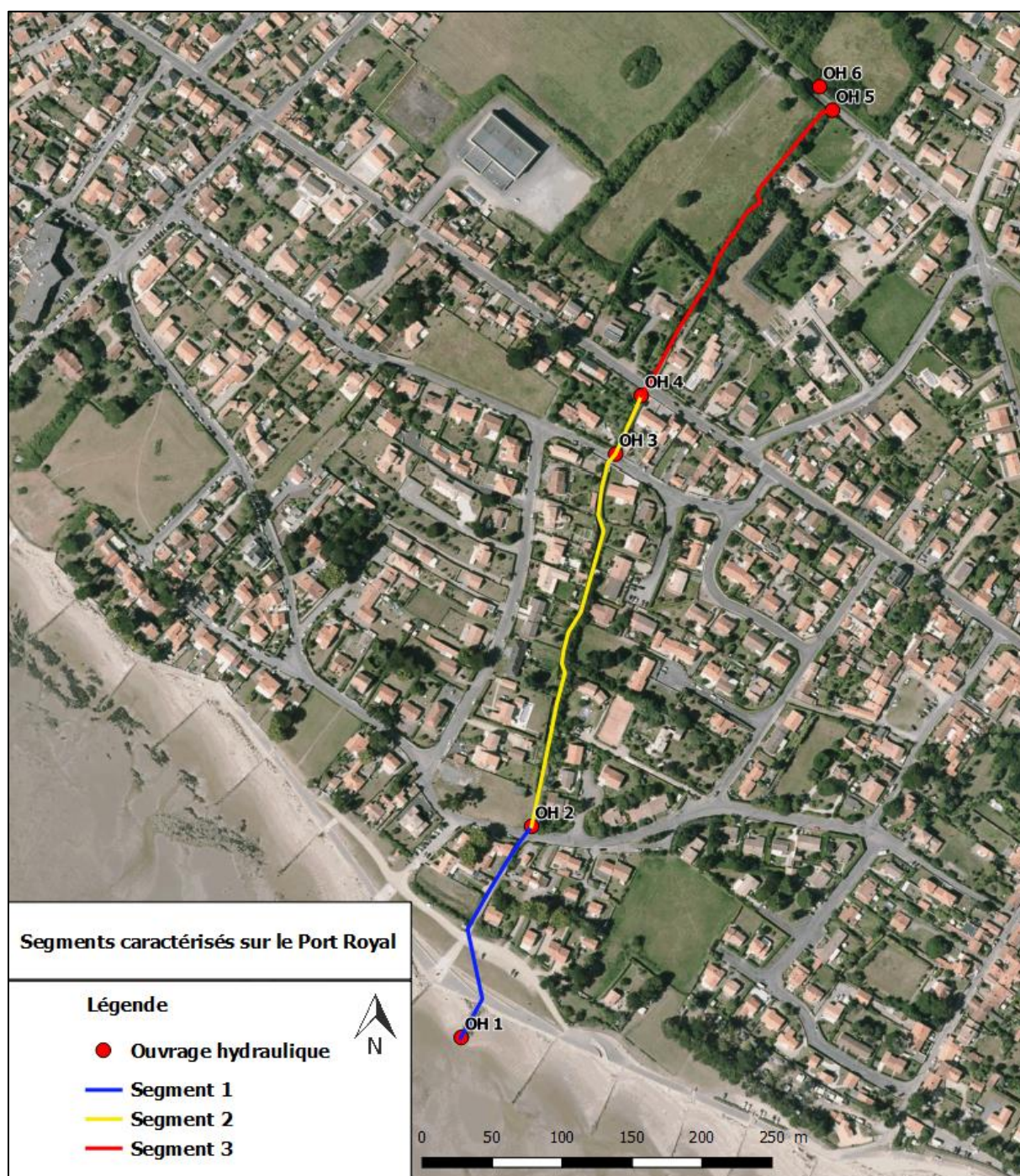
Sur le linéaire modélisé, le réseau hydrographique du Port Royal peut être décrit à l'échelle de **3 segments** homogènes :

- **Segment 1** : Entre l'émissaire et la rue de Port Royal (OH2) – Tronçon couvert ;
- **Segment 2** : Entre la rue du Port Royal (OH2) et la rue des Moutiers (OH4) ;
- **Segment 3** : Entre la rue des Moutiers (OH4) et la rue des Grands Prés (OH5).

La figure page suivante reporte les différents segments décrits par la suite.

VERSION DE TRAVAIL

Figure 25 : Positionnement des segments caractérisés sur le Port Royal



- **Segment 1**

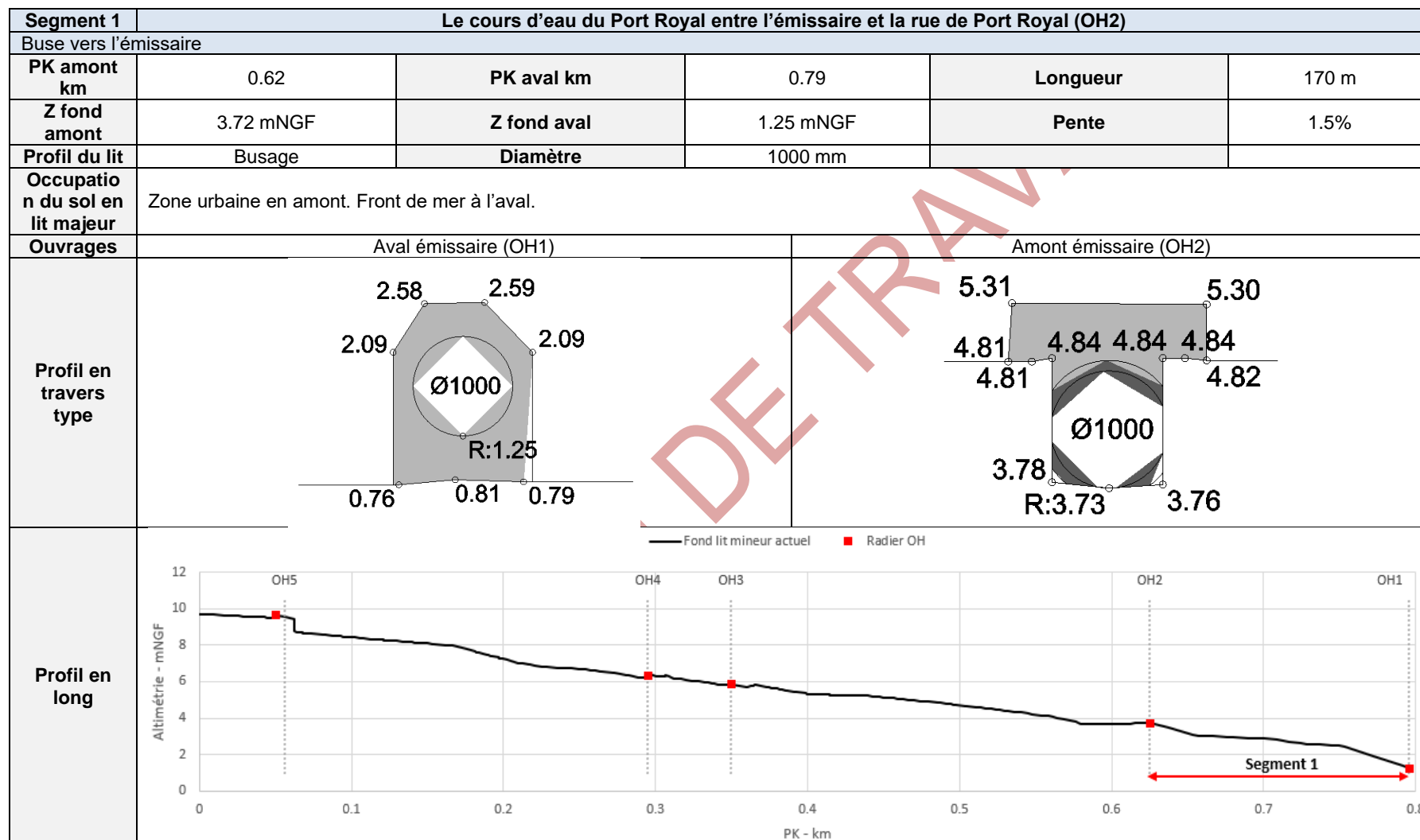
Le **segment n°1** correspond au tronçon situé entre l'émissaire et la rue de Port Royal (OH2).

Sur ce tronçon, **le cours d'eau est entièrement canalisé sur un linéaire de 170 m** avec une busage circulaire de diamètre 1000 mm. Le tracé du réseau passe au niveau d'une ruelle piétonne puis sous un parking avant de rejoindre l'émissaire.

Le lit majeur est caractérisé par la présence d'habitations proches sur la totalité du linéaire. Un parking est présent sur l'aval du tronçon.

En synthèse, le segment 4 présente une morphologie totalement artificialisée. Le cours d'eau est busé sur l'ensemble de son linéaire.

Le tableau page suivante synthétise les principales caractéristiques physiques du tronçon



Aval du tronçon couvert – aval → amont



Cours d'eau en aval de l'OH 2 – amont → aval



- **Segment 2**

Le **segment n°2** correspond au tronçon situé entre la rue de Port Royal et la rue des Moutiers.

Les profils en travers montrent une section de type trapézoïdal.

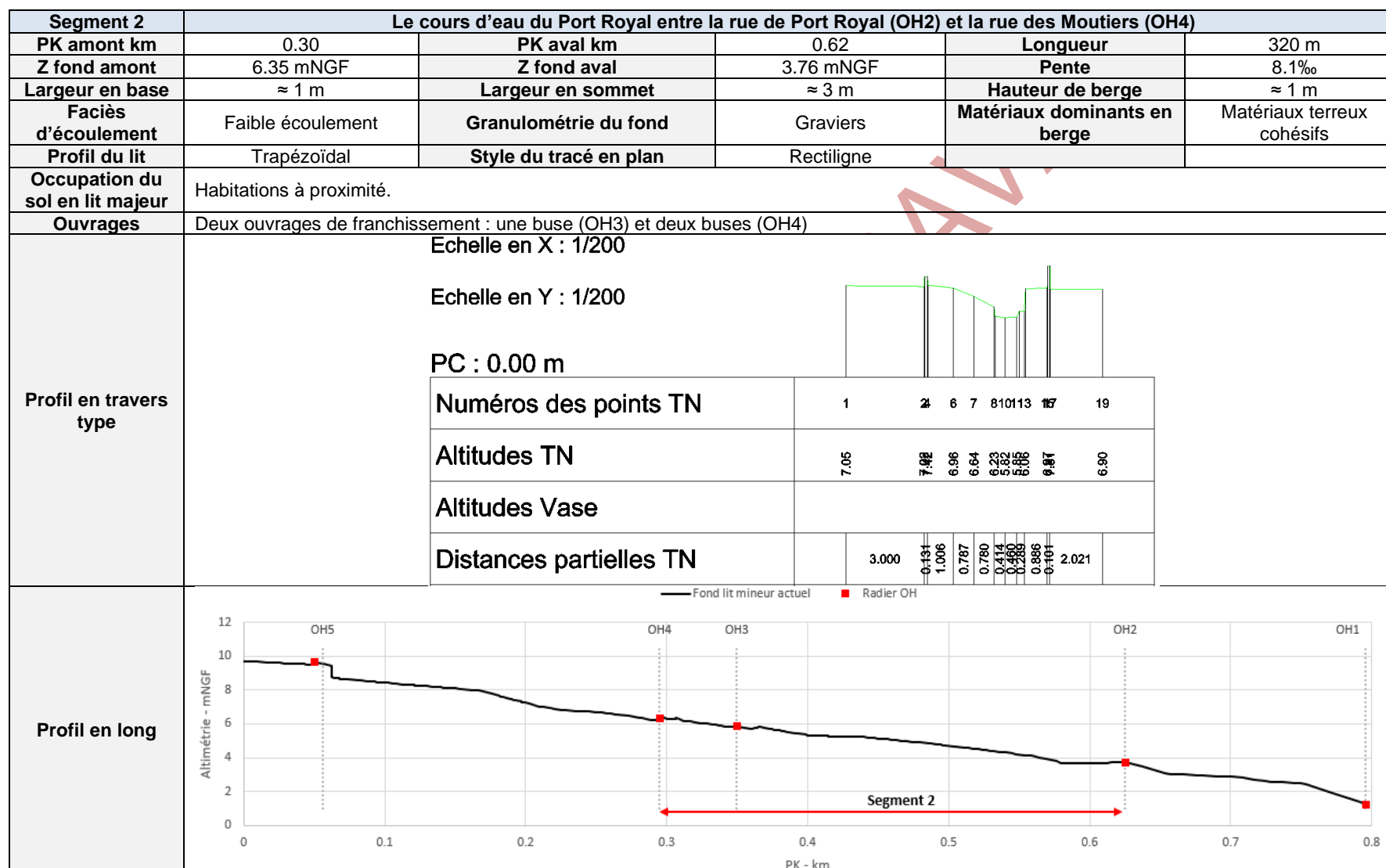
La largeur en base est de l'ordre de **1 m**, et atteint un peu moins de **3 m** en sommet de berge. La hauteur est de l'ordre de **1 m**.

Sur l'ensemble du tronçon, **le cours d'eau est encombré par la végétation abondante**.

Le tracé du cours d'eau est relativement **rectiligne** et longe des propriétés privées sur les deux rives. **La dynamique latérale est limitée par les différentes limites de parcelles (murets, haies, grillages). Ce secteur est donc une zone présentant des enjeux matériels et humains forts.**

En synthèse, le segment n°2 présente une morphologie recalibrée et contrainte par le contexte urbain.

Le tableau page suivante synthétise les principales caractéristiques physiques du tronçon.





- **Segment 3**

Le **segment n°3** correspond au tronçon situé entre la rue des Moutiers et la rue des Grands Prés.

Les profils en travers montrent une section de type trapézoïdal.

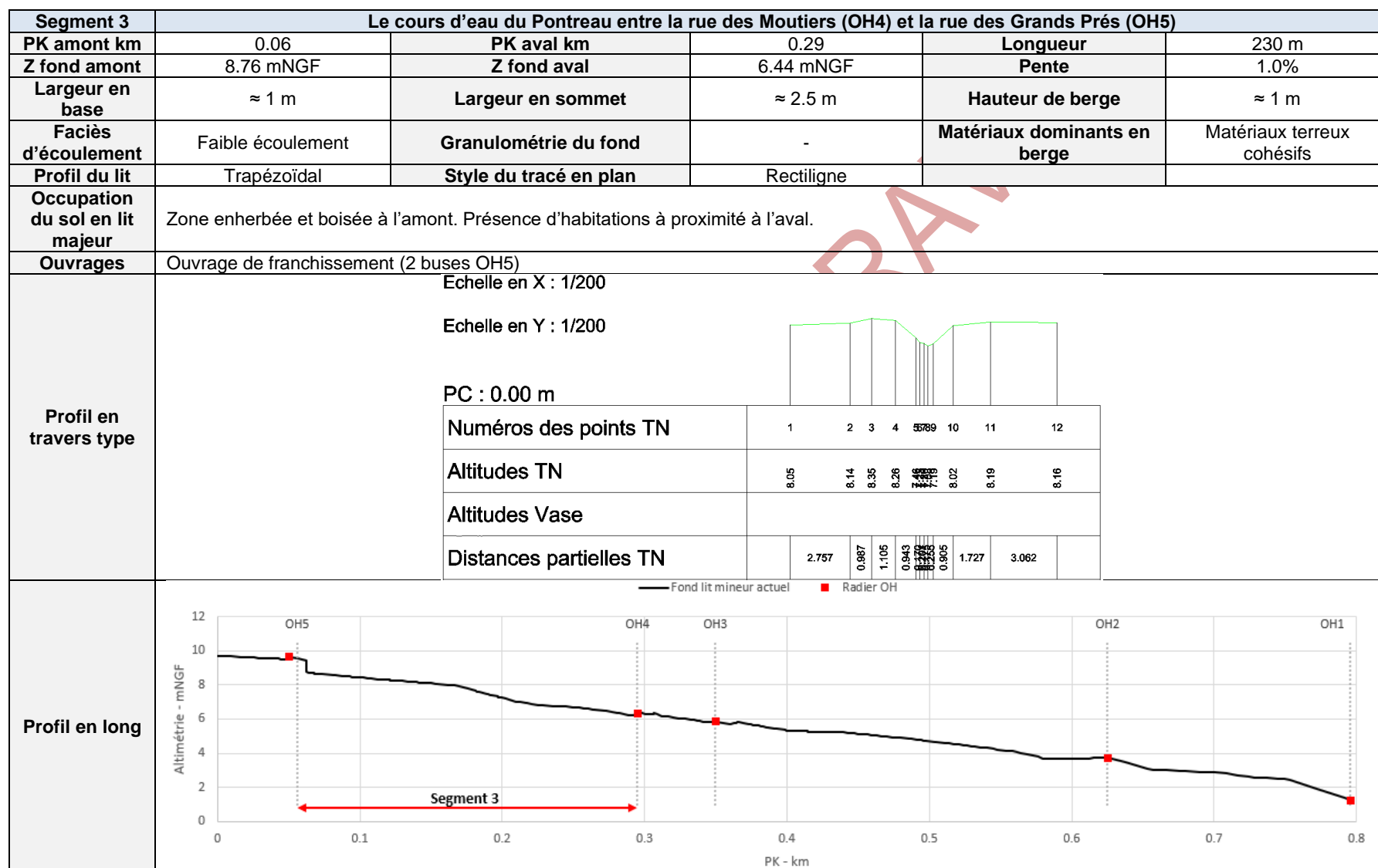
La largeur en base est de l'ordre de **1 m**, et atteint environ **2.5 m** en sommet de berge. La hauteur des berges sont élevés et atteignent environ **1 m**, **la rupture de berges sont également fortes traduisant l'encaissement marqué du cours d'eau.**




Le tracé du cours d'eau est relativement **rectiligne**. Une zone présentant des enjeux matériels et humains est présente sur l'aval du tronçon, **le cours d'eau longe des propriétés privées et notamment des habitations récentes en rive droite** contraignant d'avantage le cours d'eau.

En aval, le cours d'eau longe des parcelles enherbées. Des remblais sont présents de chaque côté des berges.

En synthèse, le segment n°3 présente une morphologie reste contrainte par le contexte urbain et montre un encaissement marqué.

Le tableau page suivante synthétise les principales caractéristiques physiques du tronçon.



Cours d'eau longeant les habitations récentes – amont → aval	Parcelle enherbée en amont et habitations récentes à l'aval – amont → aval
	
Cours d'eau en aval de l'OH 5 – amont → aval	
	

5.2.4 Etat physico-chimique et biologique des milieux

a) Diagnostic physico-chimique

	Unités	Port-Royal (station G)	Pontreau (station H)
Température	°C	23	22,2
Oxygène dissous	mg O ₂ /L	1,4	1,5
Taux de saturation	%	17	18
pH	-	6,6	6,5
Conductivité ¹	µS/cm	729	607
Matières en suspension ²	mg/L	32	3
Carbone Organique Dissous	mg C/L	22,5	17,2

Tableau 12 : Qualité physicochimique du milieu

La température de l'eau est relativement élevée, mais reste compatible avec le contexte cyprinicole de ces deux ruisseaux. Le très faible niveau d'oxygénation du milieu détermine quant à lui un état physicochimique mauvais et apparaît extrêmement pénalisant pour la vie aquatique.

Les fortes valeurs de conductivité indiquent une minéralisation des ruisseaux relativement importante, traduisant une charge en éléments minéraux potentiellement polluants.

La forte concentration en COD dans le milieu met en évidence une pollution organique importante.

Le taux de matières en suspension, très faible dans le Pontreau, est nettement plus élevé dans le ruisseau du Port-Royal. Néanmoins au regard du Système d'Evaluation de la Qualité de l'Eau (SEQ Eau), ce taux ne paraît pas pénalisant pour la faune benthique.

b) Le Port Royal

5.2.4.b.1 Description du site d'échantillonnage des invertébrés

Ce cours d'eau présente une largeur plein bord d'environ 2,5 m pour une largeur en eau, le jour du prélèvement, de 40 cm de moyenne.

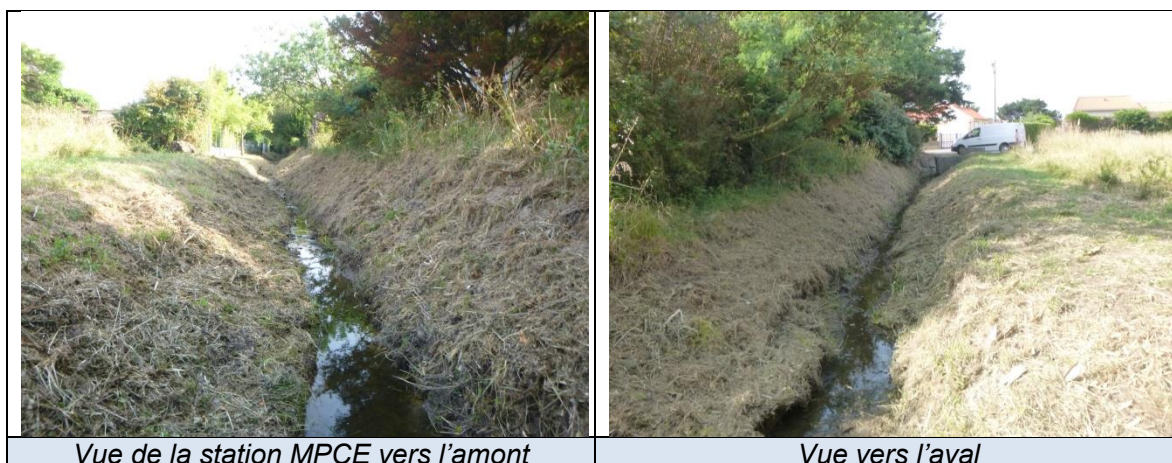
Il s'inscrit dans un contexte particulièrement urbanisé ; la ripisylve est absente, permettant le développement des hydrophytes. Les berges sont homogènes, très inclinées et mesurent environ 1 m de hauteur.

La lame d'eau est très faible (5 cm de moyenne), les écoulements très homogènes et essentiellement lenticules. Le lit est majoritairement minéral, composé de graviers et de sables.

Le plan d'échantillonnage des invertébrés intègre seulement 3 substrats dans une seule classe de vitesse. Le milieu n'apparaît pas très favorable à l'installation d'une faune riche et diversifiée.

¹ Les connaissances actuelles ne permettent pas de fixer des seuils fiables

² Ce paramètre n'est pas pris en compte par le guide technique relatif à l'évaluation des eaux de surface continentales



5.2.4.b.1.1 Caractéristiques du peuplement invertébré – bio-indication associée

Indice de diversité de Shannon	ASPT	Polyvoltinisme	Ovoviviparité	Richesse taxonomique	I2M2	Etat écologique
0	0	0.44	0.1084	0	0.1236	Mauvais

Tableau 13 : Résultats de l'expertise I2M2 – Port Royal

L'état biologique décrit par le compartiment invertébré est mauvais, déterminé par un I2M2 de 0.1236. Le peuplement est particulièrement pollutolérant (ASPT de 0), l'ensemble des individus étant tolérant aux pressions anthropiques et aux enrichissements en matières organiques.

La richesse taxonomique faible (EQR = 0, 26 unités taxonomiques recensées) témoigne de la faible capacité d'accueil du milieu. La monotonie des substrats ne permet pas l'installation d'une faune riche et diversifiée. De plus l'ambiance lentique empêche la colonisation du milieu par une faune rhéophile souvent plus sensible.

Les mollusques Hydrobiidae *Potamopyrgus antipodarum* sont largement dominants et représentent 87 % des captures. Ces organismes invasifs présentent une grande amplitude écologique et un fort taux de reproduction leur permettant de coloniser des milieux variés et d'établir des colonies abondantes. La présence de ces organismes peut, de plus, trahir un réchauffement anormal des eaux.

L'absence de certains groupes, attendus pour un cours d'eau de cette typologie (éphéméroptères, trichoptères et crustacés *Gammaridae*) laisse supposer de fortes pressions sur le milieu liées à l'urbanisation (entretien des berges, rectification et recalibrage du cours d'eau). De plus les conditions hydrologiques largement pénalisantes pour la faune benthique (cours d'eau en limite de rupture d'écoulements, faible oxygénation) créent des conditions de vie particulièrement sélectives. La valeur saprobiale élevée du peuplement (mésosaprobe à polysaprobe) confirme ce diagnostic.

c) Le Pontreau

5.2.4.c.1 Description du site d'échantillonnage des invertébrés

Les caractéristiques mésologiques du cours d'eau sont similaires à cette station.

La largeur plein bord est d'environ 2 m pour une largeur mouillée moyenne de 80 cm.

L'absence de ripisylve permet un développement important des macrophytes. Le lit est composé majoritairement de graviers.

Comme dans le Port-Royal, la très faible lame d'eau ne permet pas une diversification des faciès morphodynamiques. L'ambiance lentique est prépondérante.

Le plan d'échantillonnage est composé de 5 substrats en classe de vitesse lentique. L'habitabilité du milieu semble limitée pour la faune benthique.



5.2.4.c.2 Caractéristiques du peuplement invertébré – bio-indication associée

Indice de diversité de Shannon	ASPT	Polyvoltinisme	Ovoviviparité	Richesse taxonomique	I2M2	Etat écologique
0	0.1292	0.318	0	0.2508	0.1396	Mauvais

Tableau 14 : Résultats de l'expertise I2M2 - Pontreau

L'analyse du peuplement invertébré détermine un mauvais état biologique selon ce compartiment. Le peuplement est particulièrement déséquilibré (indice de Shannon = 0) et trahit des conditions d'accueil perturbées. La monotonie des substrats et des écoulements n'est pas propice à l'installation d'une faune diversifiée.

Les mollusque *Potamopyrgus* sont encore largement dominants et représentent 94 % des effectifs.

Si la majorité des organismes sont résistants aux pressions anthropiques et aux apports en matières fines (valeur saprobiale du peuplement mésosaprobe à polysaprobe), quelques individus présentant des exigences écologiques élevées ont été capturés (ASPT = 0.1292), notamment 6 éphéméroptères appartenant à la famille des *Leptophlebiidae*. Ces organismes sont inféodés aux milieux lenticques et présentent une relative sensibilité aux contaminations par les matières organiques.

Les organismes recensés sont essentiellement broyeurs et racleurs/brouteurs. L'abondance des ressources alimentaires issues de la végétation aquatique favorise largement ces groupes.

Les caractéristiques mésologiques du ruisseau ne sont pas idéales pour l'installation d'une faune benthique riche et diversifiée. Les conditions hydrologiques pénalisantes (très faible lame d'eau, en limite d'applicabilité du protocole MPCE) structurent fortement les communautés en place.

5.2.5 Ouvrages hydrauliques modélisés

Les cartes pages suivantes donnent une vue générale des ouvrages de franchissement recensés sur le linéaire modélisé pour le Pontreau et le Port Royal.

De façon globale, les ouvrages présents sur le linéaire du Pontreau n'apparaissent pas sous-dimensionné. De fortes ruptures de pente sont observées en aval de certains ouvrages (OH4, OH7 et OH8).

Sur le linéaire du Pont Royal, les ouvrages ont des dimensions cohérentes : diamètre de 1000 mm pour la plupart des ouvrages, qui est la section en sortie d'émissaire. Les ouvrages suivent la pente naturelle du cours d'eau.

Les tableaux ci-après récapitulent les principales caractéristiques des ouvrages.

Tableau 15 : Principales caractéristiques des ouvrages recensés sur le Pontreau

Secteur	PK (km)	Id	Type	Description
Pontreau	1.05	OH 1	Deux émissaires – busage en béton	Diamètre : 1000 mm Longueur : 62 m F.e. amont gauche : 2.94 mNGF F.e. aval gauche : 0.30 mNGF F.e. amont droit : 2.34 mNGF F.e. aval droit : 0.18 mNGF
Pontreau	0.98	OH 2	Entrée chambre dessableur - 2 busages circulaires béton	Diamètre : 800 mm Clapet anti retour en aval F.e. : 2.41 mNGF Cote TN : 4.23 mNGF
Pontreau	0.66	OH 3	Ouvrage de franchissement - 2 busages circulaires béton	Diamètre : 800 mm Longueur : 14.5 m F.e. amont : 3.35 mNGF F.e. aval : 3.05 mNGF Cote TN : 4.67 mNGF
Pontreau	0.55	OH 4	Ouvrages de franchissement - 3 dalots en béton	Largeur : 0.7 m Hauteur : 1 m Longueur : 14 m F.e. amont : 4.62 mNGF F.e. aval : 4.64 mNGF
Pontreau	0.47	OH 5	Ouvrage de franchissement - 2 busages circulaires béton	Diamètre : 700 mm Longueur : 13 m F.e. amont : 5.01 mNGF F.e. aval : 4.98 mNGF Cote TN : 5.96 mNGF
Pontreau	0.41	OH 6	Busage circulaire béton	Diamètre : 500 mm Longueur : 5 m F.e. amont : 5.23 mNGF F.e. aval : 5.06 mNGF Cote TN : 5.8 mNGF
Pontreau	0.24	OH 7	Ouvrage de franchissement - Busage circulaire béton	Diamètre : 800 mm Longueur : 63 m F.e. amont : 7.02 mNGF F.e. aval : 6.44 mNGF Cote TN : 8.13 mNGF
Pontreau	0.03	OH 8	Ouvrage de franchissement - Busage circulaire béton	Diamètre : 600 mm Longueur : 8.5 m F.e. amont : 9.56 mNGF F.e. aval : 9.41 mNGF Cote TN : 10.4 mNGF

Tableau 16 : Principales caractéristiques des ouvrages hydrauliques recensés sur le Port Royal

Secteur	PK (km)	Id	Type	Description
Port Royal	0.79	OH 1	Emissaire -busage en béton	Diamètre : 1000 mm Longueur : 30 m Cote radier : 1.25 mNGF
Port Royal	0.62	OH 2	Busage circulaire béton	Diamètre : 1000 mm Longueur : ~130 m Cote radier : 3.73 mNGF Cote TN : 4.14 - 4.81 mNGF
Port Royal	0.35	OH 3	Ouvrage de franchissement - busage circulaire béton	Diamètre : 1000 mm Longueur : 11 m F.e. amont : 5.84 mNGF F.e. aval : 5.70 mNGF Cote TN : 7.05 mNGF
Port Royal	0.29	OH 4	Ouvrage de franchissement - 2 busages circulaires béton	Buse gauche : Diamètre : 500 mm Longueur : 13.5 m F.e. amont : 6.97 mNGF F.e. aval : 6.86 mNGF Buse droite : Diamètre : 1000 mm puis 2 x 700 mm Longueur : 12 m F.e. amont : 6.45 mNGF F.e. aval : 6.32 mNGF Cote TN : 8.02 mNGF
Port Royal	0.05	OH 5	Ouvrage de franchissement - 2 busages circulaires béton	Diamètre : 600 mm Longueur : 11 m F.e. amont : 9.63 mNGF F.e. aval : 9.43 mNGF Cote TN : 10.32 mNGF



Figure 26 : Localisation des ouvrages de franchissement sur le linéaire modélisé du Pontreau



Figure 27 : Localisation des ouvrages de franchissement sur le linéaire modélisé du Port Royal

5.2.6 Faune piscicole et continuité écologique

a) Inventaire des obstacles à la circulation piscicole

Les obstacles à l'écoulement (ouvrages) ont été recensés sur le terrain lors du parcours du linéaire. Leurs caractéristiques (type d'ouvrage, hauteur de chute, présence ou non d'une fosse d'appel, longueur de la zone de remous...) ont été notées.

La franchissabilité à la montaison a également été évaluée pour les espèces cibles suivantes, dont la liste avait, au préalable, été discutée et validée avec l'AFB :

- ✓ Petites et grandes espèces holobiotiques,
- ✓ Anguille européenne, adulte et stade civelle,
- ✓ Flet.

Le tableau ci-après présente les obstacles recensés par cours d'eau :

Tronçons	Linéaire de tronçon (km)	Nombre d'obstacles			Total
		Radier de pont	Buse	Radier	
Pontreau amont	1,4		10		10
Pontreau aval	1,1	1	5		6
Port Royal	1,1		5	1	6
Total		1	20	1	22

Tableau 17 : Obstacles à l'écoulement répertoriés sur les tronçons

Sur les 22 ouvrages recensés, les obstacles induits par les passages busés sont les plus fréquents (20 ouvrages sur 22). En effet, ce type d'ouvrage est simple d'installation et assez économique. Les buses sont donc aussi bien utilisées en ville pour les passages routiers qu'en zone rurale pour les accès aux parcelles.

On note également la présence d'un radier bétonné soutenant une double buse sur l'amont du ruisseau du Port Royal et un radier de pont de voie de chemin de fer sur le Pontreau aval.



*Radier béton soutenant un passage busé
situé sur Port Royal (D97)*



*Radier de pont de chemin de fer situé sur le
Pontreau aval*



*Port Royal - Confluence avec l'océan –
Chute à marée basse*



*Pontreau aval - Busage en amont des
habitations - Villeneuve – Chemin des
Perrières*

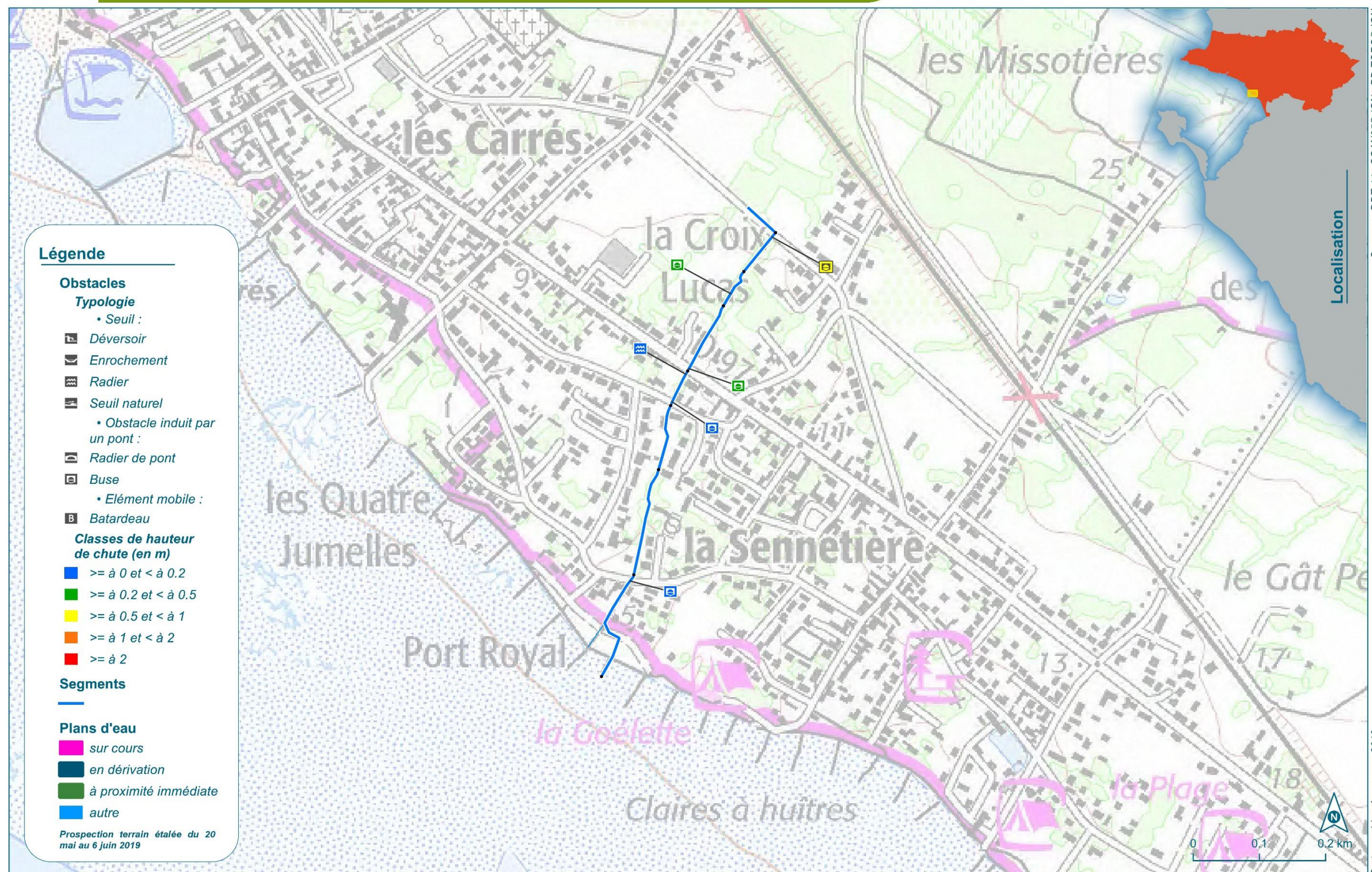


Port Royal – Busage amont du cours d'eau



*Pontreau amont – Busage d'entrée de
parcelle mal calé*





b) Continuité écologique et indicateurs associés

Deux indicateurs relatifs à la continuité écologique peuvent être utilisés afin de caractériser la situation sur le plan piscicole : le taux de fractionnement et la densité des ouvrages.

Un troisième indicateur existe : le taux d'étagement, qui est le rapport entre le cumul des chutes artificielles et le dénivelé naturel. Ce dernier n'a pas été calculé car il n'est pas adapté à l'étude des cours d'eau en tête de bassin versant (Le Bihan).

- **Le taux de fractionnement** : c'est un descripteur de l'altération de la continuité écologique longitudinale imputable aux ouvrages sur un linéaire de cours d'eau donné. Le calcul de cet indicateur ne prend pas en compte la pente naturelle, contrairement au taux d'étagement. Il se détermine par le **rapport entre la somme des chutes artificielles non équipées ou gérées et le linéaire du drain principal**.

Il n'existe pas de valeur de référence du « bon état » pour le taux de fractionnement.

Cinq classes de qualité ont été définies en retenant **la valeur de 0,4 m/km comme seuil au-dessus duquel la continuité peut être considérée comme dégradée**. Les classes sont données dans le tableau ci-dessous et le code couleur est retranscrit, selon la valeur, pour chaque cours d'eau dans le tableau suivant.

Etat	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
Taux de fractionnement (m/km)	0 à 0,2	0,2 à 0,4	0,4 à 0,6	0,6 à 0,8	0,8 et +

Cours d'eau/tronçon	Linéaire du drain principal (km)	Hauteur de chute cumulée (m)	Taux de fractionnement
Pontreau amont	1,41	0,25	0,18
Pontreau aval	1,13	1,20	1,06
Port Royal	1,10	1,35	1,22

Tableau 18 : Taux de fractionnement par tronçon

Les taux de fractionnement élevés du Pontreau aval et du Port Royal indiquent une continuité écologique altérée par des hauteurs cumulées de chute importantes au regard du faible linéaire et du peu d'ouvrages. En revanche, le taux de fractionnement sur Pontreau amont est plus préservé en raison du bon calage des ouvrages, malgré le nombre élevé.

- **La densité des ouvrages** correspond au nombre d'obstacles par km.

La densité est d'environ 6 ouvrages par kilomètre de cours d'eau. La plus forte densité est observée en contexte rural, là où les parcelles sont plus réduites et les chemins d'accès nombreux ; cela génère davantage d'ouvrages de franchissement liés aux routes/chemins de type buses, comme cela a été constaté sur le Pontreau amont.

Toutefois, une forte densité de ponts est également relevée sur les tronçons fortement urbanisés.

Tronçons	Linéaire de tronçon (km)	Densité d'obstacles			Densité d'obstacles (nb/km)
		Radier de pont	Buse	Radier	
Pontreau amont	1,4	-	0,7	-	7,1
Pontreau aval	1,1	0,9	4,5	-	5,4
Port Royal	1,1	-	4,5	0,9	5,4
Densité globale		0,3	5,6	0,3	6,1

Tableau 19 : Densité d'obstacles à l'écoulement répertoriés sur les tronçons

c) Bilan de franchissabilité par espèce ou groupe d'espèces

5.2.6.c.1 L'anguille

Chaque ouvrage a fait l'objet d'une évaluation de sa franchissabilité par l'anguille (stade adulte et juvénile).

Adulte	Nombre d'ouvrages	Franchissable sans difficulté apparente	Franchissable mais avec retard	Difficilement franchissable	Très difficilement franchissable	Obstacle infranchissable
Pontreau amont	10	33 %	34 %	11 %		22 %
Pontreau aval	7	50 %	25 %	25 %		
Port Royal	6	67 %			17 %	16 %

Civelle	Nombre d'ouvrages	Franchissable sans difficulté apparente	Franchissable mais avec retard	Difficilement franchissable	Très difficilement franchissable	Obstacle infranchissable
Pontreau amont	10	33 %	33 %	12 %		22 %
Pontreau aval	7	25 %	25 %	37 %	13 %	
Port Royal	6	33 %	33 %		17 %	17 %

L'anguille au stade adulte est confrontée à des difficultés de franchissement dans 25 à 33 % des cas. Au stade juvénile, la franchissabilité est encore plus problématique. Cela s'explique par le type et la longueur des ouvrages. Sur ces cours d'eau, il s'agit en effet essentiellement de buses, dont la longueur potentiellement importante augmente la difficulté de franchissement.

Etant donné la régression des stocks d'anguilles sur l'ensemble de son aire de répartition continentale et son statut de protection, le rétablissement de la continuité écologique pour cette espèce est nécessaire sous réserve d'habitats disponibles et d'un cours d'eau en eau de manière pérenne.

5.2.6.c.2 Petites espèces holobiotiques

Les espèces prises en compte sont la bouvière, le goujon et l'épinoche.

Petites espèces holobiotiques	Nombre d'ouvrages	Franchissable sans difficulté apparente	Franchissable mais avec retard	Difficilement franchissable	Très difficilement franchissable	Obstacle infranchissable
Pontreau amont	10	22 %	33 %			45 %
Pontreau aval	7	13 %	13 %	37 %		37 %
Port Royal	6	33 %		17 %	17 %	33 %

La franchissabilité des ouvrages par les petites espèces est sensiblement altérée.

Dans le meilleur des cas (Pontreau amont), la franchissabilité est possible sans difficulté ou avec retard pour près de 50 % des ouvrages.

Pour ces espèces, la présence d'une chute, même réduite, nécessite un ennoiment de cette dernière pour être franchie. Or, la faible lame d'eau et les assècs observés lors de l'expertise induisent un fonctionnement hydrologique des cours d'eau peu compatible avec la circulation piscicole.

5.2.6.c.3 Espèces amphihalines

L'évaluation de la franchissabilité des ouvrages a ciblé l'espèce la plus limitante : le flet.

Espèces amphihaline	Nombre d'ouvrages	Franchissable sans difficulté apparente	Franchissable mais avec retard	Difficilement franchissable	Très difficilement franchissable	Obstacle infranchissable
Pontreau amont	10	22,2 %	33,3 %		11,11%	33,3 %
Pontreau aval	7	12,5 %	12,5 %	37,5 %		37,5 %
Port Royal	6	33,3 %		16,7 %		50 %

Globalement, les espèces amphihalines connaissent des difficultés de franchissement des ouvrages.

Au niveau du Pontreau amont, plus de 50 % des ouvrages restent relativement franchissables (sans difficulté ou avec retard). Cependant l'accès au cours amont reste difficile par la présence d'ouvrages infranchissables ou difficilement en aval (¾ des ouvrages sont dans ce cas).

Le Port Royal connaît une situation similaire, avec 2/3 des ouvrages infranchissables ou difficilement.

Le flet est un migrateur thalassotoque. Il affectionne les eaux douces en été avant de rejoindre le milieu marin en hiver pour sa reproduction. Lors de leurs premières années, les flets colonisent les bassins versants (Biotope, 2011). L'accès au linéaire amont est donc nécessaire pour la réalisation de leur cycle de vie et permet d'enrayer le déclin des populations dans les eaux continentales. Toutefois, le rétablissement de la franchissabilité des ouvrages par les flets est intéressant sous réserve du maintien en eau du cours d'eau.

L'éperlan, migrateur potamotoque, affectionne les eaux estuariennes jusqu'en limite de marée dynamique pour effectuer sa reproduction (entre février et mai). Dans le Pontreau et le Port Royal, le rétablissement de la franchissabilité des ouvrages par cette espèce doit porter sur les secteurs aval, sous réserve que la marée dynamique remonte dans ces cours d'eau.

5.2.6.c.4 Brochet, lamproie marine et aloses

La pertinence de la prise en compte de ces espèces avait au préalable (avant la reconnaissance sur le terrain) été discutée avec la fédération départementale pour la pêche et la protection des milieux aquatiques.

Le faible gabarit et la granulométrie trop fine des cours d'eau justifiaient la non prise en compte de l'aloise et de la lamproie marine.

Concernant le brochet, sa présence était conditionnée à l'existence de frayères potentielles.

Brochet	Nombre d'ouvrages	Franchissable sans difficulté apparente	Franchissable mais avec retard	Difficilement franchissable	Très difficilement franchissable	Obstacle infranchissable
Pontreau amont	10	11,1 %	11,11%			77,8 %
Pontreau aval	7		25 %	12,5 %	25 %	37,5 %
Port Royal	6		33,3 %		16,7 %	50 %

Le brochet ne dispose d'aucune capacité de saut ou de reptation : il est donc limité dans sa capacité de franchissement par le tirant d'eau (qui ne doit pas être trop faible) et les vitesses d'écoulement (qui ne doivent pas être trop élevées).

Aucun ouvrage ne présentait lors de la reconnaissance des vitesses élevées. Bien au contraire, en lien avec une hydrologie limitée, la lame d'eau était réduite, ce qui limitait les possibilités de franchissement des ouvrages par le brochet.

Notons que le Pontreau aval traverse une parcelle en herbe en amont de la D97. Dans le cas d'une mise en eau de cette dernière ou de la création de zone tampon enherbée, le brochet, en cas de présence avérée, pourrait y trouver un support de ponte.

5.2.6.c.5 Bilan sur la continuité piscicole

Le tableau ci-dessous permet d'apprécier l'intérêt de restaurer la continuité écologique au regard des espèces cibles

Tableau 20 : Synthèse des périodes de montaison et de présence des espèces cibles en rivière (hachures claires : montaison probable ; hachures foncées : montaison certaine ; cellules bleues : forte probabilité de présence)

Espèces	Périodes de montaison				Période de présence en eau douce				Milieux visés
	Aut.	Hiv.	Pri.	Été	Aut.	Hiv.	Pri.	Été	
Eperlan									Zone de marée dynamique
Flet									Ensemble du cours d'eau
Brochet									Cours aval et médian du cours d'eau
Anguille									Ensemble du cours d'eau
Civelle									Ensemble du cours d'eau
Bouvière									Ensemble du cours d'eau
Epinoche / Epinochette									Ensemble du cours d'eau

La majorité des espèces est susceptible d'être présente une grande partie de l'année, hormis l'éperlan et le flet. Les périodes de migrations s'étalent également sur l'ensemble

de l'année. Le flet et les petites espèces holobiotiques telles que la bouvière, l'épinoche et l'épinochette sont plus à même d'être impactés par de faibles débits en lien avec leur période de fraie située au printemps et en été.

L'intérêt piscicole du Pontreau et du Port Royal est limité par trois facteurs principaux :

- Pour le brochet, le gabarit du cours d'eau et son hydrologie en tête de bassin.
- L'hydrologie déficitaire (observée lors de la prospection) qui se traduit par de faibles lames d'eau et des assecs.
- La présence d'ouvrages, par leur type, leur longueur et leur chute le cas échéant.

Espèces	Principaux ouvrages pénalisants pour la continuité écologique	
	Port Royal	Pontreau
Eperlan	Busage aval reliant le cours d'eau à l'océan	Busage aval reliant le cours d'eau à l'océan
Flet	Busage aval reliant le cours d'eau à l'océan Radier de la D97	Grande majorité des ouvrages. Surtout le pont de la voie ferrée et les busages en amont des habitations du lieu-dit de Villeneuve Port Royal : Radier de la D97
Brochet		
Anguille	Busage aval reliant le cours d'eau à l'océan Busage de la rue des Grands prés	Busages en amont des habitations du lieu-dit de Villeneuve.
Civelle		
Bouvière Epinoche Epinochette	Radier et busage de la D97	Grande majorité des ouvrages. Surtout le pont de la voie de chemin de fer et les busages en amont des habitations du lieu-dit de Villeneuve.

Hormis l'éperlan qui reste en aval des cours d'eau et le brochet qui reste dans le cours médian et aval, l'ensemble des espèces précédemment citées sont susceptibles de coloniser les têtes de bassins. Parmi elles, le flet et les petites espèces holobiotiques sans capacité de saut sont particulièrement impactés par les ouvrages. Pour autant, il semble peu probable que les têtes de bassins de ces deux cours d'eau soient propices à la reproduction si les assecs et les ruptures d'écoulements sont fréquents.

Les enjeux de restauration de la continuité écologique sont donc les suivants :

- La connexion avec l'océan pour faciliter les échanges entre les deux systèmes et favoriser une remontée des espèces amphihaline telles que le flet dans les zones en eau (surtout localisées en aval) ;
- L'aval du Pontreau, au droit du pont SNCF infranchissable.

Le busage aval du chemin des Perrières était initialement un ouvrage pénalisant pour la continuité écologique. Pornic Agglomération a effectué des travaux sur ce dernier pour faciliter son franchissement. Un travail de morphologie sur l'aval a également été conduit pour assurer une continuité des écoulements.



*Vue depuis l'aval de l'ouvrage avant travaux
(Aquascop, mai 2019)*



*Vue depuis l'aval de l'ouvrage après travaux
(Pornic Agglomération Pays de Retz,
novembre 2019)*

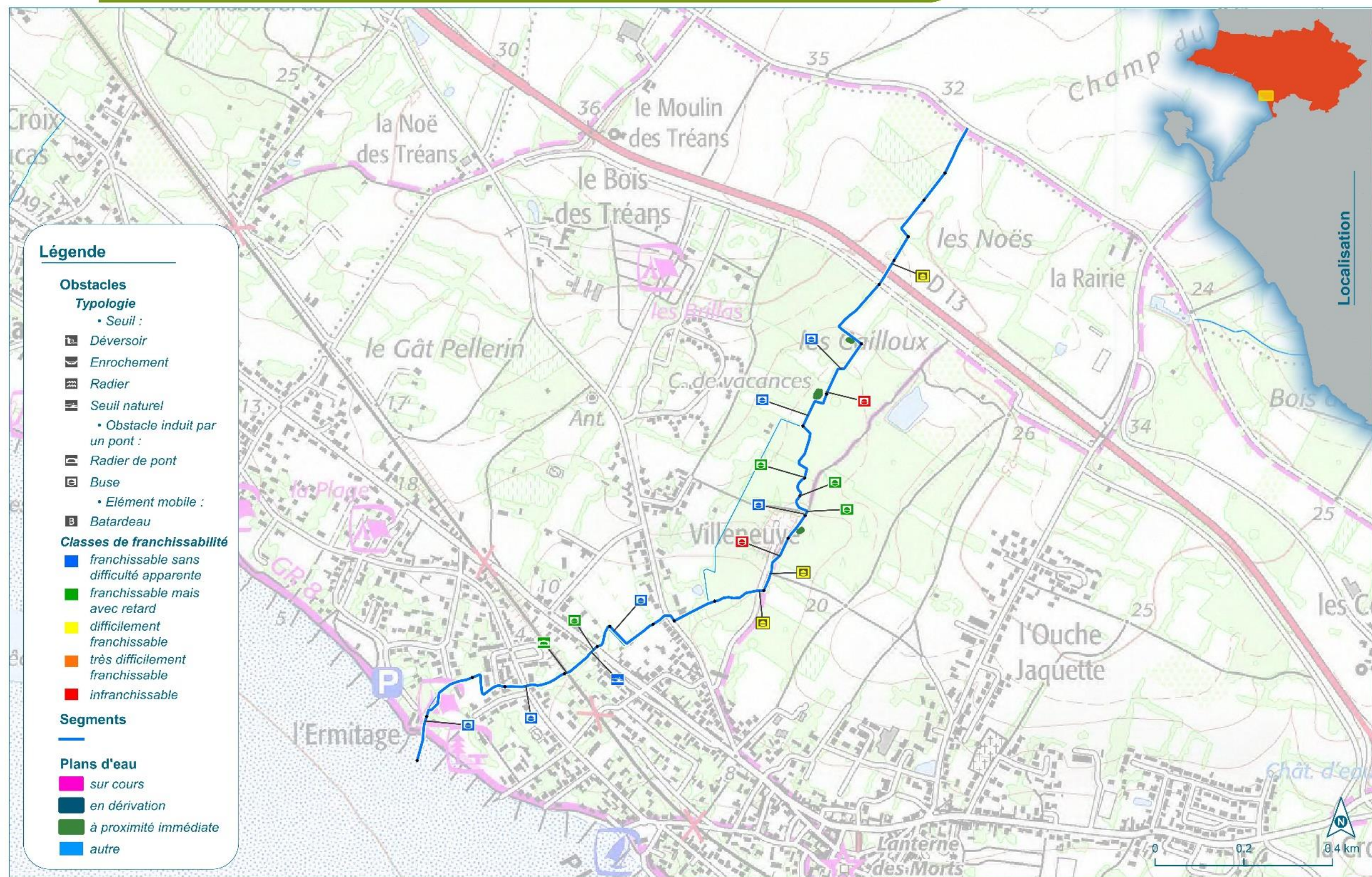


*Vue vers l'aval depuis l'ouvrage avant
travaux (Aquascop, mai 2019)*

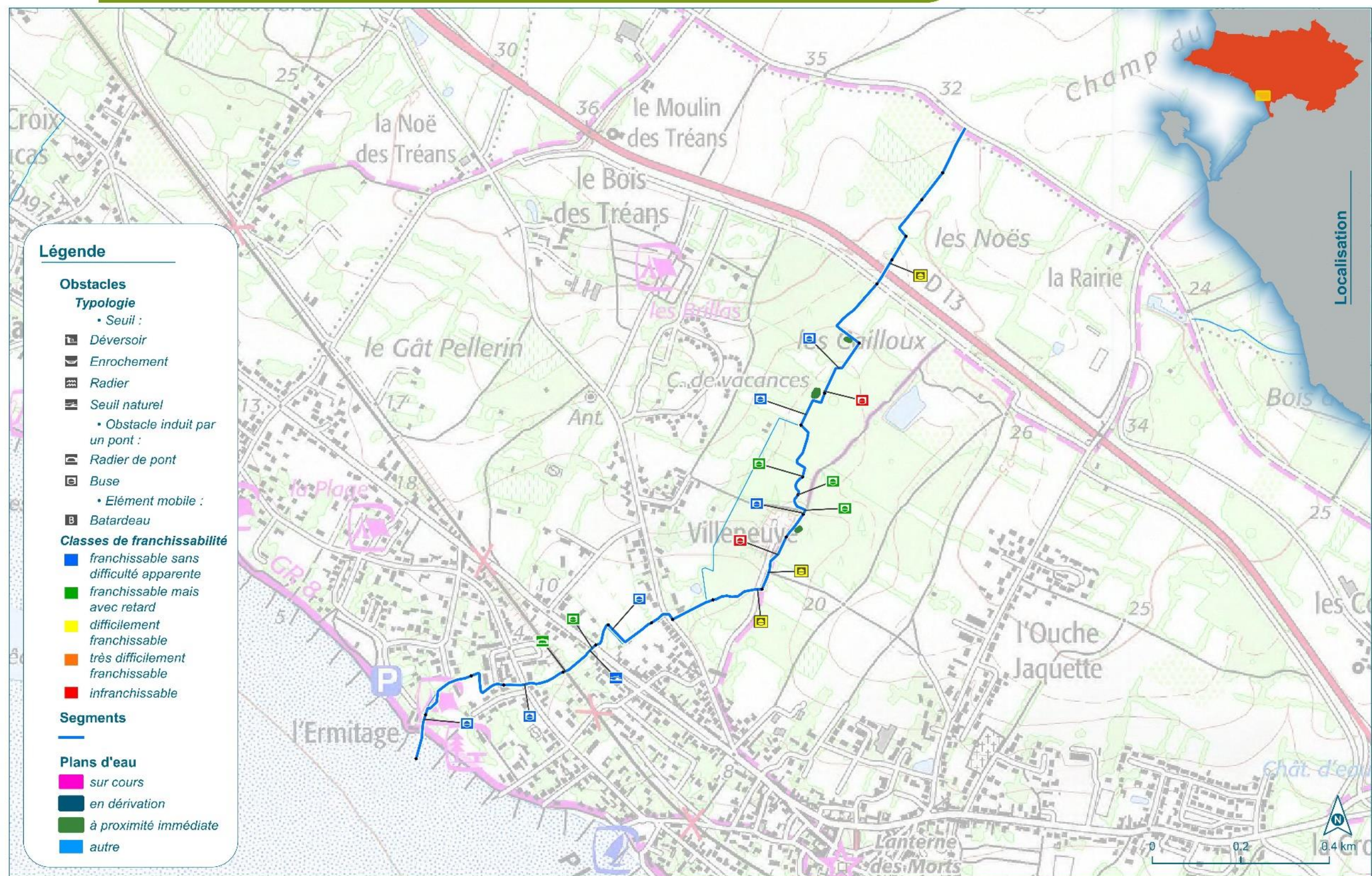


*Vue vers l'aval depuis l'ouvrage après
travaux (Pornic Agglomération Pays de
Retz, novembre 2019)*

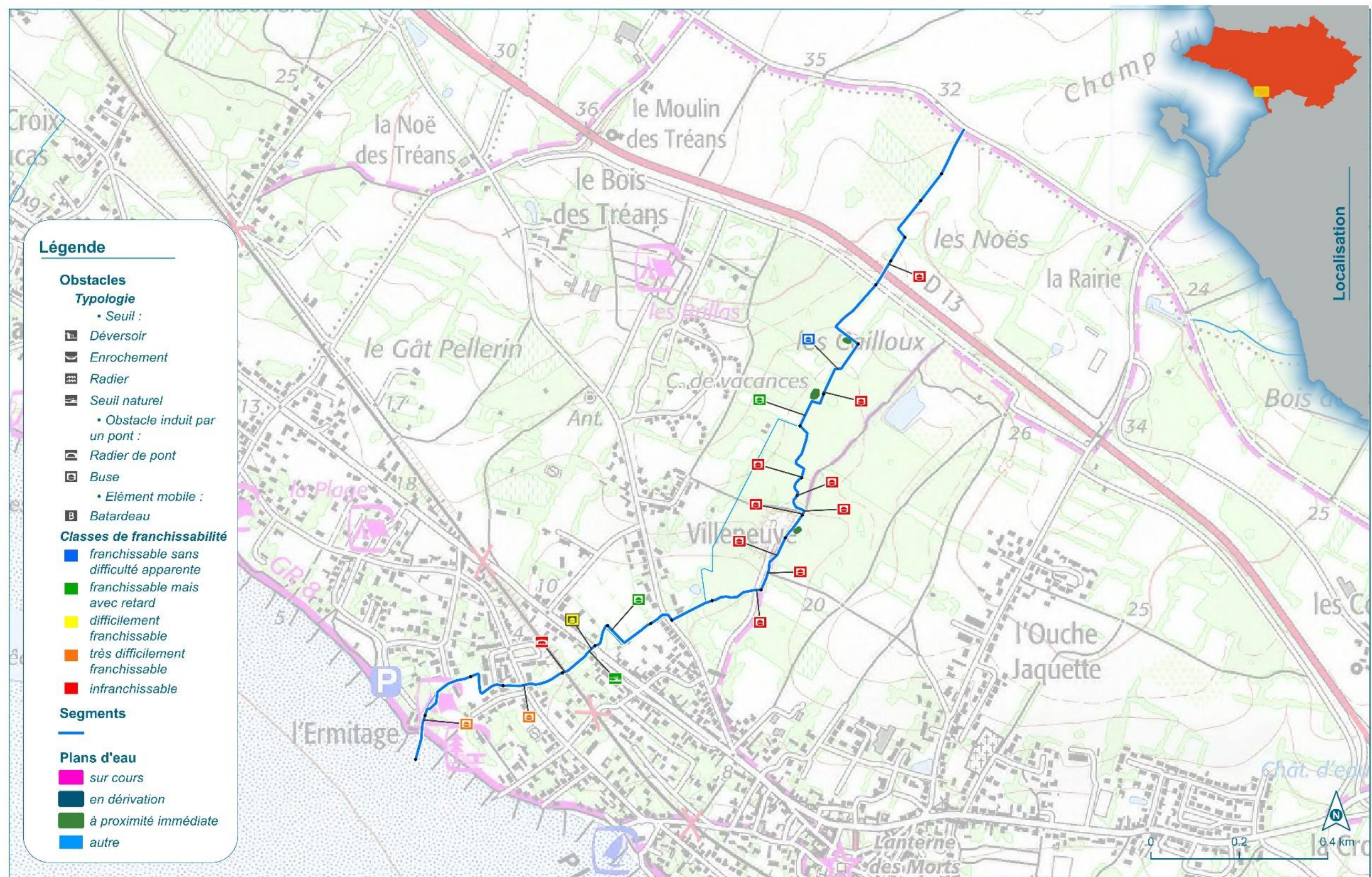
La continuité écologique sur le Port Royal est problématique uniquement en amont, là où les écoulements semblent intermittents. L'intérêt d'effectuer des travaux de restauration de la continuité semble donc limité. Un travail sur la morphologie est envisageable sur le cours d'eau afin de restaurer les fonctions biologiques et hydrauliques du cours d'eau.



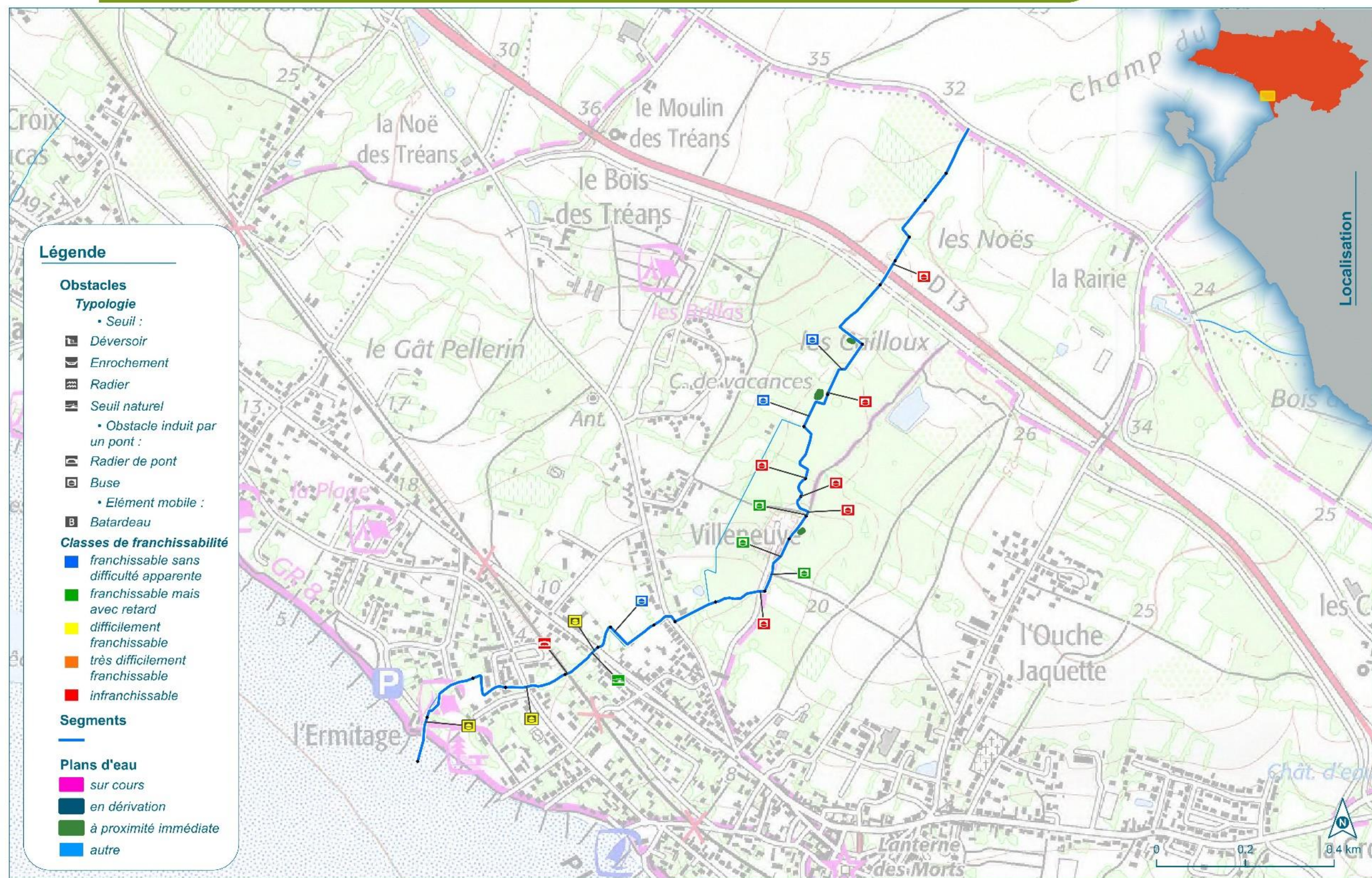


















5.2.7 Descriptions des secteurs à enjeux

A partir des bases de données collectées (BD Topo, SDAEP, BSS), il est possible d'analyser les enjeux existants sur le bassin versant du Pontreau et du Port Royal. Les zones inondables n'ayant pas encore été définies, la caractérisation des enjeux liés aux risques inondations a été effectuée sur les bassins versants aval concernés par les modélisations 2D.

Type d'enjeux	Pontreau	Port Royal
Bâtis indifférenciés	389	458
Bâtis industriels	0	0
Bâtis remarquables	0	1
Constructions légères	222	132
Entreprises / sociétés	3	3
Campings	2	0
Maisons de retraite ou établissements personnes handicapées	0	0
Exploitations agricoles	0	0
Km de voiries	4.03	4.32
Km de réseaux eaux pluviales	6.40	7.37
Km de voie ferrée	475	0
Postes de transformation électrique	0	0
Station de traitement AEP	0	0
Station de traitement eaux usées	0	0
Forages / puits (BSS)	2	2

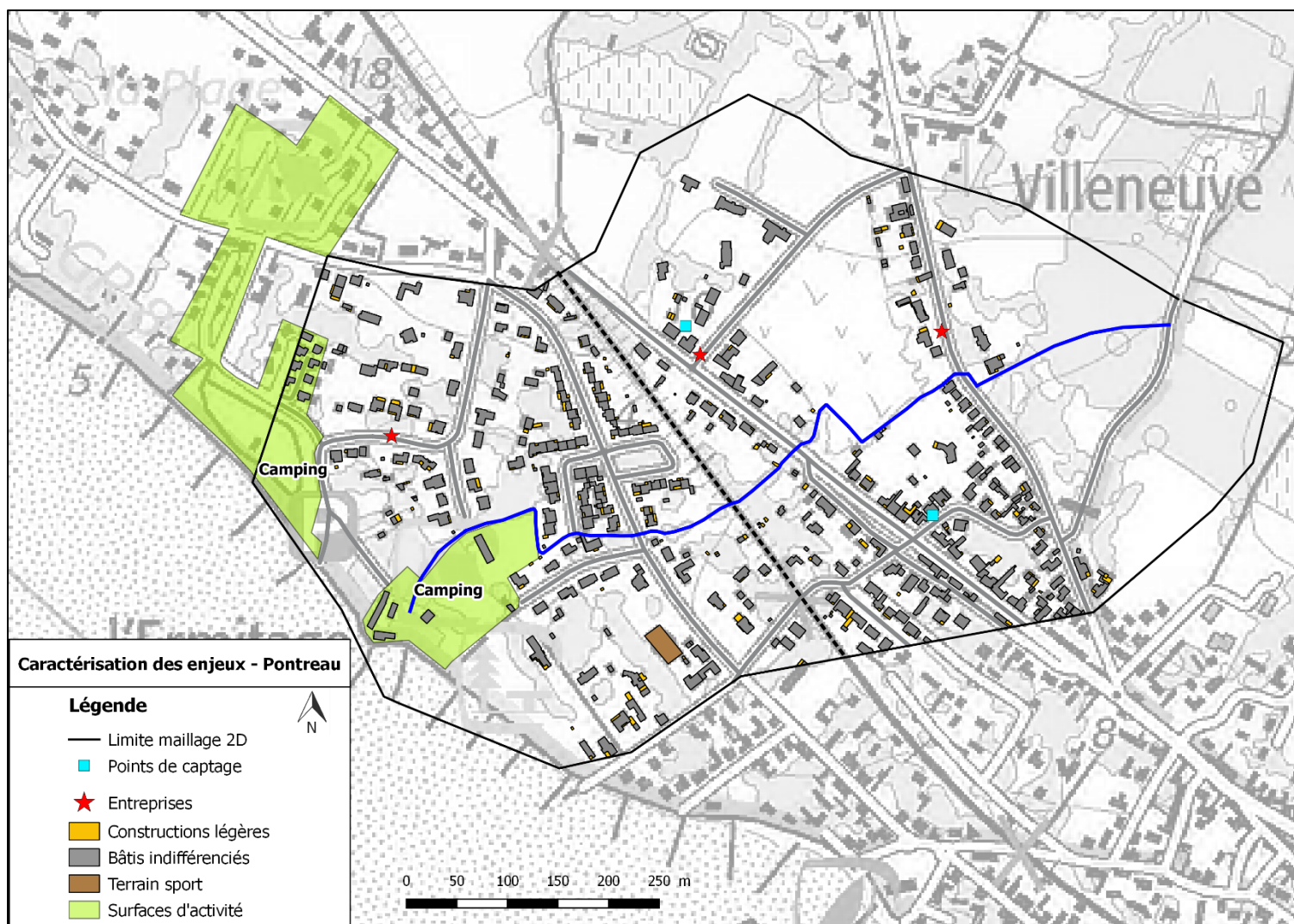


Figure 28 : Caractérisation des enjeux sur le bassin versant aval du Pontreau

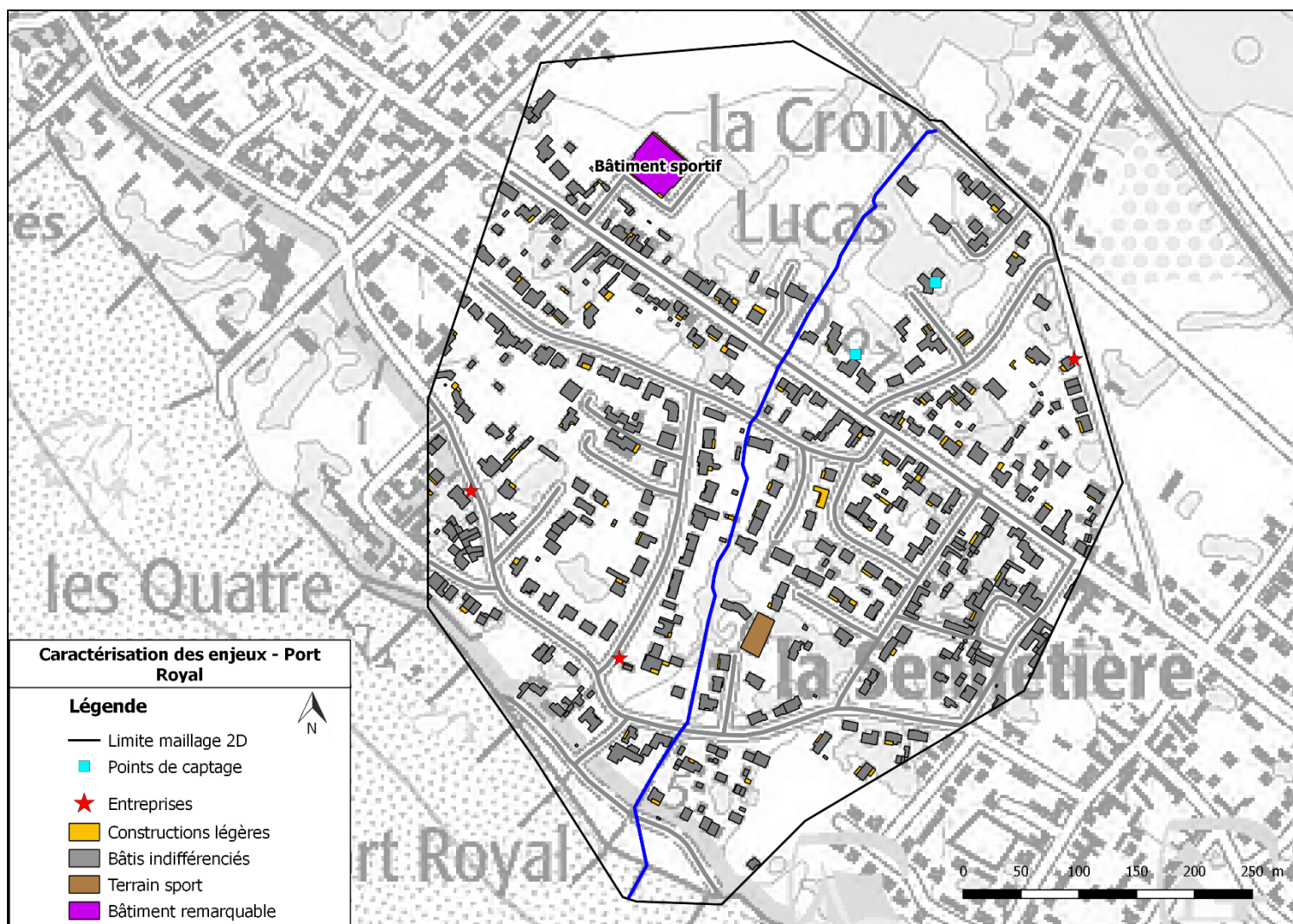


Figure 29 : Caractérisation des enjeux sur le bassin versant aval du Port Royal

5.3 ETUDE HYDRAULIQUE – MODELISATION EN ETAT ACTUEL

5.3.1 Préambule

Dans le cadre de l'étude, un modèle d'écoulement a été mis en œuvre à l'échelle de chaque site en vue :

- **D'analyser l'incidence hydraulique des ouvrages à l'état actuel**, et ainsi compléter l'analyse géodynamique et écologique de chaque secteur ;
- **D'apprécier finement les impacts des scénarios d'aménagements** et des projets retenus sur le fonctionnement de chaque complexe hydraulique :
 - **Effets sur la ligne d'eau** ;
 - **Effets sur la répartition des eaux** en lit majeur ;
 - **Effets sur les vitesses d'écoulements** les berges et au droit des infrastructures.
- **De confirmer la faisabilité hydraulique des scénarios d'aménagement** ;
- **D'analyser le fonctionnement hydraulique des dispositifs de franchissement piscicoles** équipant les chutes, dans le cas où le projet en prévoit.

A ce stade, l'analyse a été réalisée pour la situation actuelle par la mise en œuvre de modèles hydrauliques 1D/2D sous HYDRA.

Ces derniers seront modifiés et mis en œuvre par la suite pour modéliser les impacts des scénarios pour chaque site.

Pour de plus amples informations, le lecteur est invité à se rendre sur le site internet dédié suivant : <http://hydra-software.net/>

5.3.2 Méthodologie générale

La méthodologie générale pour la modélisation hydraulique est la suivante :

- **1. Identification des tronçons élémentaires de vallée** ;
- **2. Identification des ouvrages et infrastructures conditionnant les écoulements** ;
- **3. Choix du type de modélisation le plus adapté** (1D, 1D à casiers, 1D multifilaire, 1D/2D, 2D) en fonction notamment des besoins de l'étude, de la configuration du site, des données disponibles ou pouvant être recueillies et du caractère opérationnel de l'outil (équilibre rapidité/précision des calculs en fonction des scénarios à modéliser et des éventuelles itérations à mener) ;
- **4. Construction du modèle hydraulique** par la représentation des différentes entités pré-identifiées (profils en travers de cours d'eau en 1D, loi cote/volume pour les zones de stockage en 1D à casiers, maillage 2D en 1D/2D et 2D, canalisations pour les réseaux pluviaux ...), le renseignement des lois d'échanges entre ces entités, et l'intégration des divers ouvrages conditionnant les écoulements ;
- **5. Paramétrage du modèle sur la base des caractéristiques générales préalablement identifiées** (coefficients de rugosités, coefficients de pertes de charge des ouvrages...) ;
- **6. Calage et validation du modèle** sur la base de lignes d'eau mesurées :
 - Comparaison des lignes d'eau calculées à celles réellement mesurées, et ajustement des paramètres du modèle si besoin jusqu'à adéquation des valeurs dans la limite de tolérance fixée
- **7. Mise en œuvre du modèle hydraulique avec pour entrées les débits caractéristiques précédemment déterminés** ;
- **8. Exploitation des résultats**

- Représentation des lignes d'eau, hauteurs d'eau, vitesses d'écoulement en lit mineur ;
- Cartographie des zones inondables.

a) Construction des modèles

Dans le cas présent, la construction des modèles a été réalisée sur une partie des linéaires de cours d'eau où les enjeux sont les plus forts :

- Une représentation filaire (**1D**) des écoulements en lit mineur valorisant les données de profils en travers levés ;
- Une représentation bidimensionnelle (**2D**) des écoulements en lit majeur.

Le tableau suivant récapitule les principales caractéristiques des modèles construits dans le cadre de l'étude.

Type modèle	Cours d'eau	Limite amont	Limite aval	Longueur km	Nombre de profils en travers	Nombre d'ouvrages modélisés
1D/2D	Pontreau	Chemin des Perrières	Exutoire en mer : 2 émissaires	1.08	27	8
1D/2D	Port Royal	Rue des Grands prés	Exutoire en mer : un émissaire	0.81	18	5

Tableau 21. Principales caractéristiques des modèles construits



Figure 30 : Modèle 1D/2D du cours d'eau du Pontreau

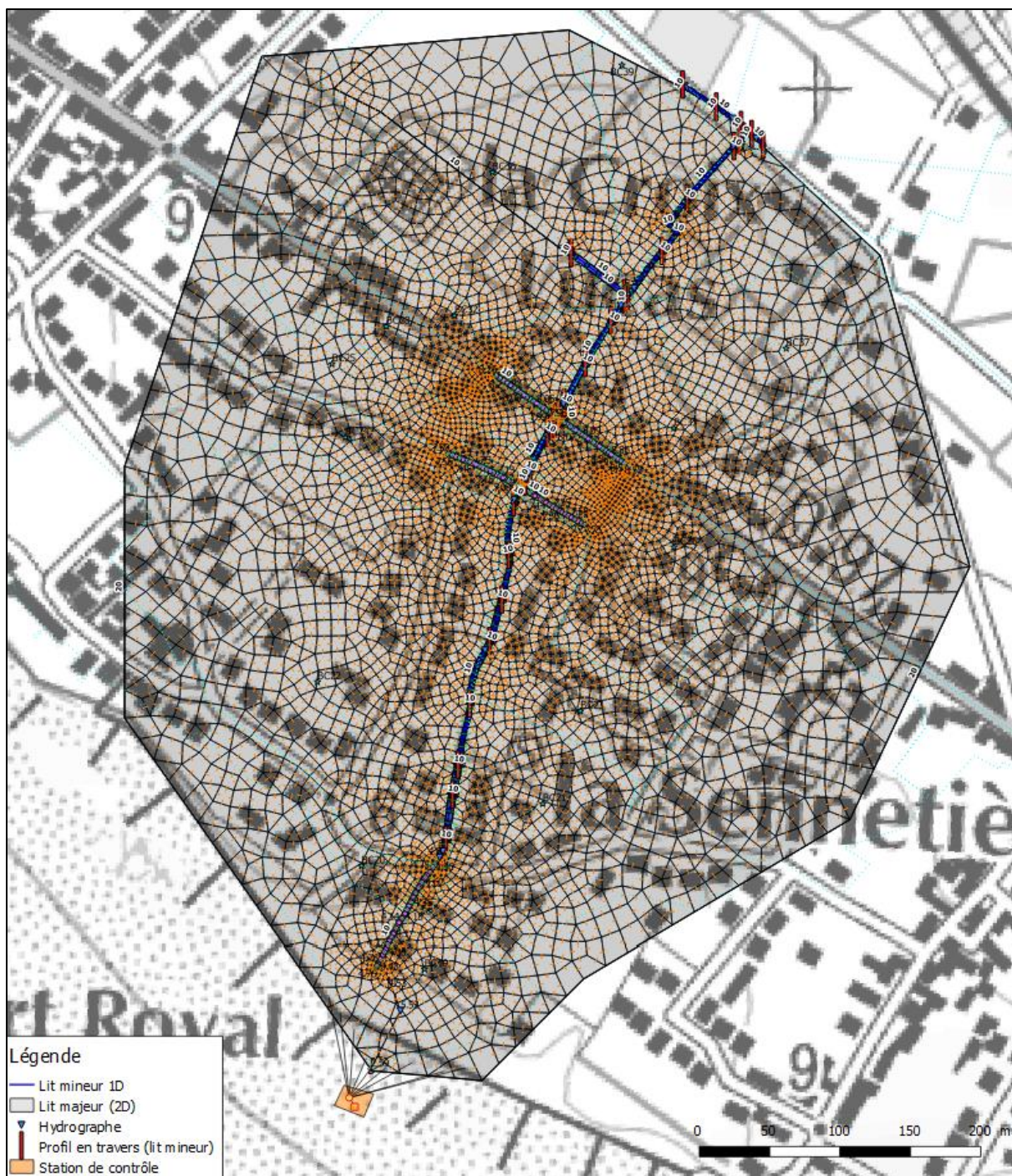


Figure 31 : Modèle 1D/2D du cours d'eau du Port Royal

b) Hypothèses de modélisation

Rugosité du lit

La modélisation mise en œuvre fait l'hypothèse d'un coefficient de Strickler 2D spatialisé en fonction de l'occupation des sols observée en lit majeur d'une part, de la typologie du lit mineur et de son encombrement par la végétation rivulaire d'autre part. Comme détaillé par la suite, les coefficients ont été choisis en cohérence avec les valeurs communément admises dans la littérature scientifique et technique.

Conditions aux limites

La modélisation mise en œuvre considère les hypothèses suivantes sur les conditions aux limites :

- Les limites latérales du modèle sont représentées par des parois imperméables, sans débordement possible au-delà des frontières définies et quel que soit l'événement considéré ;
- A la limite amont du modèle, l'hydrogramme entrant est calculé à partir de la méthode pluie-débit pour le bassin versant considéré en amont du linéaire modélisé ;
- A la limite aval du modèle, le niveau d'eau est conditionné par les différents marégrammes considérés.

c) Calage des modèles

L'objectif du calage est de restituer convenablement des niveaux d'eau atteints lors d'épisodes connus. L'ajustement de différents paramètres du modèle visent à reproduire les hauteurs d'eau observées lors du 11 juin 2018 de façon satisfaisante.

Les coefficients retenus doivent être cohérents avec les valeurs classiquement employées sur des cours d'eau comparables.

Les paramètres de calage des modèles hydrauliques, qui visent à représenter les pertes de charges linéaires et singulières, sont les suivants :

- **Les coefficients de Strickler du lit mineur et du lit majeur** : ces coefficients représentent la capacité de frottement des différentes parties du lit. Ils dépendent, pour le lit mineur, essentiellement de la nature du fond, pour le lit moyen et le lit majeur, du couvert végétal et de l'occupation des sols (présence de bosquets ou de bois, nature des cultures, zones de pâturages...) ;
- **Les coefficients de perte de charge des ouvrages** : ils traduisent les conditions d'entonnement en amont d'un ouvrage. Ils permettent d'ajuster localement la ligne d'eau en amont d'un ouvrage donné. Les coefficients de perte de charge aux ouvrages seront déterminés à partir de la forme de ceux-ci et en particulier leur entonnement et des abaques existants.

Les coefficients de Strickler en lit mineur ont été déterminés en première approche à partir des observations de terrain et de l'application de la formule de Cowan.

$$K = 1 / [(n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \cdot m]$$

Matériaux constitutifs de berge	Terre	n0	0.028
	Graviers fins		0.03
	Graviers grossiers		0.035
Degré d'irrégularité	Très faible	n1	0
	Faible		0.003
	Moyen		0.008
	Important		0.015
Variation de section	Progressive	n2	0
	Occasionnelle		0.003
	Fréquente		0.012
Présence d'obstacles	Négligeable	n3	0.002
	Faible		0.01
	Appréciable		0.025
	Elevé		0.045
Végétation	Basse	n4	0.005
	Moyenne		0.01
	Haute		0.035
	Très haute		0.075
Méandrement	Faible	m	1
	Appréciable		1.15
	Fort		1.3

Figure 32. Ordre de grandeur des paramètres de la formule de Cowan

Les coefficients de rugosité en lit majeur ont quant eux été déterminés à partir de la documentation scientifique au regard des caractéristiques de l'occupation des sols en présence.

Les coefficients de Strickler préalablement estimés ont pu dans un second temps faire l'objet d'ajustements sensibles en phase de calage.

5.3.3 Détermination des hydrogrammes de crue de référence

a) Méthodes de détermination des hydrogrammes de crue de référence

Les méthodes hydrologiques classiques de détermination régionale des débits de crue (méthode CRUPEDIX, SOCOSE, GRADEX) n'apparaissent pas adaptées ici compte tenu de la faible étendue des bassins versants.

Dans le cas présent, il est apparu judicieux de déterminer les hydrogrammes de crue par modélisation pluie-débit pour chaque bassin versant. Les deux principaux types d'événements de pluies étudiés sont les suivants :

- Pluie intense de très courte durée (quelques minutes à quelques heures) de type orage, le débit de pointe étant la variable d'intérêt principale devant le volume ruisselé ;
- Pluie importante de plus longue durée (pluie journalière), le volume ruisselé étant cette fois la variable d'intérêt principale devant le débit de pointe.

Il convient d'étudier la réponse hydrologique à l'échelle du système étudié pour un même événement de pluie cohérent, s'appliquant à l'ensemble des sous bassins versants, et maximisant la réponse globale.

L'évènement pluvieux retenu est celui qui maximise la réponse hydrologique sur le bassin versant global.

Les hydrogrammes de crue de références, permettant d'alimenter la modélisation hydraulique en régime transitoire, ont dès lors été déterminés sur le secteur d'étude pour les périodes de retour **10 ans, 30 ans et 100 ans par modélisation pluie-débit-coefficient de ruissellement** de la façon suivante :

- Détermination des hyétoigrammes de pluies de projet pour l'ensemble des bassins versants :
 - Pluies de projets de type double triangle pour les pluies intenses de courte durée ;
 - Pluies de projets de type simple triangle pour les pluies importantes de longue durée ;
- Modélisation pluie-débit des hyétoigrammes de pluie pour l'obtention des hydrogrammes de crues.

b) Détermination des hyétoigrammes de crue de référence

5.3.3.b.1 Pluies de type double triangle

Concernant les événements pluvieux intenses de courte durée, la forme des hyétoigrammes retenue pour la modélisation est de type double-triangle symétrique répondant à la théorie de Desbordes (1974).

L'élaboration de la pluie double-triangle repose sur un double constat :

- Les événements pluvieux réels provoquant des désordres sont généralement constitués d'une période de pluie intense relativement courte située à l'intérieur d'une séquence de pluie de quelques heures ;
- Le point précédent mis à part, aucune forme particulière de distribution temporelle des intensités n'est plus probable qu'une autre.

La pluie double-triangle est entièrement définie par cinq paramètres :

- La durée totale **t3** ;
- La durée de la période de pluie intense : **t1** ;
- La position de la pointe d'intensité par rapport au début de la pluie : rapport **t2 / t3** ;
- L'intensité atteinte au début de la période intense : **i1** ;
- L'intensité maximale atteinte pendant la période intense : **i2**.

La durée de pluie intense **t1** choisie est de **30 minutes**, durée pour laquelle le débit de pointe généré est le plus élevé.

La durée de pluie totale **t3** choisie est de **90 minutes**, soit **3 fois** la durée de pluie intense **t1**.

Le fait que la pluie soit symétrique impose la relation **t2 = (t3 - t1) / 2 = 60 minutes**.

Le calcul des intensités s'effectue à partir des coefficients de Montana a et b d'une station pluviométrique locale.

$$i_1 = (0.25K)^b \times \frac{1 - (0.1)^{b+1}}{0.9(0.1)^b} \times 120 \times a \times 2^b$$

$$i_2 = (0.25K)^b \times \frac{(0.1)^b - 1}{0.9(0.1)^b} \times 120 \times a \times 2^b$$

Avec *i1* et *i2* en mm/min et *t1* en min

La station pluviométrique utilisée pour la construction des pluies de projet est celle de Nantes-Bouguenais (**données 1972-2004**). Cette station est plus pénalisante que la station de Saint-Nazaire et reste représentative des précipitations observées à Saint-Michel-Chef-Chef.

Les hauteurs d'eau estimées par méthode de renouvellement à cette station sont fournies pour la durée de pluie de 30 min. Les hauteurs d'eau correspondant à la durée de pluie de 90 min ont été estimés par interpolation de la courbe $h=f(T)$.

Hauteur d'eau - mm	Période de retour					
	5 ans	10 ans	20 ans	30 ans	50 ans	100 ans
Durée de pluie						
30 min	16.5	19.5	22.4	24.1	26.2	29
90 min	25	30.5	35.5	38	42	45.9

Tableau 5. Hauteurs d'eau estimées à la station pluviométrique de Nantes-Bouguenais pour différentes périodes de retour

Il n'a pas été considéré d'abattement spatial de la pluie sur le secteur d'étude depuis la station pluviométrique de Nantes-Bouguenais.

Le système actuel a été étudié pour **3 périodes de retours : 10 ans, 30 ans et 100 ans**.

La figure ci-après reporte les hyétogrammes de pluies de projets construits pour les besoins de l'étude.

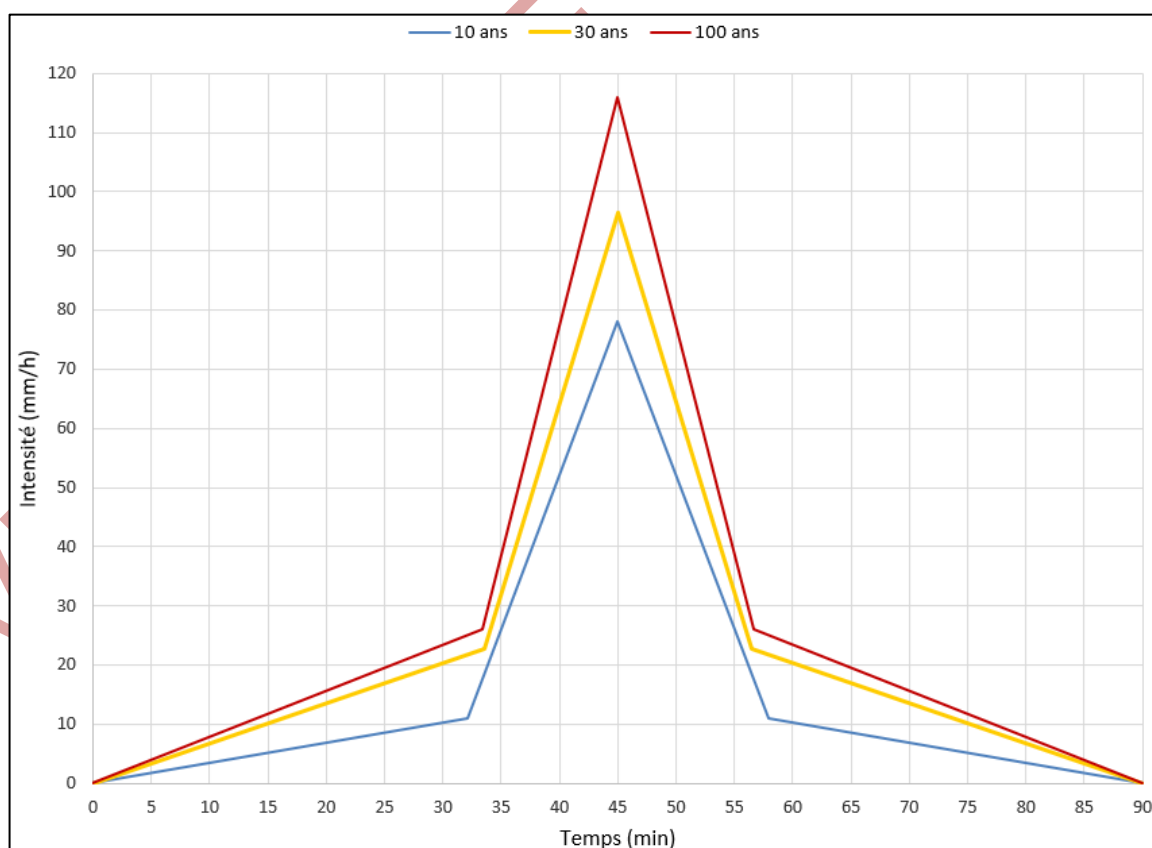


Figure 33. Hyétogrammes de pluies de projet – Pluies intenses et courtes

Durée de retour - années	Intensité atteinte au début de la période intense : i_1 (mm/h)	Intensité maximale atteinte pendant la période intense : i_2 (mm/h)	Cumuls de lame d'eau à l'échelle de l'épisode pluvieux (mm)
10	11	78	25.0
30	22.8	96.4	35.5
100	26	116	42.0

Tableau 22. Principales caractéristiques des événements pluvieux considérés pour les besoins de l'étude

5.3.3.b.2 Pluies de type simple triangle

Concernant les événements pluvieux importants de pluie longue durée, la forme des hyétogrammes retenue pour la modélisation est de simple triangle

La pluie simple triangle est entièrement définie par trois paramètres :

- La durée totale t_1 ;
- La position de la pointe d'intensité par rapport au début de la pluie : rapport t_2 / t_1 ;
- La hauteur d'eau totale précipité sur la durée totale ;

La durée de pluie totale t_1 choisie est de **12 heures, durée pour laquelle le débit généré est le plus élevé.**

La station pluviométrique utilisée pour la construction des pluies de projet est celle de Nantes-Bouguenais (**données 1972-2004**). Cette station est plus pénalisante que la station de Saint-Nazaire et reste représentative des précipitations observées à Saint-Michel-Chef-Chef.

Les coefficients de Montana de cette station, calculés pour des durées de pluies de **12h**, sont présentés dans le tableau suivant.

Période de retour	Durée de pluie 12h	
	Coefficient a	Coefficient b
10 ans	4.522	0.668
30 ans	6.846	0.709
100 ans	11.681	0.768

Tableau 5. Coefficients de Montana à la station pluviométrique de Nantes-Bouguenais 1972-2004 pour différentes périodes de retour et pour une durée de pluie de 12h

Il n'a pas été considéré d'abattement spatial de la pluie sur le secteur d'étude depuis la station pluviométrique de Nantes-Bouguenais.

Le système actuel a été étudié pour **3 périodes de retours : 10 ans, 30 ans et 100 ans.**

La figure ci-après reporte les hyétogrammes de pluies de projets construits pour les besoins de l'étude.

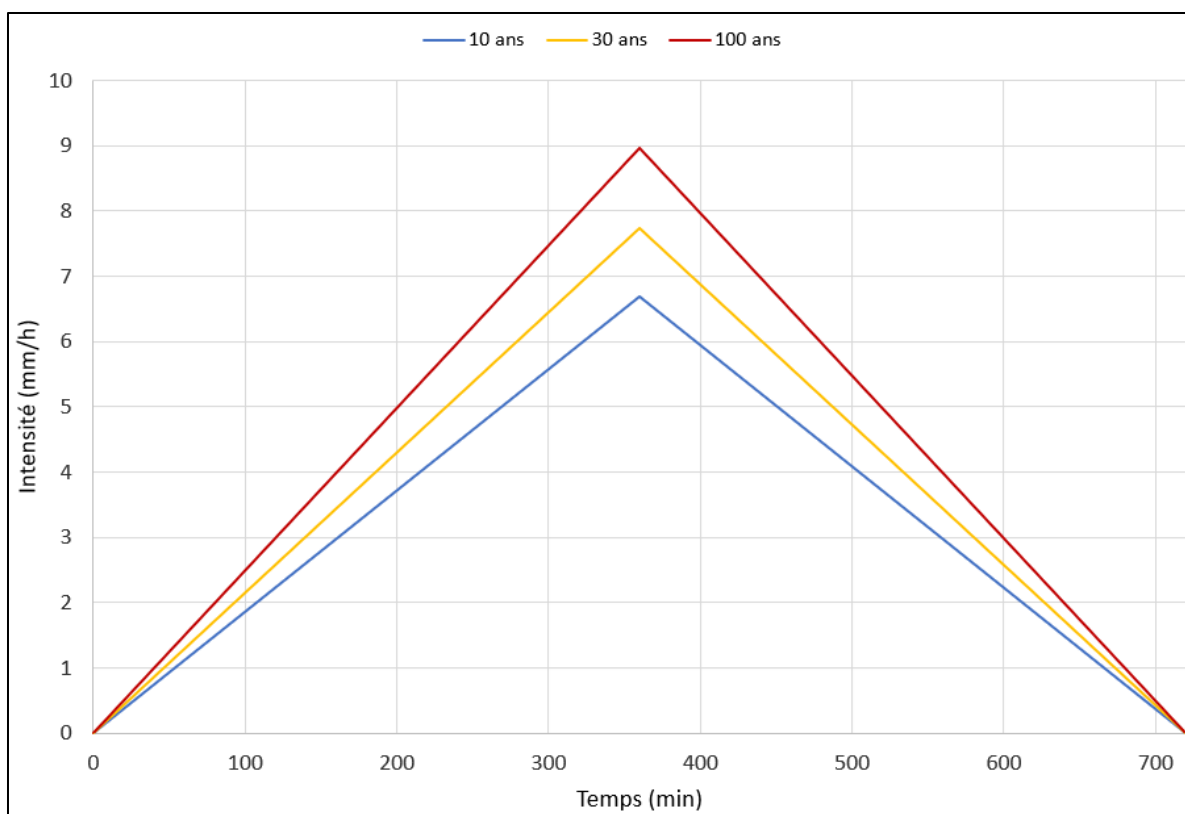


Figure 34. Hyétogrammes de pluies de projet – Pluies importantes et longues

Durée de retour - années	Intensité maximale atteinte pendant la période intense (mm/h)	Cumuls de lame d'eau à l'échelle de l'épisode pluvieux (mm)
10	6.7	40.2
30	7.7	46.4
100	9.0	53.8

Tableau 23. Principales caractéristiques des événements pluvieux considérés pour les besoins de l'étude

c) Modélisation des bassins versants

5.3.3.c.1 Principes généraux

Les bassins versants font l'objet d'une modélisation pluie-débit avec la méthode rationnelle, ayant pour objectif de produire les hydrogrammes d'apport au droit de chaque bassin versant à partir des hyétogrammes de pluies de projets.

Le processus de transformation de la pluie en débit est réalisé en deux étapes distinctes et successives : **la production et le transfert**.

La fonction de production permet de définir la part de la pluie précipitée qui va effectivement s'écouler à l'exutoire du bassin. Elle soustrait à la pluie brute différentes pertes avant ruissellement comme l'évaporation, la rétention par les végétaux, le stockage dans les dépressions et l'infiltration dans le sol.

La fonction de transfert a pour objectif de transformer la pluie nette en débit à l'exutoire. Elle représente les transformations de l'onde de débit lors de son passage à travers le bassin versant.

5.3.3.c.2 Fonctions de production

Pour la transformation de la pluie brute en pluie « efficace » (ou pluie nette), représentant la fraction réelle de la pluie contribuant au débit injecté dans les réseaux, plusieurs fonctions de production existent, notamment :

- Le modèle Horner,
- Le modèle Holtan,
- Le modèle SCS,
- Le modèle à coefficient de ruissellement constant.

Le modèle à coefficient de ruissellement constant a été retenu pour les bassins versants.

Les fonctions de production de pluie nette utilisant la notion de coefficient de ruissellement supposent qu'à l'échelle de la surface réceptrice, la pluie nette ou le débit ruisselé peuvent s'exprimer sous la forme d'une fraction C de la pluie brute [CERTU, 2003]. Les pertes liées au ruissellement sont donc continues et proportionnelles à la pluie brute.

Le modèle particulier à coefficient de ruissellement constant est l'un des plus simples et des plus classiques en hydrologie urbaine [CERTU, 2003]. Des recherches expérimentales [DESBORDES, 1975] ont montré la prépondérance des surfaces imperméabilisées dans les processus de ruissellement, dans des proportions telles que l'apport des surfaces perméables peut être négligé si celles-ci représentent moins de 20% de la surface totale étudiée.

Dans le cas de bassins versants présentant un pourcentage d'imperméabilisation supérieur à 20%, le coefficient de ruissellement peut donc être considéré égal au coefficient d'imperméabilisation [DESBORDES, 1980], [CHOCAT *et al.*, 1981].

Cette hypothèse reste néanmoins fortement simplificatrice, de nombreux travaux ayant démontré la complexité inhérente à la détermination de la valeur d'un coefficient de ruissellement, cette dernière étant fortement influencée par de nombreux facteurs extérieurs tels que l'état initial des sols [LONGOBARDI *et al.*, 2003], [SHI *et al.*, 2006], [MERZ *et al.* 2006]. Par ailleurs, les coefficients de ruissellement ainsi déterminés peuvent produire des valeurs de débit surestimées pour des pluies simulées d'intensités moyennes à faibles [CERTU, 2003]. Ceci étant lié à l'absence de prise en compte des pertes initiales (lame d'eau ne contribuant pas au ruissellement), notamment expliquées par des phénomènes tels que l'interception par le couvert végétal, le stockage dans les dépressions du sol ou l'évapotranspiration. Dans le cas de pluies plus intenses (supérieures à 40 mm en 2h), les pertes initiales deviennent négligeables devant les pertes continues par ruissellement, et peuvent donc ne pas être considérées.

Le choix de cette fonction de production pour la modélisation intéressée ici a donc été retenu en raison d'une part des taux d'imperméabilisation rencontrés, et d'autre part au vu des pluies de projet simulées, de périodes de retour et donc d'intensités importantes.

Le tableau suivant présente les coefficients de ruissellement communément admis.

Occupation du sol	Coefficient de ruissellement
- Commercial	$0,70 < C < 0,95$
- Résidentiel	
aménagement	$0,30 < C < 0,50$
collectifs	$0,50 < C < 0,75$
habitats dispersés	$0,25 < C < 0,40$
- Industriel	$0,50 < C < 0,80$ à $0,90$
- Parcs et jardins publics	$0,10 < C < 0,25$
- Terrains vagues	$0,05 < C < 0,15$ à $0,20$
- Terres agricoles	
drainées	$0,10 < C < 0,13$
non drainées	$0,03 < C < 0,07$ à $0,10$
Type de surface	
- Pavage, chaussées revêtues, pistes ciment	$0,70 < C < 0,95$
- Toitures et terrasses	$0,75 < C < 0,95$
- Sols imperméables avec végétation	
pente $< 2\%$	$0,13 < C < 0,18$
pente $= 2$ à 7%	$0,18 < C < 0,22$ à $0,25$
pente $> 7\%$	$0,25 < C < 0,35$
- Sols perméables avec végétation	
pente $< 2\%$	$0,05 < C < 0,10$
pente $= 2$ à 7%	$0,10 < C < 0,15$
pente $> 7\%$	$0,15 < C < 0,20$

5.3.3.c.3 Détermination du coefficient de ruissellement pour chaque bassin versant

Le coefficient de ruissellement a été calculé au prorata de la surface de l'occupation du sol sur chaque sous bassin versant.

Le tableau présente les coefficients de ruissellement calculés pour chaque sous bassin versant du Pontreau et du Port Royal.

Sous-bassin versant	% urbain	% agricole	Cr global
PONTREAU			
BC4	100	0	0.50
BC6	100	0	0.50
BC10	100	0	0.50
BC14	98.8	1.2	0.49
BC15	13.3	86.7	0.12
BC16	69.3	30.7	0.20
BC19	100	0	0.50
BC17	3.3	96.7	0.15
BC9	99.9	0.1	0.50
PORT ROYAL			
BC19	100	0	0.50
BC26	100	0	0.50
BC37	100	0	0.50
BC20	100	0	0.50
BC24	100	0	0.50

BC25	100	0	0.50
BC28	100	0	0.50
BC36	38.7	61.3	0.25
BC32	100	0	0.50
BC39	4	96	0.12
BC42	24.3	75.7	0.20
BC40	30.8	69.2	0.22
BC33	18.9	81.1	0.18
BC22	100	0	0.50
BC23	100	0	0.50
BC21	100	0	0.50

Tableau 24. Coefficients de ruissellement calculés pour chaque sous-bassin versant du secteur d'étude

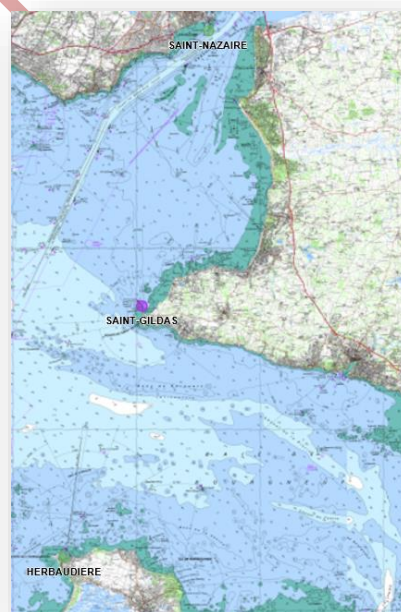
d) Détermination des marégrammes en fonction des coefficients de marée considérés

5.3.3.d.1 Données du SHOM

Le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) répertorie trois marégraphes à proximité des fleuves côtiers étudiés :

- L'Herbaudière
 - Données : juillet 1990 à avril 2019
- Saint-Nazaire
 - Données : décembre 1985 à janvier 2019
- Pointe Saint-Gildas
 - Données : décembre 1985 à juin 2017

Le marégraphe présent à la Pointe Saint-Gildas est le plus proche géographiquement des sites. Cependant, les données disponibles ne recouvrent pas les épisodes pluvieux du 11 juin 2018, événement retenu pour le calage.



5.3.3.d.2 Choix des marégraphes

Pour des raisons de cohérence, il est préférable de considérer le même marégraphe entre le calage et les simulations des différents scénarios. Les données du marégraphe de la Pointe Saint-Gildas vont être comparées à celui de l'Herbaudière et de Saint-Nazaire pour justifier leur choix dans la suite de l'étude. Pour cela, deux dates communes aux trois marégraphes ont été retenues :

- Le 18/05/2017 pour une marée de coefficient 45 ;
- Le 29/05/2017 pour une marée de coefficient 95.

Le signal temporel marégraphique de la Pointe Saint-Gildas est intermédiaire par rapport aux deux autres marégrammes, l'avance du signal à l'Herbaudière et le retard à Saint-Nazaire est acceptable. Le décalage temporel entre les signaux reste inférieur à 15 min.

La cote maximale observée lors de la marée haute à ces dates varie en fonction de la localisation du marégraphe. Le pic de marée est plus important au droit de Saint-Nazaire, situé en zone estuarienne. L'écart avec ce niveau maximal et le pic enregistré à la Pointe Saint-Gildas, niveau le plus faible, reste inférieur à 15 cm.

En considérant les faibles écarts temporel et altimétrique, les marégrammes de la station de Saint-Nazaire et de l'Herbaudière apparaissent représentatifs du marégraphe de la Pointe Saint-Gildas.

Les données de ces marégraphes peuvent donc être utilisées en phase de calage et en phase projet. Les signaux marégraphiques seront extraits à la date du 11 juin 2018.

La situation géographique des exutoires du Pontreau et du Port Royal étant situés dans la Baie de Bourgneuf et compte tenu de la distance minimale entre les marégraphes et les exutoires des cours d'eau, **il convient donc de retenir pour les conditions aval des modèles du Pontreau et du Port Royal le marégraphe de l'Herbaudière.**

Pour la modélisation, le niveau marin maximal atteint lors de la marée haute sera en concomitance avec le pic d'intensité maximal de l'hydrogramme aval des cours d'eau.

Les niveaux marins maximaux atteints au marégraphe de l'Herbaudière pour les différents coefficients de marées considérés sont les suivants :

- Coefficient de marée 45 : 1.377 mNGF ;
- Coefficient de marée 95 : 2.515 mNGF ;
- Coefficient de marée 95 + surcote de 1 m : 3.515 mNGF

A noter que l'aléa marin extrême considéré reste en-dessous du niveau marin exceptionnel observé lors de la Tempête Xynthia (4.05 mNGF).

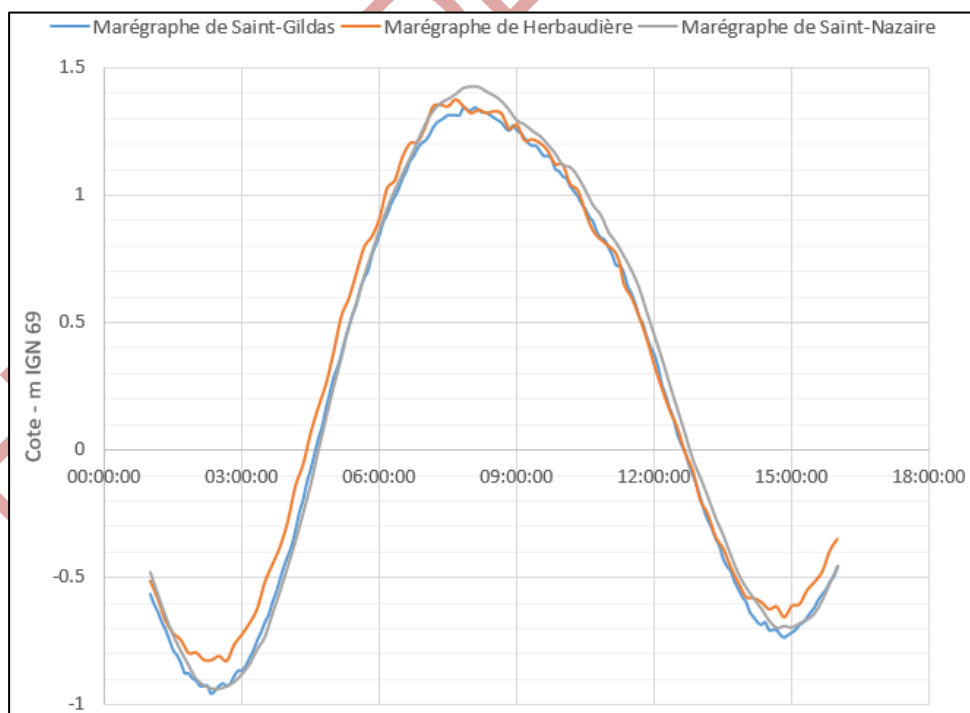


Figure 35 : Comparaison des marégrammes du 18/05/2017 (coefficient 45)

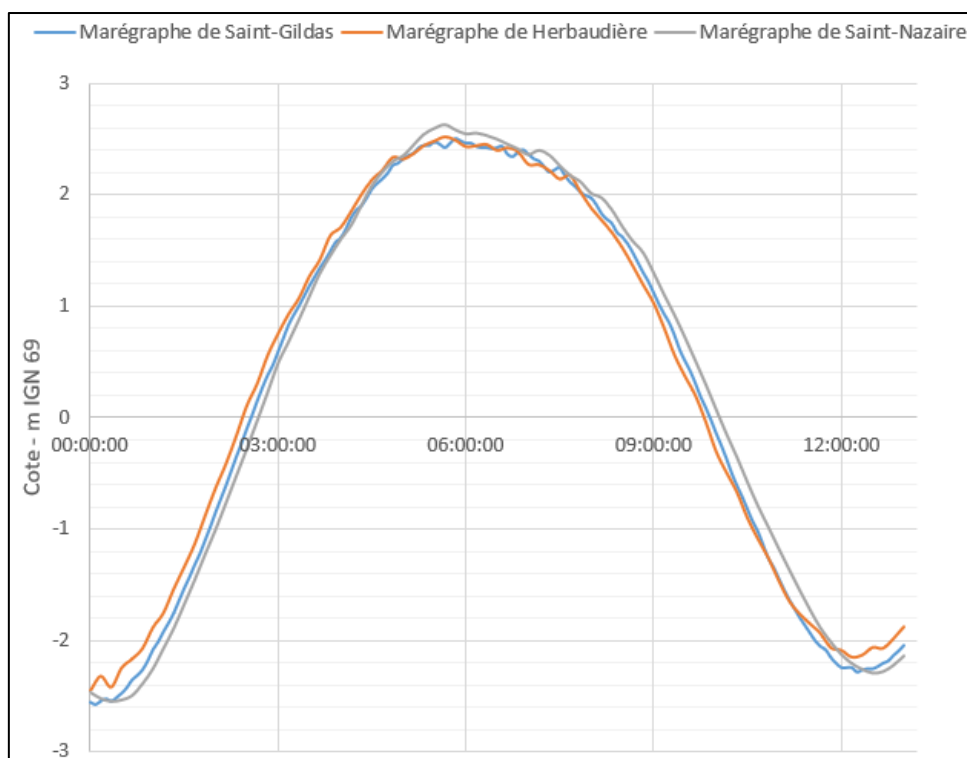


Figure 36 : Comparaison des marégrammes du 29/05/207 (coefficient 95)

5.3.4 Phase de calage

L'événement considéré pour la phase de calage est la crue survenue le 11 juin 2018. L'occurrence de cet événement est supérieure à 100 ans par comparaison de la hauteur d'eau estimée pour un événement centennal d'une durée proche à la station de Nantes-Bouguenais.

Événement du 11 juin 2018		
Station pluviométrique	Durée de la pluie (h)	Hauteur d'eau cumulée (mm)
Les Gâtineaux	10.75	95.0
STEU Salettes	13.33	85.1
Station de Nantes-Bouguenais – Statistique sur la période de 1972 – 2004		
Durée de pluie 24h – méthode du renouvellement		
Période de retour (ans)	Durée de la pluie (h)	Hauteur d'eau estimée (mm)
100	24	77.9

Afin de reproduire le plus fidèlement possible les cotes d'eau observées lors cet événement, plusieurs coefficients de Strickler ont été comparés. Cette étape permet :

- De définir les coefficients de Strickler les plus appropriés pour caler le modèle sur l'événement du 11 juin 2018, en gardant des valeurs pertinentes par rapport aux caractéristiques du territoire.
- De vérifier le fonctionnement hydraulique attendu (zone de débordement, surverse).

Les coefficients de Strickler retenus sont ceux pour lequel la moyenne des écarts relatifs entre la cote simulée et la cote relevée est minimale. Les coefficients de Strickler suivants permettent de reproduire l'événement du 11 juin 2018 avec un écart global (moyenne des écarts absolus) de **10.5 cm** pour le Pontreau et **9.5 cm** pour le Port Royal.

Occupation du sol	Pontreau	Port Royal
Lit mineur	23	23 (aval) / 15 (amont)
Zone enherbée / agricole	10	10
Forêt	10	-
Zone pavillonnaire	5 à 10	5

Le tableau suivant présent l'écart entre la cote d'eau modélisée et la cote relevée au droit de chaque laisse de crue répertoriée.

Les graphiques présents sur les pages suivantes montrent la ligne d'eau simulée pour l'événement du 11 juin 2018. Pour les tronçons busées la ligne d'eau représente la charge, il ne s'agit donc pas de la ligne d'eau réelle dans ce cas de figure.

	Id	Laisse de crue (mNGF)	Fiabilité	Cote modélisée (mNGF)	Ecart (m)
Pontreau	13	3.95	Moyenne	3.93	-0.02
	14	4.01	Bonne	3.96	-0.05
	15	4.53	Bonne	4.14	-0.39
	16	4.57	Bonne	4.62	0.05
	17	3.82	Bonne	3.83	0.01
Port Royal	9	4.81	Bonne	4.76	-0.05
	10	4.8	Bonne	4.76	-0.04
	11	7.41	Bonne	7.44	0.03
	12	8.12	Mauvaise	7.86	-0.26

Pour le Pontreau, la ligne d'eau modélisée est à 30 cm environ en-dessous de la laisse de crue correspondant au repère n°15 situé à l'Impasse de l'Hermitage. Néanmoins, la ligne d'eau modélisée est bien représentative de l'événement simulé au regard du faible écart avec les repères proches amont (repère 16) et aval (repère 14), situés respectivement à l'impasse de l'Hermitage et à la rue du Pré Long. Ainsi, le repère n°15 peut être écarté du calage.

Pour le Port Royal, la ligne d'eau modélisée est à 25 cm environ en-dessous de la laisse de crue correspondant au repère n°12 situé dans la rue des Moutiers. Ce repère est le plus en amont sur le cours d'eau. Cependant, le repère n°11, le plus proche en aval situé dans la rue des Courlis, présente un faible écart avec la ligne d'eau modélisée. De plus, après l'événement du 11 juin 2018, les propriétaires au 43 Rue des Moutiers ont fait état des dégâts et ont mis en évidence un encombrement au niveau du tronçon situé en amont de la rue des Moutiers. Cette obstruction a pu créer une perte de charge pendant l'événement, favorisant le débordement en lit majeur. Cette perte de charge n'a pas été représentée sur le modèle car il s'agit d'un phénomène local lié au mauvais entretien du cours d'eau et non à une caractéristique hydraulique du cours d'eau. Ainsi, le repère n°12 peut être écarté du calage.



Figure 37 : Photo du fossé bouché après l'événement du 11 juin 2018

Sur le graphique du Port Royal présenté sur les pages suivantes, la ligne d'eau dans la partie busée aval du cours d'eau correspond à la ligne de charge dans le réseau. Cependant, une surverse est observée à l'entrée du busage dans la rue de Port Royal et entraîne un ruissellement de surface dans le chemin piéton transversal à la rue. C'est la cote d'eau maximale de ce ruissellement qui a été extrait des mailles 2D du modèle et qui correspond à la cote indiquée dans le tableau.

Les écarts relatifs, entre les repères de crues cohérents et la ligne d'eau modélisée, ne dépassent pas les 6 cm, et témoignent bien de la bonne représentation par les modèles de l'événement. Les calages des modèles du Pontreau et du Port Royal ainsi validés, permettent de poursuivre l'étude sur les scénarios envisagés.

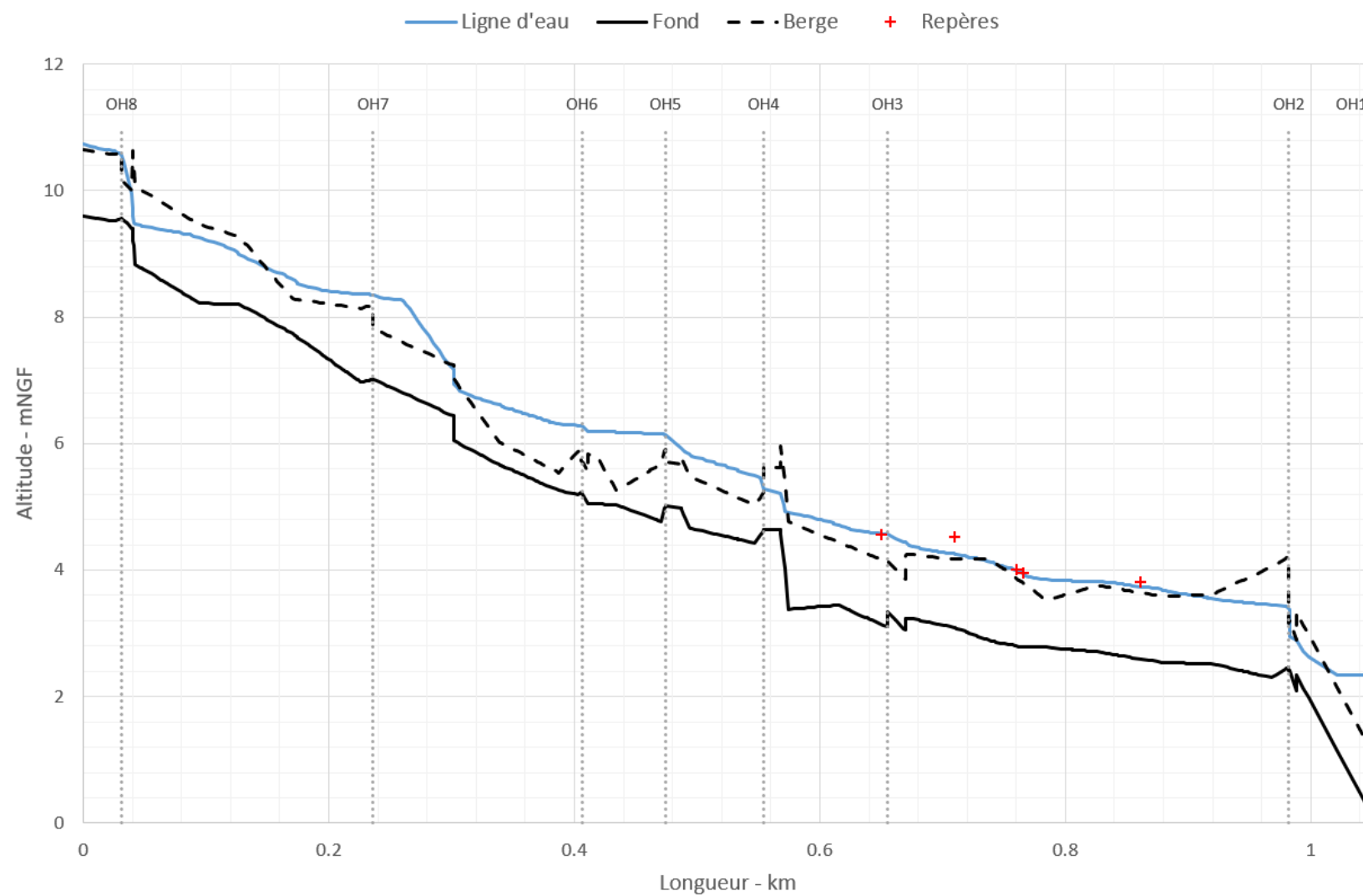


Figure 38 : Calage de l'événement du 11 juin 2018 sur le modèle du Pontreau

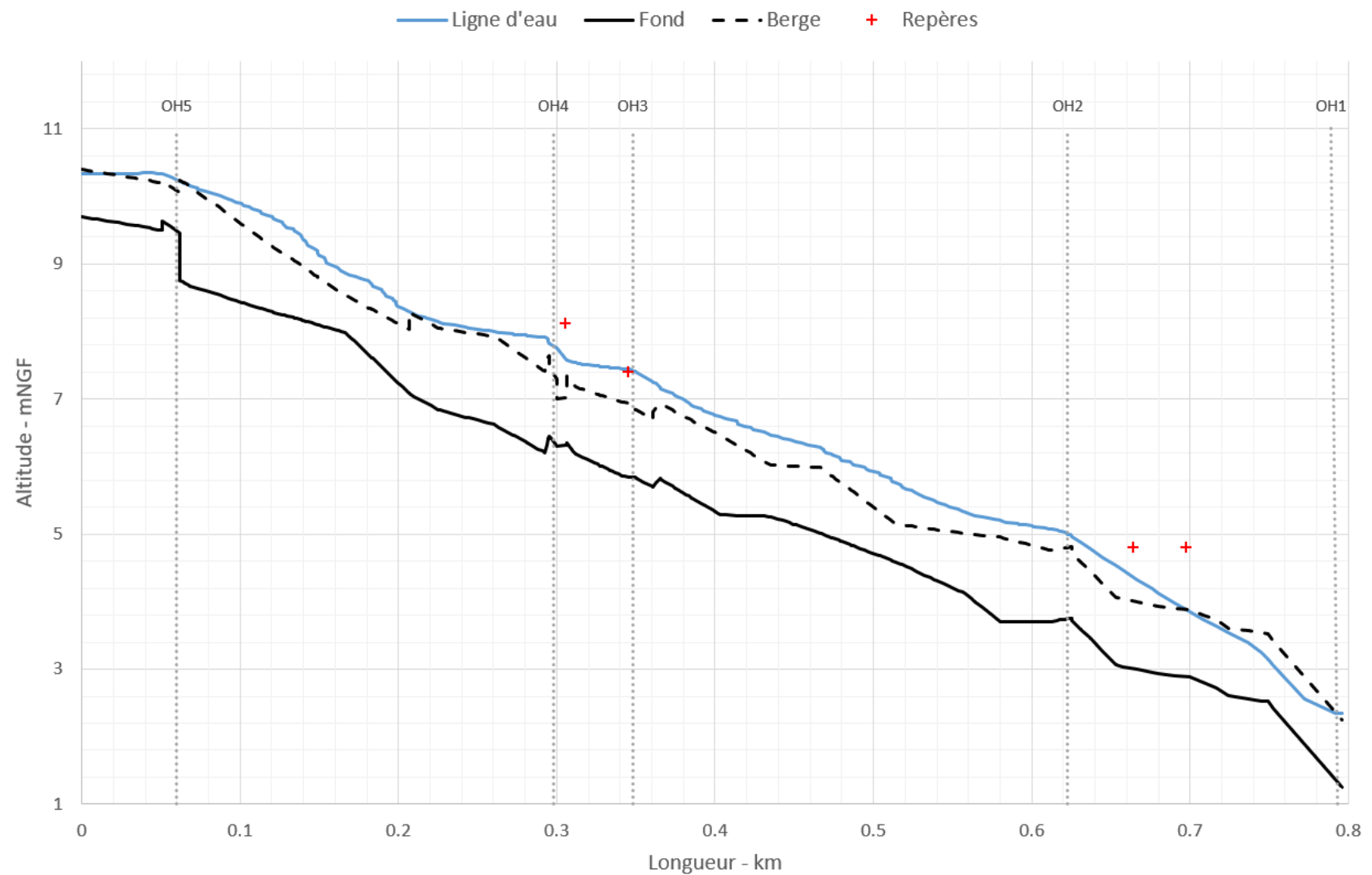


Figure 39 : Calage de l'événement du 11 juin 2018 sur le modèle du Port Royal

5.3.5 Résultats en état actuel

a) Définition des scénarios

Les différents scénarios modélisés sont définis par la combinaison de deux aléas météorologiques :

- **Aléa pluviométrique :**
 - Pluies intenses de très courtes durées de période de retour 10, 30 et 100 ans ;
 - Pluies importantes de plus longue durée de période de retour 10, 30 et 100 ans
- **Influence maritime :**
 - Marée de mortes eaux (coefficient de 45) ;
 - Marée de vives eaux (coefficient de 95) ;
 - Marée de vives eaux à l'horizon 2100 (coefficient de marée de 95 + surcote de 1 m).

Au total, 18 scénarios ont été simulés pour chaque cours d'eau.

b) Le Pontreau

5.3.5.b.1 Analyse des lignes d'eau

La figure page suivante reporte le profil en long des lignes d'eau modélisées sur le Pontreau sur un linéaire de **1050 m** pour les différents scénarios envisagés.

Les tableaux ci-après donnent les hauteurs d'eau modélisées sur les différents points du tronçon étudié et pour différents coefficients de marée.

Hauteurs d'eau maximum pour un coefficient de marée de 45 - m NGF						
Longueur - m	Pluie intense Q10	Pluie intense Q30	Pluie intense Q100	Pluie longue Q10	Pluie longue Q30	Pluie longue Q100
0	0.36	0.37	0.38	0.24	0.27	0.30
100	1.02	1.13	1.20	0.63	0.67	0.72
200	1.08	1.14	1.17	0.55	0.60	0.65
300	0.78	0.79	0.80	0.51	0.55	0.60
400	1.08	1.13	1.20	0.93	0.97	1.00
500	1.13	1.18	1.21	0.81	0.84	0.91
600	1.38	1.44	1.46	0.98	1.02	1.11
700	1.13	1.17	1.19	0.93	0.95	1.01
800	1.03	1.10	1.13	0.90	0.92	0.96
900	0.97	1.12	1.21	0.73	0.77	0.84
1000	0.58	0.61	0.63	0.50	0.52	0.54

Tableau 25 : Hauteurs d'eau maximales modélisées sur le linéaire du Pontreau en état actuel et pour les périodes de retour 10, 30 et 100 ans avec un coefficient de marée de 45

Hauteurs d'eau maximum pour un coefficient de marée de 95 - m NGF						
Longueur - m	Pluie intense Q10	Pluie intense Q30	Pluie intense Q100	Pluie longue Q10	Pluie longue Q30	Pluie longue Q100
0	0.37	0.37	0.38	0.24	0.27	0.30
100	1.02	1.13	1.20	0.63	0.67	0.72
200	1.08	1.14	1.17	0.55	0.60	0.65
300	0.78	0.79	0.80	0.51	0.55	0.60
400	1.08	1.13	1.20	0.92	0.97	1.00
500	1.13	1.18	1.21	0.81	0.84	0.91
600	1.38	1.44	1.46	0.98	1.02	1.11
700	1.13	1.17	1.19	0.93	0.95	1.01
800	1.04	1.10	1.14	0.90	0.92	0.96
900	0.98	1.17	1.27	0.73	0.78	0.84
1000	0.83	1.00	1.03	0.63	0.66	0.72

Tableau 26 : Hauteurs d'eau maximales modélisées sur le linéaire du Pontreau en état actuel et pour les périodes de retour 10, 30 et 100 ans avec un coefficient de marée de 95

Hauteurs d'eau maximum avec une surcote de la marée à horizon 2100 - m NGF						
Longueur - m	Pluie intense Q10	Pluie intense Q30	Pluie intense Q100	Pluie longue Q10	Pluie longue Q30	Pluie longue Q100
0	0.36	0.37	0.38	0.24	0.27	0.30
100	1.02	1.13	1.20	0.63	0.67	0.72
200	1.08	1.14	1.17	0.55	0.60	0.65
300	0.78	0.79	0.80	0.51	0.55	0.60
400	1.08	1.13	1.20	0.92	0.97	1.00
500	1.13	1.18	1.21	0.81	0.84	0.91
600	1.38	1.44	1.46	0.98	1.02	1.11
700	1.13	1.17	1.19	0.93	0.95	1.01
800	1.09	1.21	1.28	0.98	1.00	1.04
900	1.27	1.41	1.49	1.13	1.16	1.21
1000	1.58	1.61	1.62	1.55	1.55	1.56

Tableau 27 : Hauteurs d'eau maximales modélisées sur le linéaire du Pontreau en état actuel et pour les périodes de retour 10, 30 et 100 ans avec une surcote de la marée à l'horizon 2100

L'analyse de ces données amène aux commentaires suivants :

- De manière générale, les pluies courtes et intenses sont plus pénalisantes que les pluies longues de moindre intensité pour une période de retour identique.
- L'influence de la marée est perceptible à l'aval des méandres situés près de l'Impasse de l'Hermitage des dunes. Les lignes d'eau simulées en amont du camping sont identiques entre les trois types de marées considérés pour une même période de retour.

- L'ensemble des ouvrages sont en charge pour l'ensemble des périodes de retour et des marées modélisées, excepté :
 - Les émissaires et l'ouvrage de franchissement de la voie ferrée (OH4) pour les deux types de pluies ;
 - Les passages busés en amont (OH7 et OH8) pour les pluies longues.
- L'ouvrage de franchissement de la voie ferrée marque la séparation entre le Pontreau amont, où la pente plus élevée (8 ‰) et les débordements en lit majeur marqués, et le Pontreau aval, tronçon avec une pente faible (2 ‰) et des débordements de moindre ampleur.

VERSION DE TRAVAIL

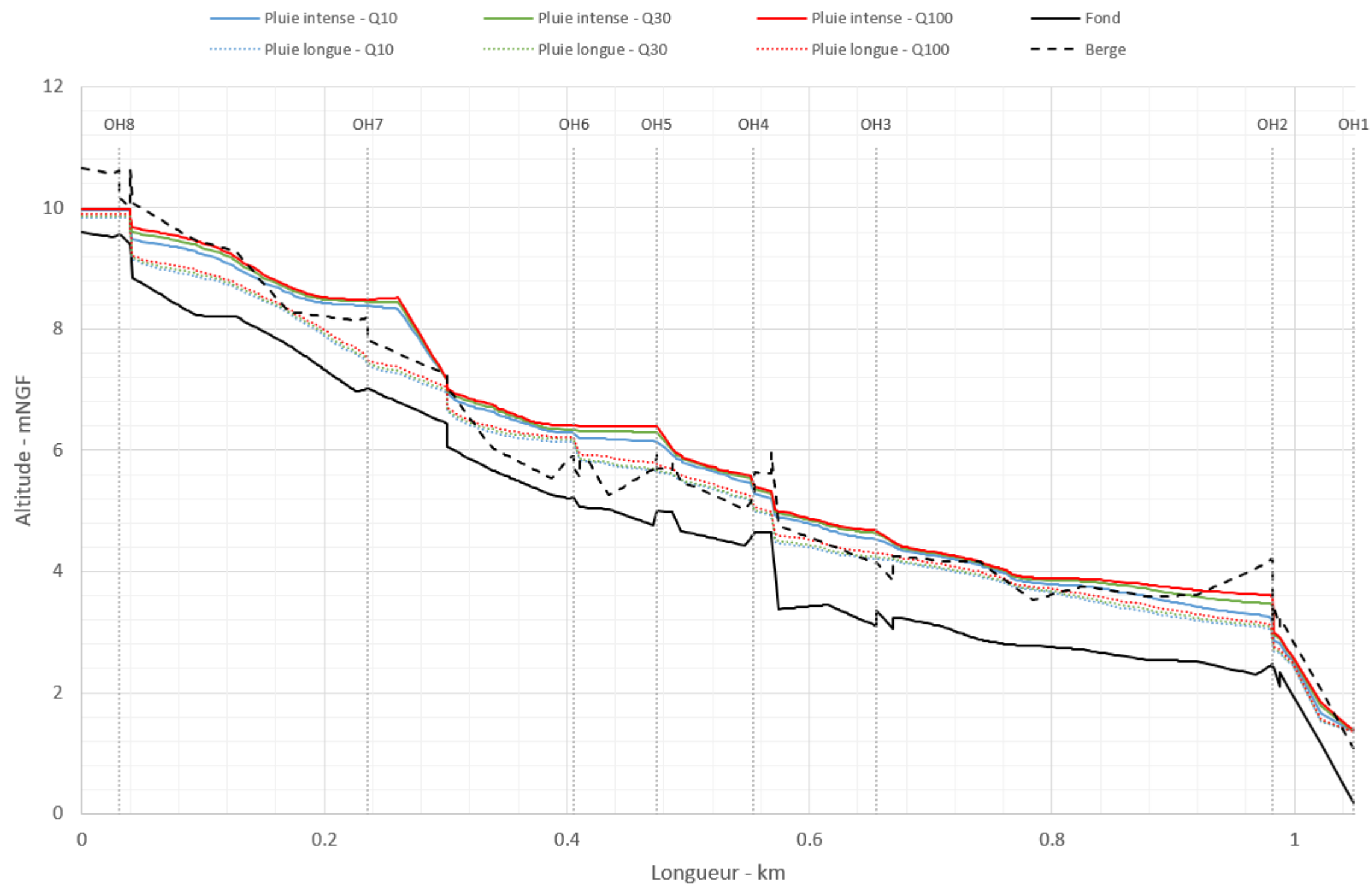


Figure 40 : Profil en long des lignes d'eau sur le Pontreau en état actuel et pour les périodes de retour 10, 30 et 100 ans avec un coefficient de marée de 45

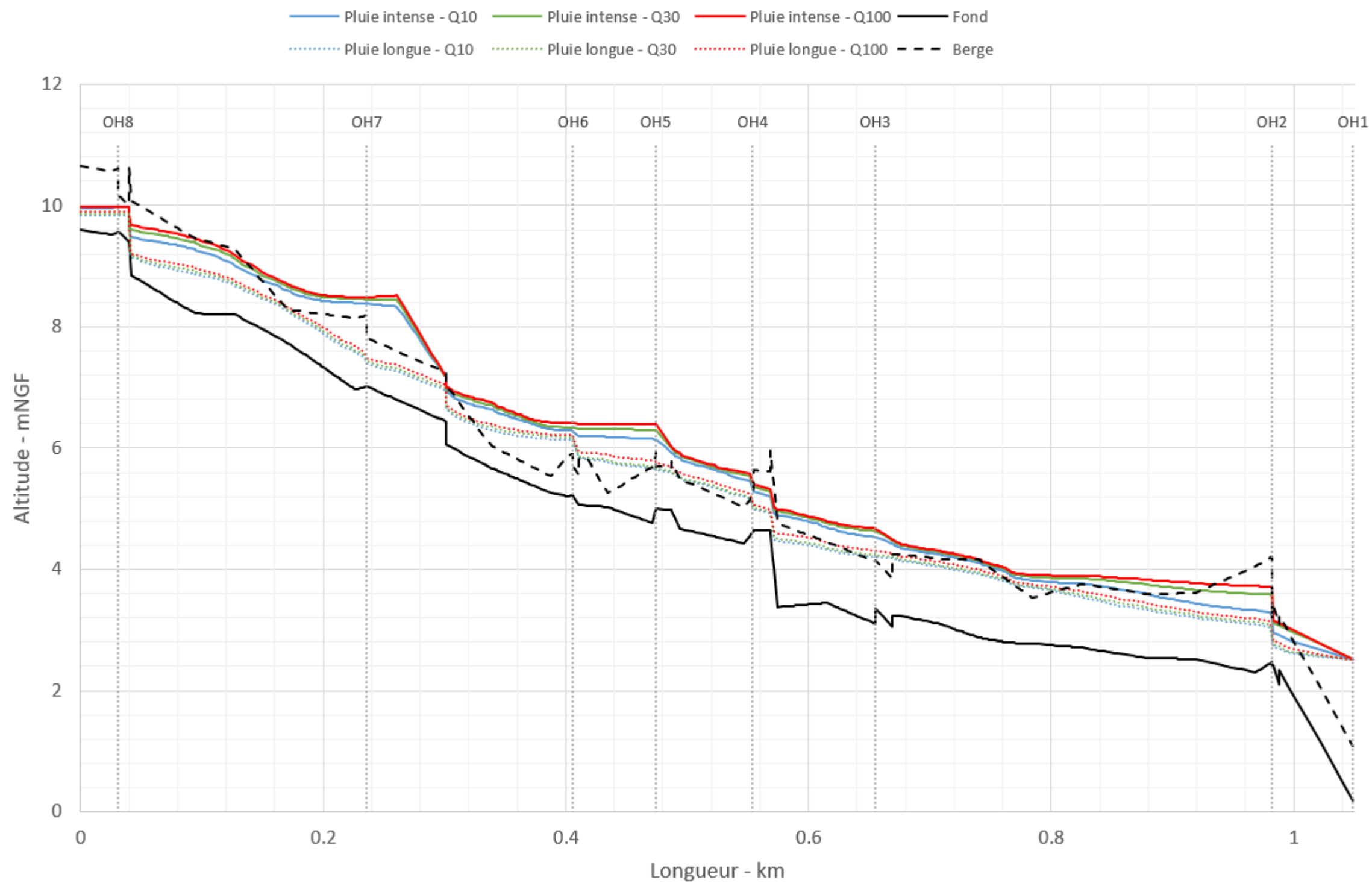


Figure 41 : Profil en long des lignes d'eau sur le Pontreau en état actuel et pour les périodes de retour 10, 30 et 100 ans avec un coefficient de marée de 95

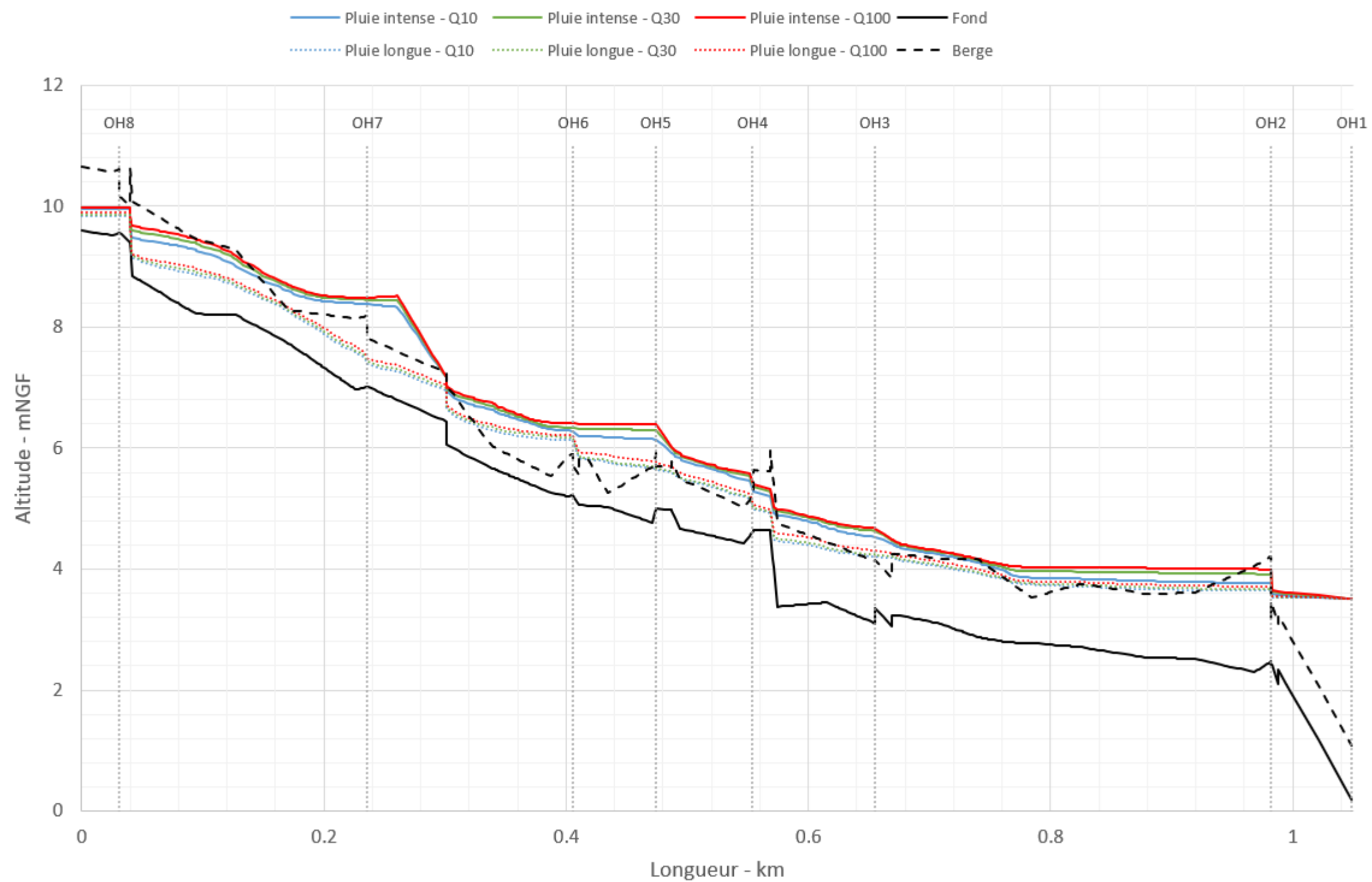


Figure 42 : Profil en long des lignes d'eau sur le Pontreau en état actuel et pour les périodes de retour 10, 30 et 100 ans avec un coefficient de marée de 95 + surcote de 1 m (horizon 2100)

5.3.5.b.2 Analyse des vitesses d'écoulement en lit mineur

La figure page suivante reporte le profil en long des vitesses d'écoulement modélisées sur le Pontreau sur un linéaire de **1050 m** pour les différents scénarios envisagés.

Les tableaux ci-après donnent les vitesses maximales modélisées sur les différents points du tronçon étudié et pour différents coefficients de marée.

Vitesses maximales pour un coefficient de marée de 45 - m/s						
Longueur - m	Pluie intense Q10	Pluie intense Q30	Pluie intense Q100	Pluie longue Q10	Pluie longue Q30	Pluie longue Q100
0	0.73	0.92	1.01	0.60	0.63	0.66
100	0.73	0.80	0.80	0.59	0.63	0.65
200	0.67	0.56	0.56	0.82	0.82	0.81
300	3.45	3.97	4.04	2.05	2.20	2.32
400	0.40	0.40	0.35	0.34	0.34	0.36
500	1.16	1.28	1.35	0.78	0.82	0.87
600	0.98	1.04	1.03	0.61	0.65	0.70
700	0.66	0.68	0.69	0.58	0.60	0.60
800	0.50	0.47	0.44	0.60	0.61	0.58
900	0.67	0.70	0.71	0.53	0.56	0.61
1000	3.17	3.48	3.72	2.80	2.96	3.35

Tableau 28 : Vitesses maximales modélisées sur le linéaire du Pontreau en état actuel et pour les périodes de retour 10, 30 et 100 ans avec un coefficient de marée de 45

Vitesses maximales pour un coefficient de marée de 95 - m/s						
Longueur - m	Pluie intense Q10	Pluie intense Q30	Pluie intense Q100	Pluie longue Q10	Pluie longue Q30	Pluie longue Q100
0	0.66	0.69	1.09	0.60	0.62	0.66
100	0.68	0.71	0.81	0.59	0.62	0.65
200	0.81	0.79	0.53	0.82	0.81	0.81
300	2.39	2.75	4.23	2.07	2.16	2.33
400	0.34	0.33	0.43	0.34	0.33	0.36
500	1.06	1.20	1.32	0.78	0.82	0.87
600	0.91	0.99	1.06	0.62	0.64	0.70
700	0.65	0.68	0.68	0.58	0.59	0.60
800	0.45	0.35	0.49	0.60	0.61	0.58
900	0.69	0.67	0.69	0.53	0.56	0.60
1000	2.91	2.90	3.93	1.74	1.92	2.29

Tableau 29 : Vitesses maximales modélisées sur le linéaire du Pontreau en état actuel et pour les périodes de retour 10, 30 et 100 ans avec un coefficient de marée de 95

Vitesses maximales avec une surcote de la marée à horizon 2100 - m/s						
Longueur - m	Pluie intense Q10	Pluie intense Q30	Pluie intense Q100	Pluie longue Q10	Pluie longue Q30	Pluie longue Q100
0	0.74	0.90	1.00	0.61	0.63	0.66
100	0.74	0.80	0.80	0.59	0.62	0.65
200	0.65	0.56	0.56	0.83	0.82	0.81
300	3.52	3.93	4.02	2.07	2.17	2.32
400	0.41	0.39	0.35	0.34	0.34	0.36
500	1.16	1.29	1.35	0.79	0.82	0.87
600	0.98	1.03	1.03	0.62	0.64	0.70
700	0.66	0.68	0.69	0.58	0.59	0.59
800	0.41	0.39	0.36	0.28	0.27	0.24
900	0.46	0.50	0.50	0.23	0.26	0.29
1000	0.80	1.02	1.08	0.67	0.63	0.73

Tableau 30 : Vitesses maximales modélisées sur le linéaire du Pontreau en état actuel et pour les périodes de retour 10, 30 et 100 ans avec une surcote de marée à l'horizon 2100

L'analyse de ces données amène aux commentaires suivants :

- De manière générale, les pluies courtes et intenses génèrent des vitesses d'écoulement plus élevées que les pluies longues de moindre intensité pour une période de retour identique ;
- L'influence de la marée est perceptible à l'aval des méandres situés près de l'Impasse de l'Hermitage des dunes. Les vitesses simulées en amont du camping sont identiques entre les trois types de marées considérés pour une même période de retour. A l'aval du Pontreau, les vitesses diminuent pour des coefficients de marée de plus en plus forts ;
- Les vitesses d'écoulements restent inférieures à 2 m/s en lit mineur. Néanmoins, des mises en vitesses sont observées au passage des différents ouvrages hydrauliques (2 à 5 m/s) et également dans l'émissaire ;
- La forte rupture de pente à l'aval de l'ouvrage de franchissement de la voie ferrée (OH4) entraîne des vitesses très élevées. Une rampe bétonnée est d'ailleurs présente sur ce secteur. Le profil en long met en évidence une fosse d'érosion en aval de cette rampe, suivie d'une zone de dépôt ;

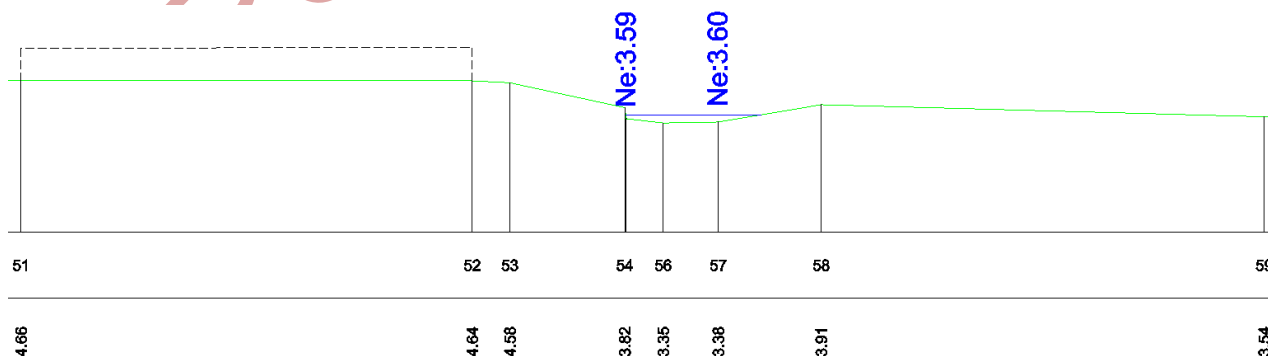


Figure 43 : Profil en long au niveau de l'ouvrage de franchissement de la voie ferrée (OH4)

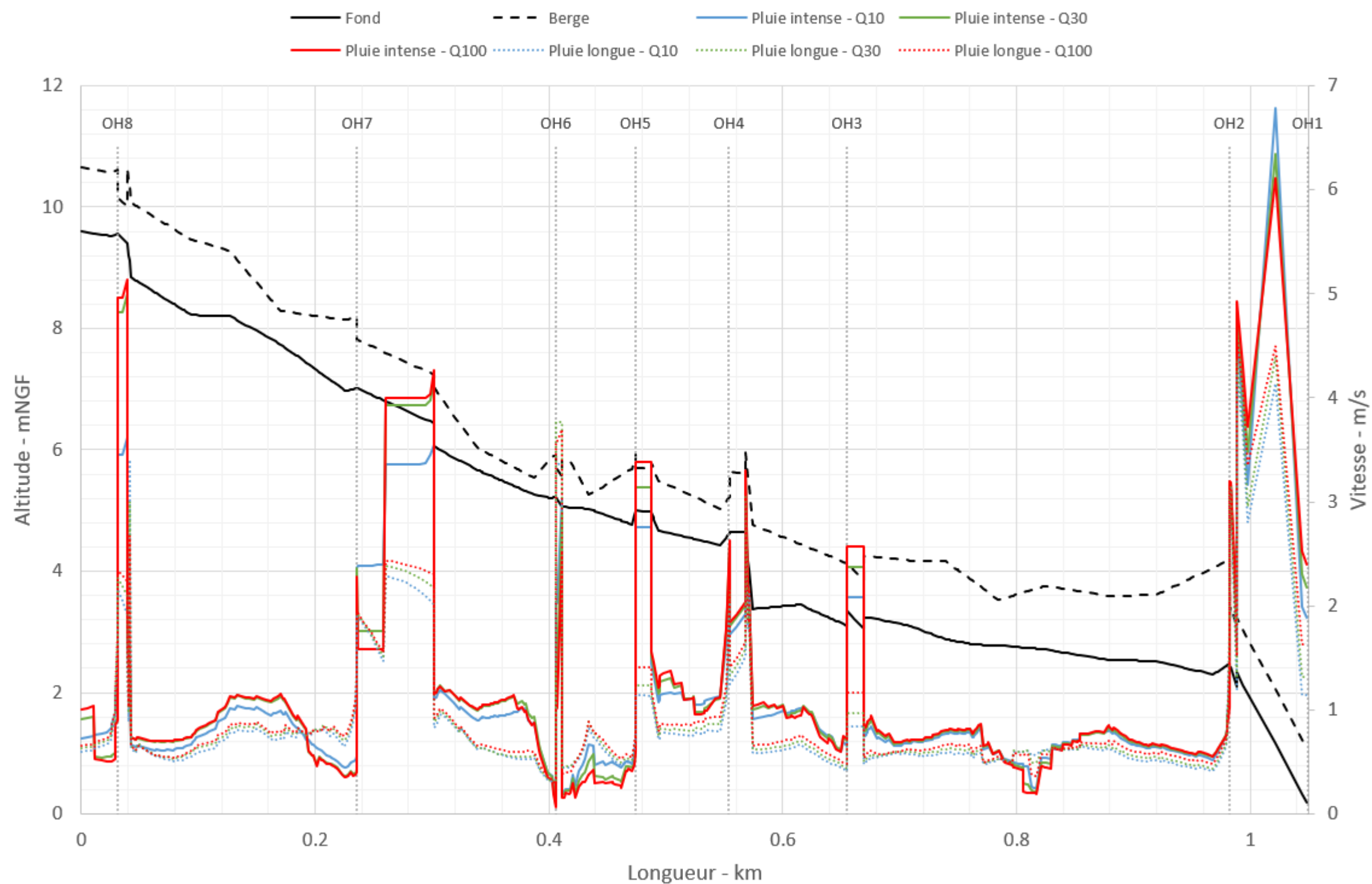


Figure 44 : Profil en long des vitesses d'écoulement sur le Pontreau en état actuel et pour les périodes de retour 10, 30 et 100 ans avec un coefficient de marée de 45

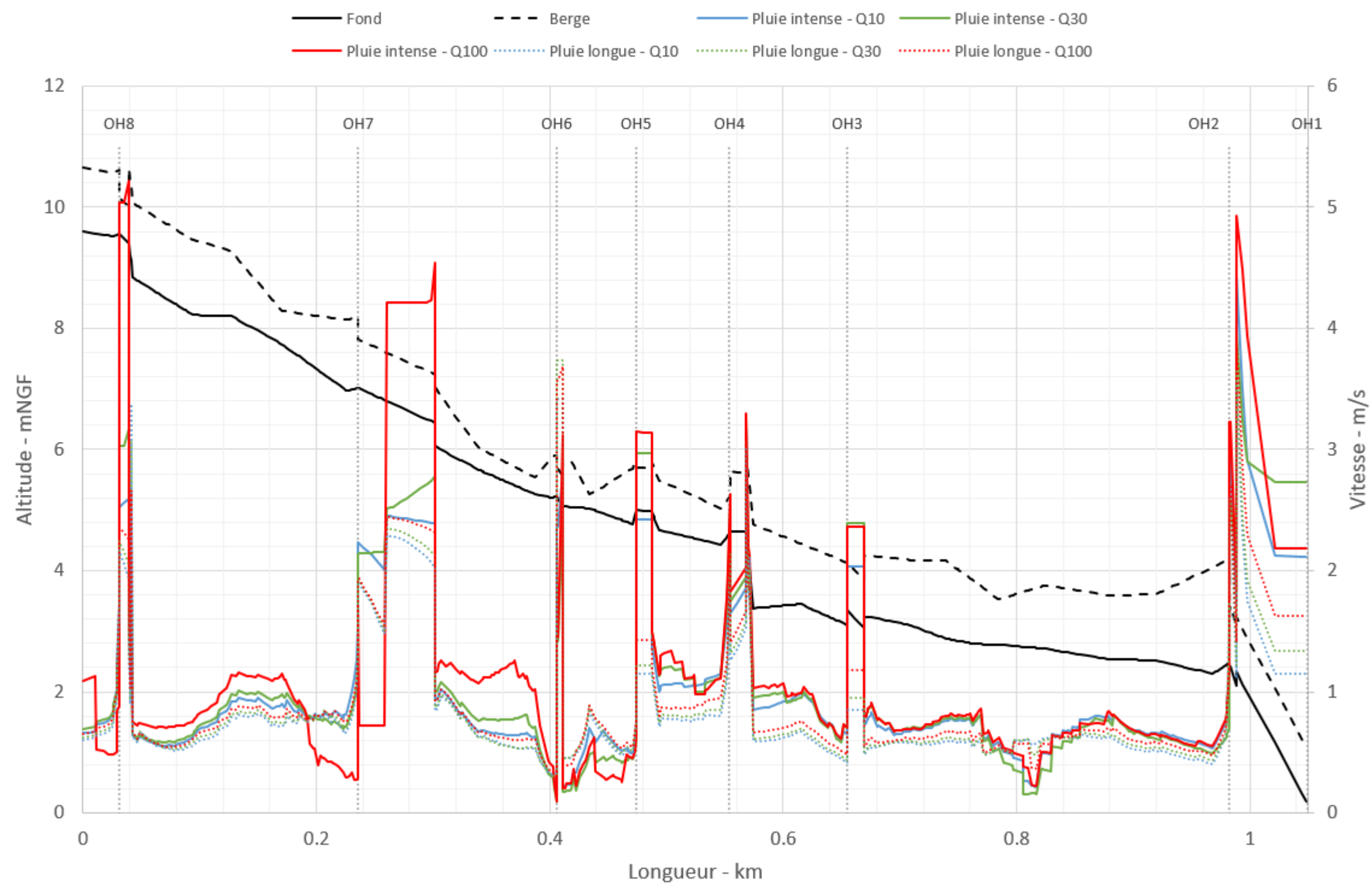


Figure 45 : Profil en long des vitesses d'écoulement sur le Pontreau en état actuel et pour les périodes de retour 10, 30 et 100 ans avec un coefficient de marée de 95l

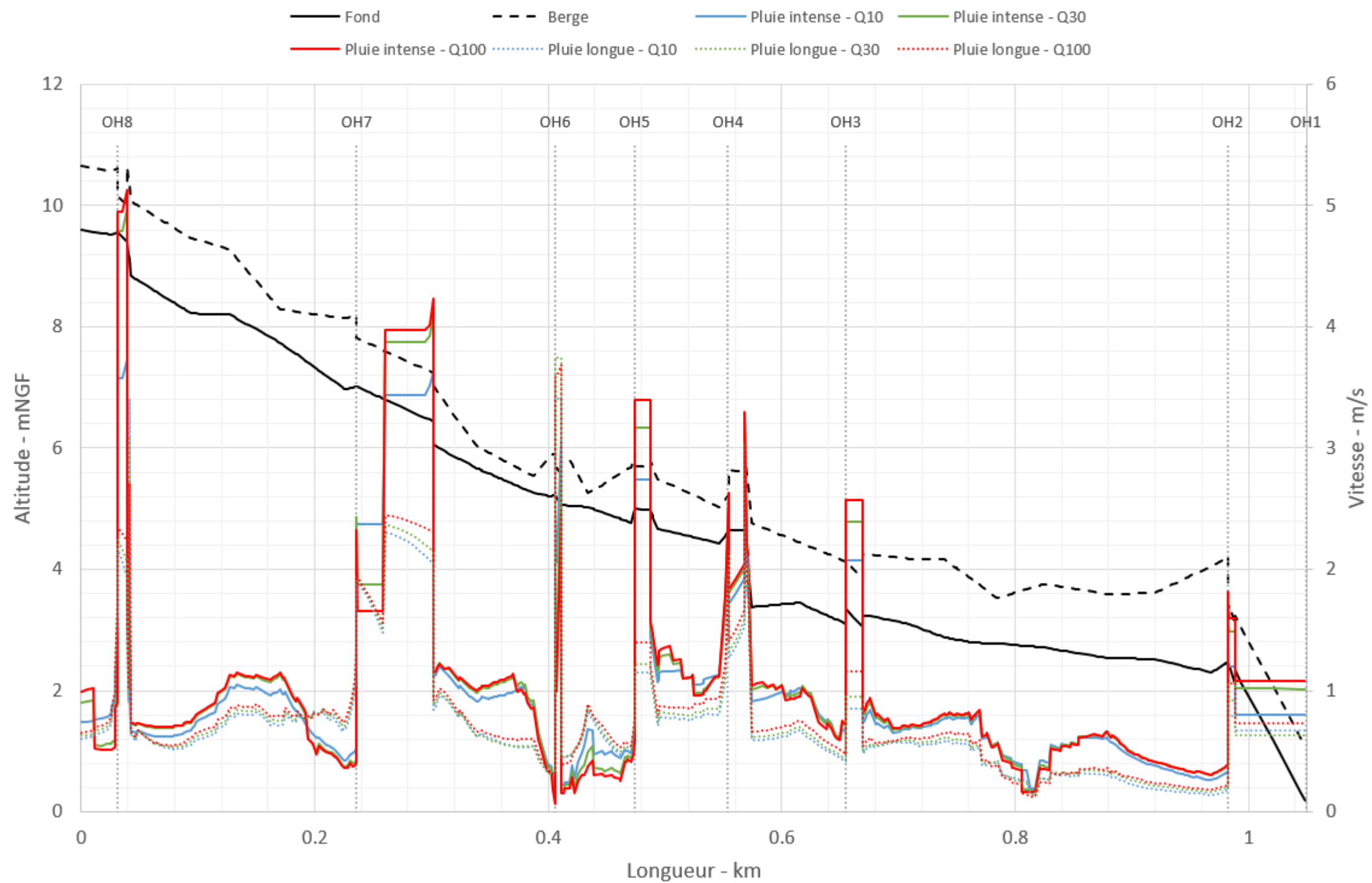


Figure 46 : Profil en long des vitesses d'écoulement sur le Pontreau en état actuel et pour les périodes de retour 10, 30 et 100 ans avec un coefficient de marée de 95 + surcote de 1 m (horizon 2100)

5.3.5.b.3 Analyse des hydrogrammes et des limnigrammes

Les hydrogrammes et les limnigrammes ont été extraits à différents points d'intérêt du modèle pour le scénario moyen considéré : pluie courte de période de retour 30 ans avec un coefficient de marée de 95. Sur le linéaire modélisé du Pontreau, 3 points d'intérêts ont été identifiés :

- Tronçon en aval de l'ouvrage n°8 situé sur le chemin des Perrières en bordure des constructions récentes ;
- Ouvrage de franchissement de la voie ferrée (OH17) ;
- Entrée du dessableur (OH2) dans le camping de l'Hermitage.

Ces hydrogrammes et de ces limnigrammes mettent en évidence la dynamique du cours d'eau au cours de l'événement et la variabilité spatiale des caractéristiques hydrauliques entre l'amont et l'aval. L'analyse de ces données amène aux commentaires suivants :

- Le décalage temporel du débit de pointe entre l'amont et l'aval est de l'ordre de 1.5h ;
- L'hydrogramme amont met en évidence une montée des eaux rapide et une décrue relativement lente. A l'inverse, la décrue est plutôt rapide à l'aval ;
- Un laminage important de l'hydrogramme est observé de l'amont vers l'aval (41 % entre le chemin des Perrières et l'entrée de la chambre du dessableur) ;
- Les limnigrammes montrent un écart altimétrique d'environ 6 m entre les lignes d'eau maximales amont et aval. La montée des eaux engendre une hausse de la ligne d'eau de 70 cm en amont et 1 m en aval.

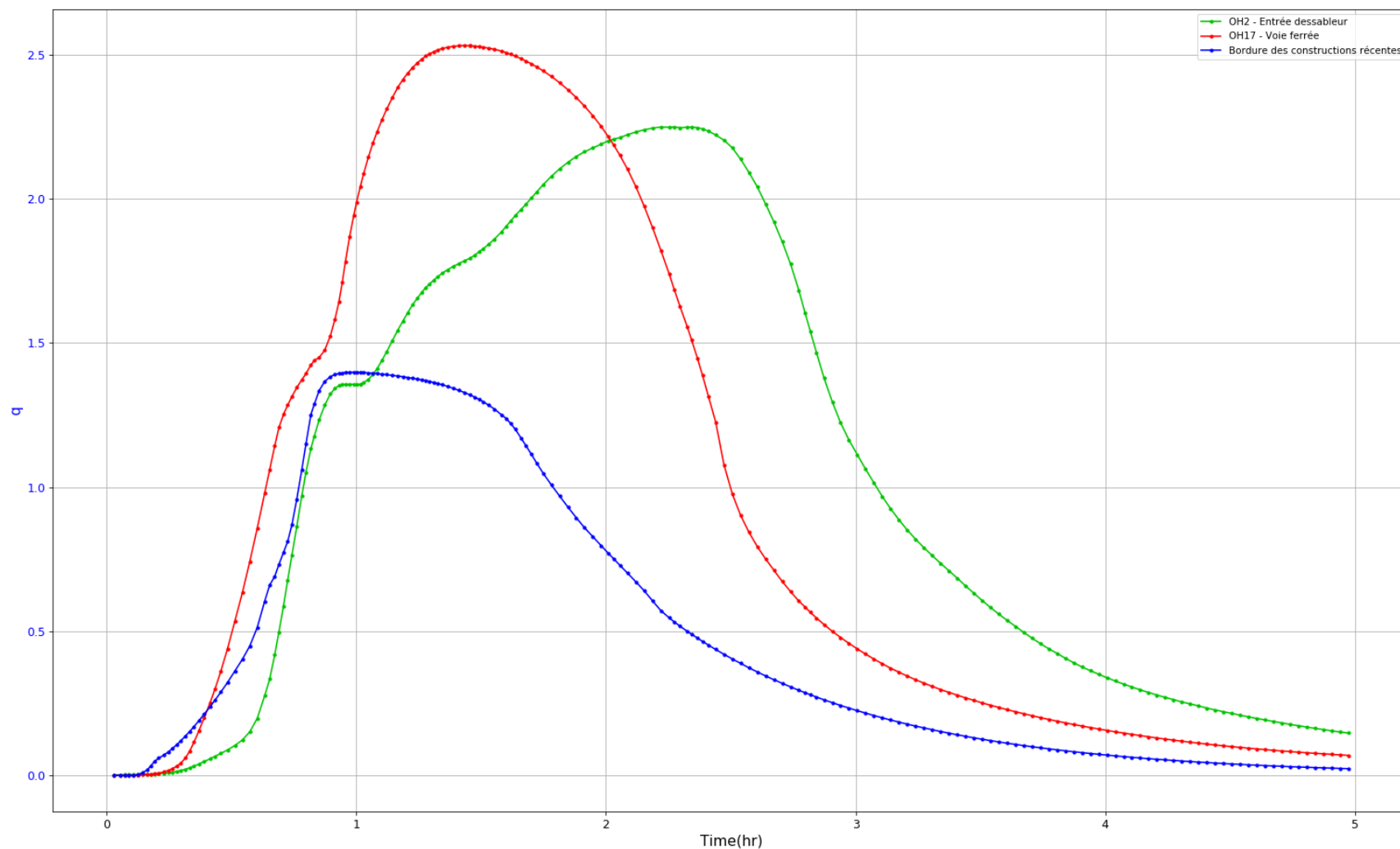


Figure 47 : Hydrogrammes au droit des différents points d'intérêt sur le Pontreau pour une pluie intense de période de retour 30 ans avec un coefficient de marée de 95

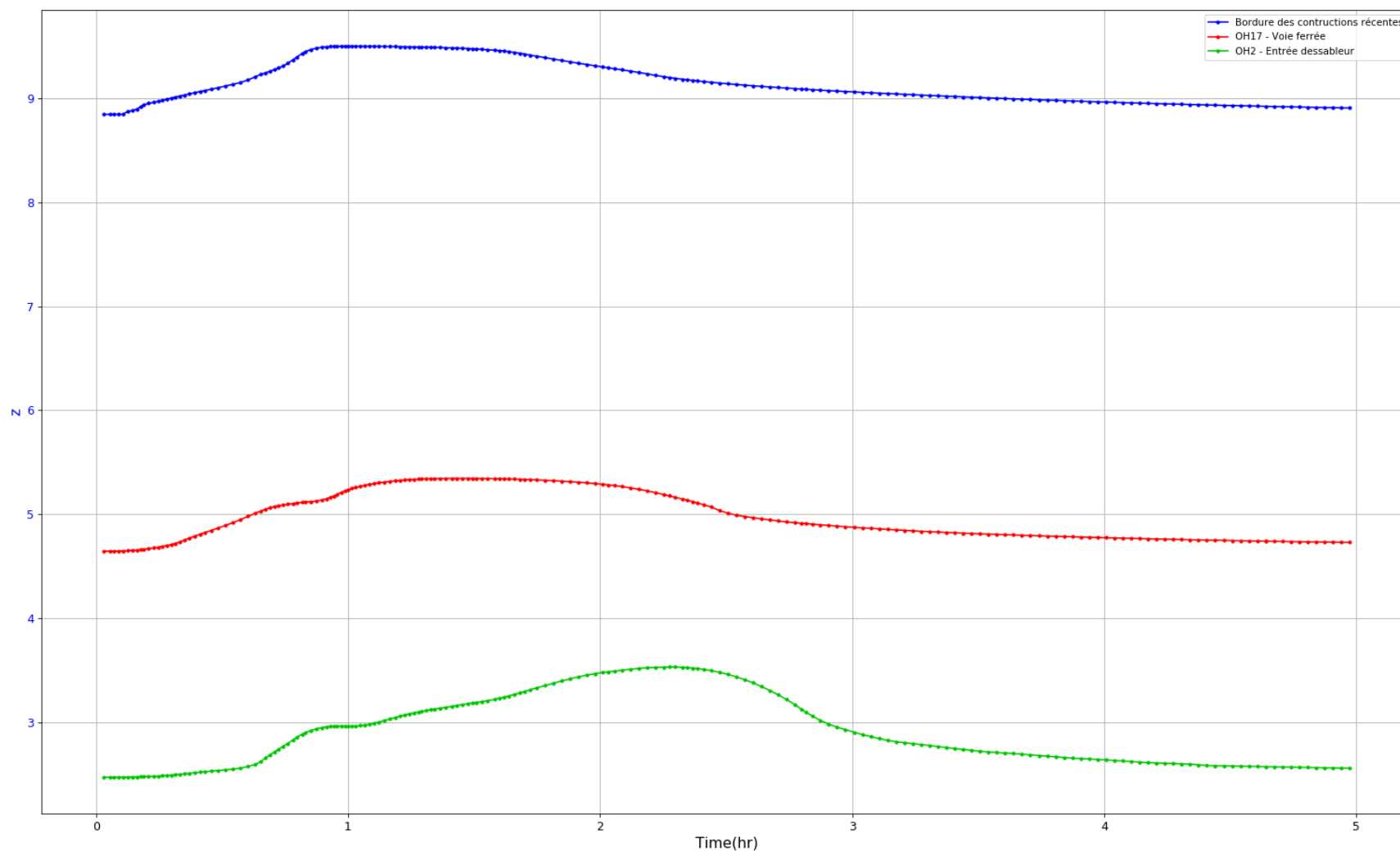


Figure 48 : Limnigrammes au droit des différents points d'intérêt sur le Pontreau pour une pluie intense de période de retour 30 ans avec un coefficient de marée de 95

5.3.5.b.4 Cartes des isohauteurs d'eau

Les cartes de submersion pour les scénarios décrits ci-dessous figurent sur les pages suivantes, ils encadrent l'ensemble des scénarios modélisés :

- **Scénario optimiste : pluie longue de période de retour 10 ans avec un coefficient de marée de 45**
- **Scénario pessimiste : pluie courte de période de retour 100 ans avec un coefficient de marée de 95 + surcote de 1 m à l'horizon 2100**

Les cartes des isohauteurs d'eau correspondant également aux emprises des zones inondées.

Le scénario correspondant à une **pluie longue de période de retour décennale couplée à un coefficient de marée de 45 (scénario le plus optimiste)** met en évidence des inondations sur le secteur du camping de l'Hermitage des dunes et de l'impasse de l'Hermitage des dunes (uniquement les habitations proches du cours d'eau). Les débordements en lit majeur sont globalement inférieurs à **25 cm de hauteur d'eau**, elles peuvent toutefois être comprises entre 25 à 50 cm localement.

Le scénario correspondant à une **pluie courte de période de retour centennale couplée à un coefficient de marée de 95 avec une surcote d'un mètre (scénario le plus pessimiste)** met en évidence des inondations sur les secteurs suivants :

- Emprise de la zone inondable plus étendue sur le camping de l'Hermitage des dunes : hauteurs d'eau inférieures à 1 m ;
- **Inondations de l'ensemble des habitations présentes dans l'impasse de l'Hermitage des dunes** : hauteurs d'eau inférieures à 50 cm ;
- **Surverse au niveau de la rue du Pré long** et zone inondable présente en amont : hauteurs d'eau inférieures à 25 cm ;
- Inondation du terrain communal en amont de la route de la Bernerie et des parcelles privées adjacentes : : hauteurs d'eau inférieures à 1 m ;
- **Surverse au niveau de la route du Bois des Tréans** et inondations marquées surtout en rive droite : hauteurs d'eau inférieures à 1 m.

Pour ce scénario, les débordements sont généralisés sur la totalité du cours d'eau.

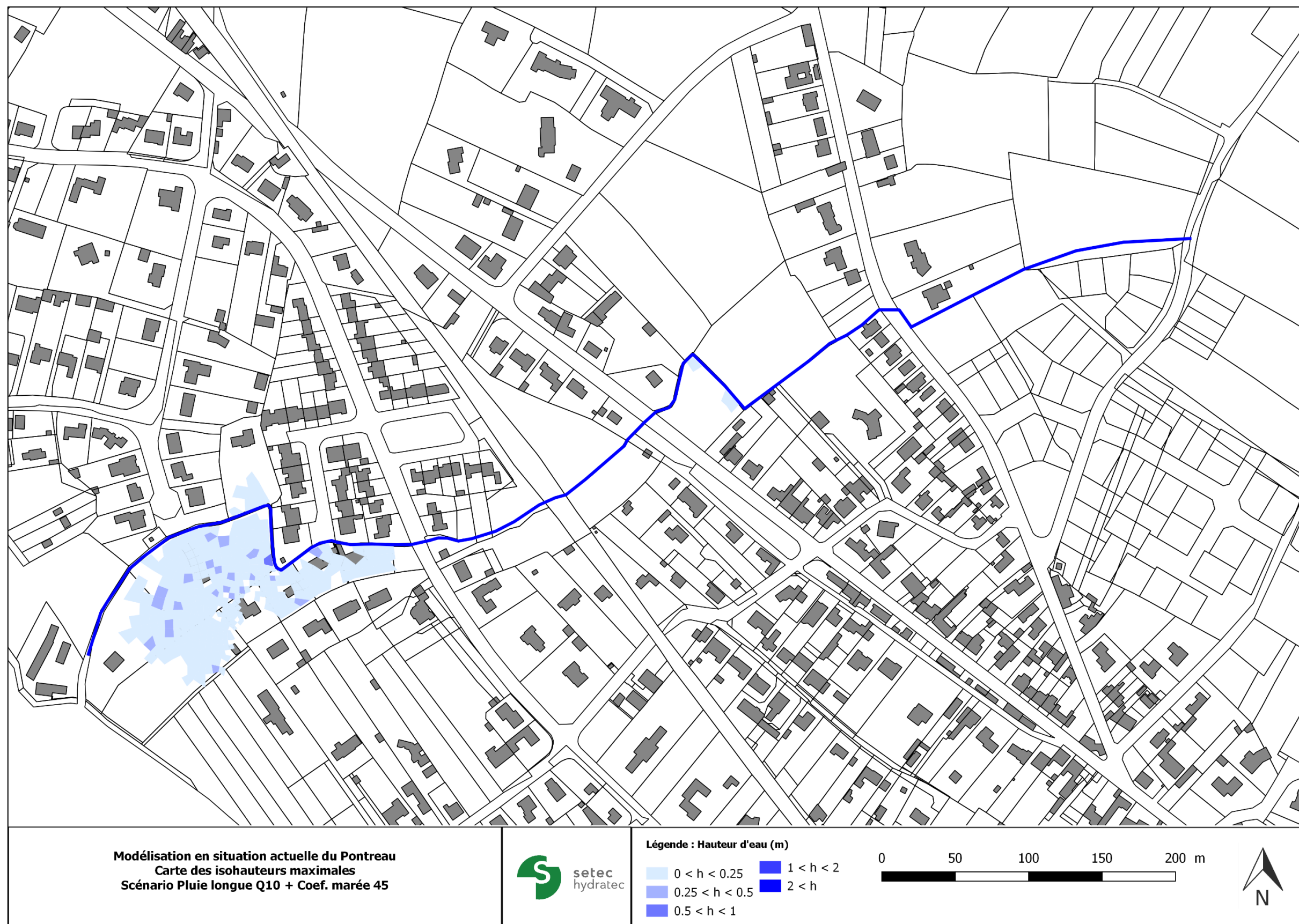


Figure 49 : Carte des isohauteurs sur le Pontreau pour le scénario le plus optimiste : pluie longue 10 ans et coefficient de marée de 45

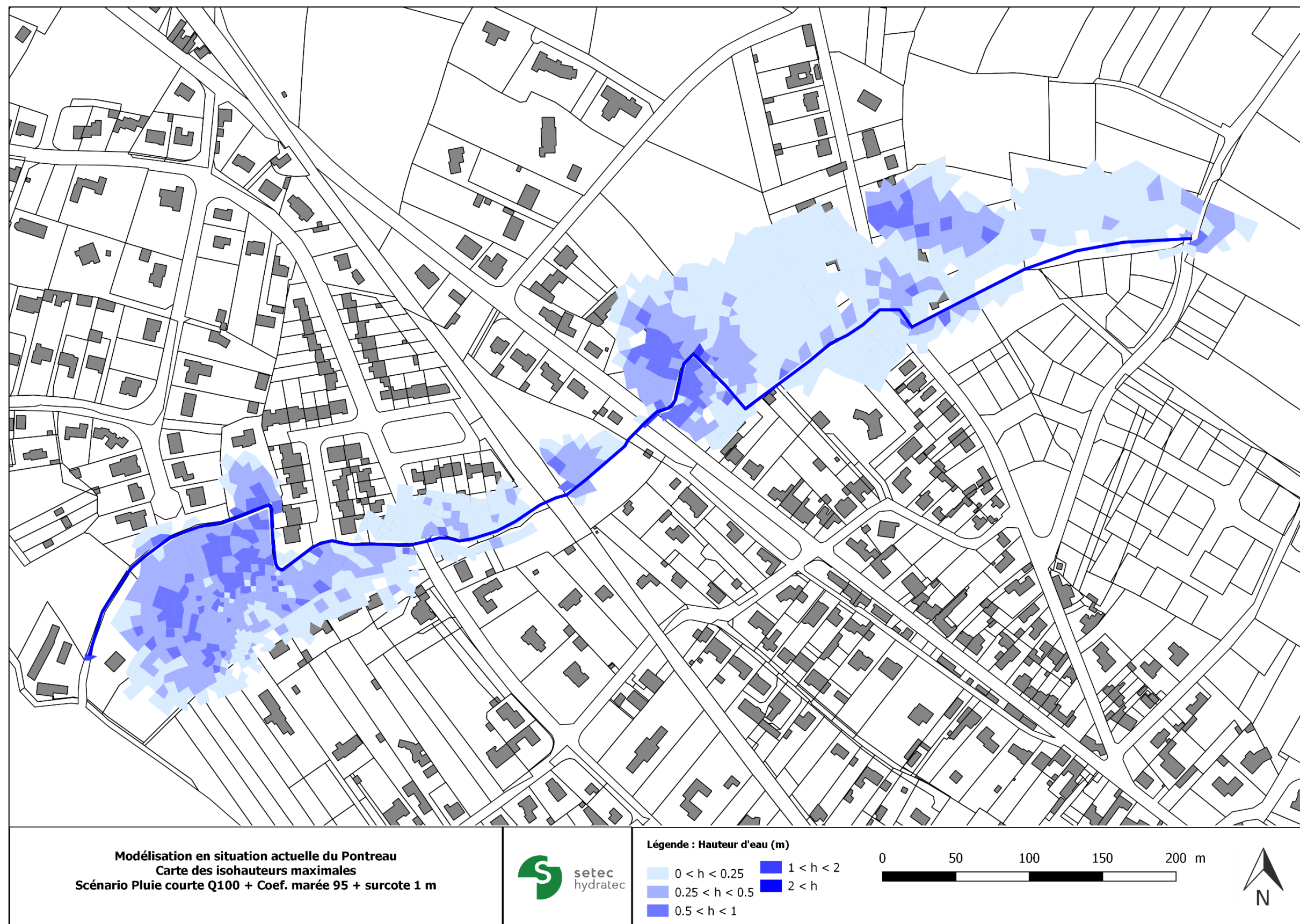


Figure 50 : Carte des isohauteurs sur le Pontreau pour le scénario le plus pessimiste : pluie courte 100 ans et coefficient de marée de 95 avec une surcote de 1 m

5.3.5.b.5 Contribution des sous-bassins versants

La connaissance sur la contribution hydrologique des sous-bassins versants a pour objectif d'orienter la mise en œuvre des mesures à définir dans la suite du projet pour la protection contre les inondations à l'échelle du bassin versant global.

Les apports du sous bassin versant amont contenant une portion de la route Bleue représentent un peu moins de la moitié des apports hydrologiques totaux du bassin versant global du Pontreau (43.3 %). La mise en place d'aménagements sera envisagée sur ce bassin versant le plus contributeur afin de favoriser la retenue des eaux de ruissellement avant l'entrée du cours d'eau dans la zone urbaine.

Le sous-bassin versant comprenant le Bois des Tréans est aussi très contributeur et représente 28.5 % des apports hydrologiques totaux. Un ouvrage de rétention a été observé sur une parcelle privée près du chemin de la Bourdaine, son fonctionnement et ses dimensions restent à ce jour inconnu.

Dans la zone urbaine située à l'aval, les sous-bassins versants sont peu contributeurs (<5 %), mais la somme de ces petits sous-bassins versants n'est pas négligeable à l'échelle du bassin versant global. Les apports hydrologiques cumulés des sous-bassins versants situés en aval de la route de la Bernerie (zone urbaine dense) s'élèvent à 15.8 %.

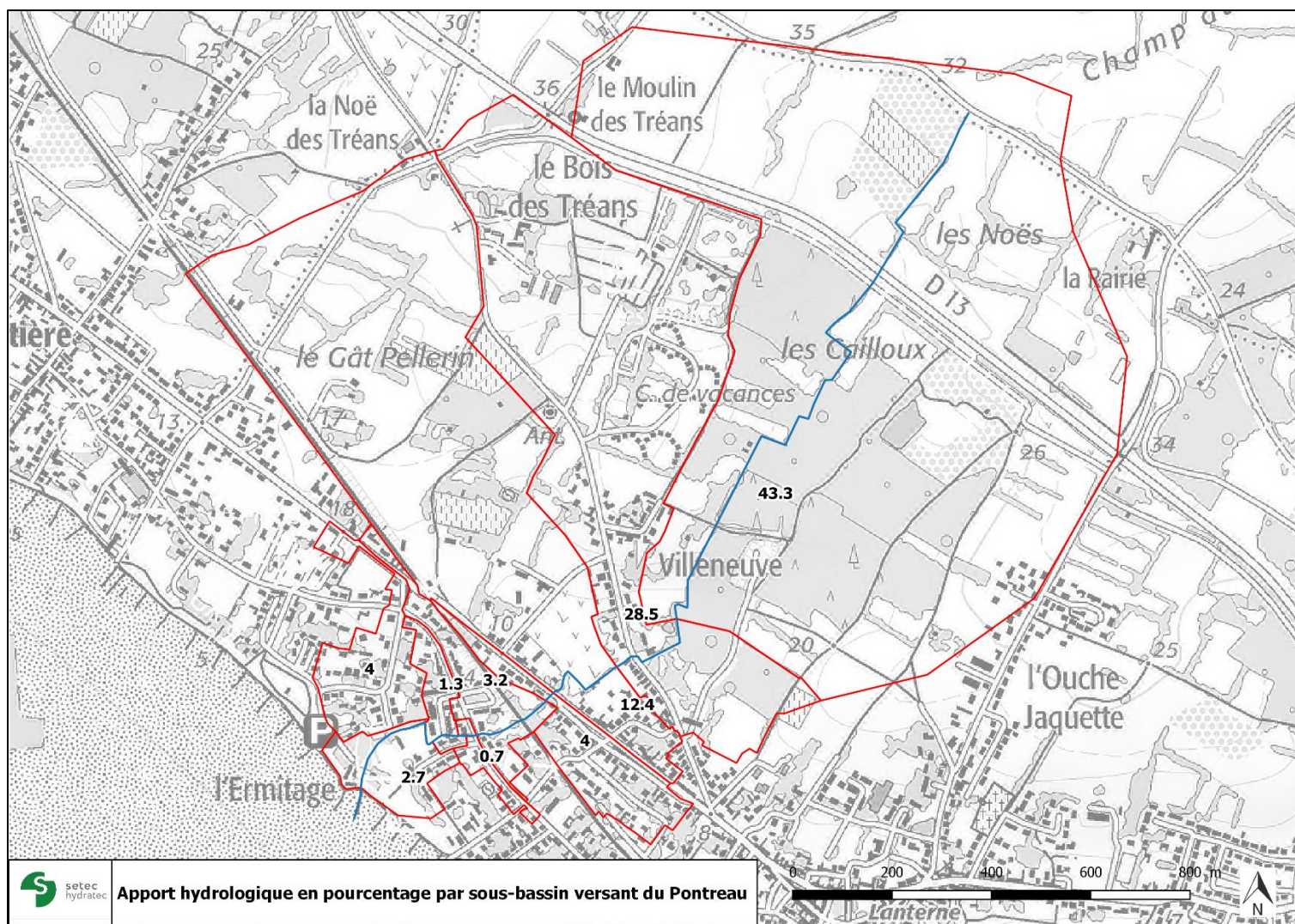


Figure 51 : Contribution des sous-bassins versants du Pontreau

c) Le Port Royal

5.3.5.c.1 Analyse des lignes d'eau

La figure page suivante reporte le profil en long des lignes d'eau modélisées sur le Port Royal sur un linéaire de **800 m** pour les différents scénarios envisagés.

Le tableau ci-après donne les hauteurs d'eau modélisées sur les différents points du tronçon étudié.

Hauteurs d'eau maximum pour un coefficient de marée de 45 - m NGF						
Longueur - m	Pluie intense Q10	Pluie intense Q30	Pluie intense Q100	Pluie longue Q10	Pluie longue Q30	Pluie longue Q100
0	0.68	0.71	0.74	0.38	0.41	0.45
80	1.48	1.57	1.61	0.93	0.99	1.07
160	0.96	0.99	1.01	0.70	0.73	0.77
240	1.33	1.48	1.54	0.86	0.93	1.00
320	1.42	1.53	1.58	0.98	1.04	1.11
400	1.43	1.57	1.65	1.08	1.13	1.18
480	1.21	1.33	1.39	0.84	0.88	0.94
560	1.19	1.32	1.40	0.79	0.85	0.91
640	1.30	1.39	1.44	0.44	0.50	0.57
720	0.91	0.93	0.93	0.55	0.60	0.66
800	0.90	0.93	0.94	0.56	0.61	0.68

Tableau 31 : Hauteurs d'eau *maximales* modélisées sur le linéaire du Port Royal en état actuel et pour les périodes de retour 10, 30 et 100 ans avec un coefficient de marée de 45

Hauteurs d'eau maximum pour un coefficient de marée de 95 - m NGF						
Longueur - m	Pluie intense Q10	Pluie intense Q30	Pluie intense Q100	Pluie longue Q10	Pluie longue Q30	Pluie longue Q100
0	0.68	0.71	0.74	0.38	0.41	0.45
80	1.48	1.57	1.61	0.93	0.99	1.07
160	0.96	0.99	1.01	0.70	0.73	0.77
240	1.34	1.48	1.54	0.86	0.93	1.00
320	1.42	1.53	1.58	0.98	1.04	1.11
400	1.43	1.57	1.65	1.08	1.13	1.18
480	1.21	1.33	1.39	0.84	0.88	0.94
560	1.20	1.32	1.40	0.79	0.85	0.91
640	1.31	1.39	1.44	0.44	0.49	0.57
720	0.92	0.94	0.95	0.55	0.59	0.66
800	1.26	1.26	1.27	1.26	1.26	1.26

Tableau 32 : Hauteurs d'eau maximales modélisées sur le linéaire du Port Royal en état actuel et pour les périodes de retour 10, 30 et 100 ans avec un coefficient de marée de 95

Hauteurs d'eau maximum avec une surcote de la marée à horizon 2100 - m NGF						
Longueur - m	Pluie intense Q10	Pluie intense Q30	Pluie intense Q100	Pluie longue Q10	Pluie longue Q30	Pluie longue Q100
0	0.68	0.71	0.74	0.38	0.41	0.45
80	1.48	1.57	1.61	0.93	0.99	1.07
160	0.96	0.99	1.01	0.70	0.73	0.77
240	1.34	1.48	1.54	0.87	0.93	1.00
320	1.41	1.53	1.58	0.98	1.04	1.11
400	1.43	1.57	1.65	1.08	1.13	1.18
480	1.21	1.33	1.39	0.84	0.88	0.94
560	1.21	1.32	1.41	0.79	0.85	0.92
640	1.41	1.47	1.51	0.57	0.73	0.92
720	1.39	1.41	1.42	1.04	1.12	1.20
800	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26

Tableau 33 : Hauteurs d'eau maximales modélisées sur le linéaire du Port Royal en état actuel et pour les périodes de retour 10, 30 et 100 ans avec une surcote de la marée à l'horizon 2100

L'analyse de ces données amène aux commentaires suivants :

- De manière générale, les pluies courtes et intenses sont plus pénalisantes que les pluies longues de moindre intensité pour une période de retour identique.
- L'influence de la marée est perceptible seulement dans la partie busée à l'aval. Les lignes d'eau simulées sur le linéaire en amont sont identiques entre les trois types de marées considérés pour une même période de retour.

- L'ensemble des ouvrages sont en charge pour l'ensemble des périodes de retour et des marées modélisées, excepté :
 - L'ouvrage de franchissement à la rue des Grands Prés (OH5) pour les pluies longues ;
 - Le busage aval pour une pluie longue avec un coefficient de marée inférieur à 95.
- Pour les pluies longues, l'écart des lignes d'eau entre une période de retour 10 ans et 100 ans est relativement faible (10 cm environ). Les scénarios simulés pour les pluies longues sont proches du débit de plein bord.
Pour les pluies courtes et intenses, l'écart des lignes d'eau entre une période de retour 10 ans et 100 ans est plus net (30 cm environ). Le cours d'eau est débordant jusqu'à 80 cm environ au-dessus du haut de berge.

VERSION DE TRAVAIL

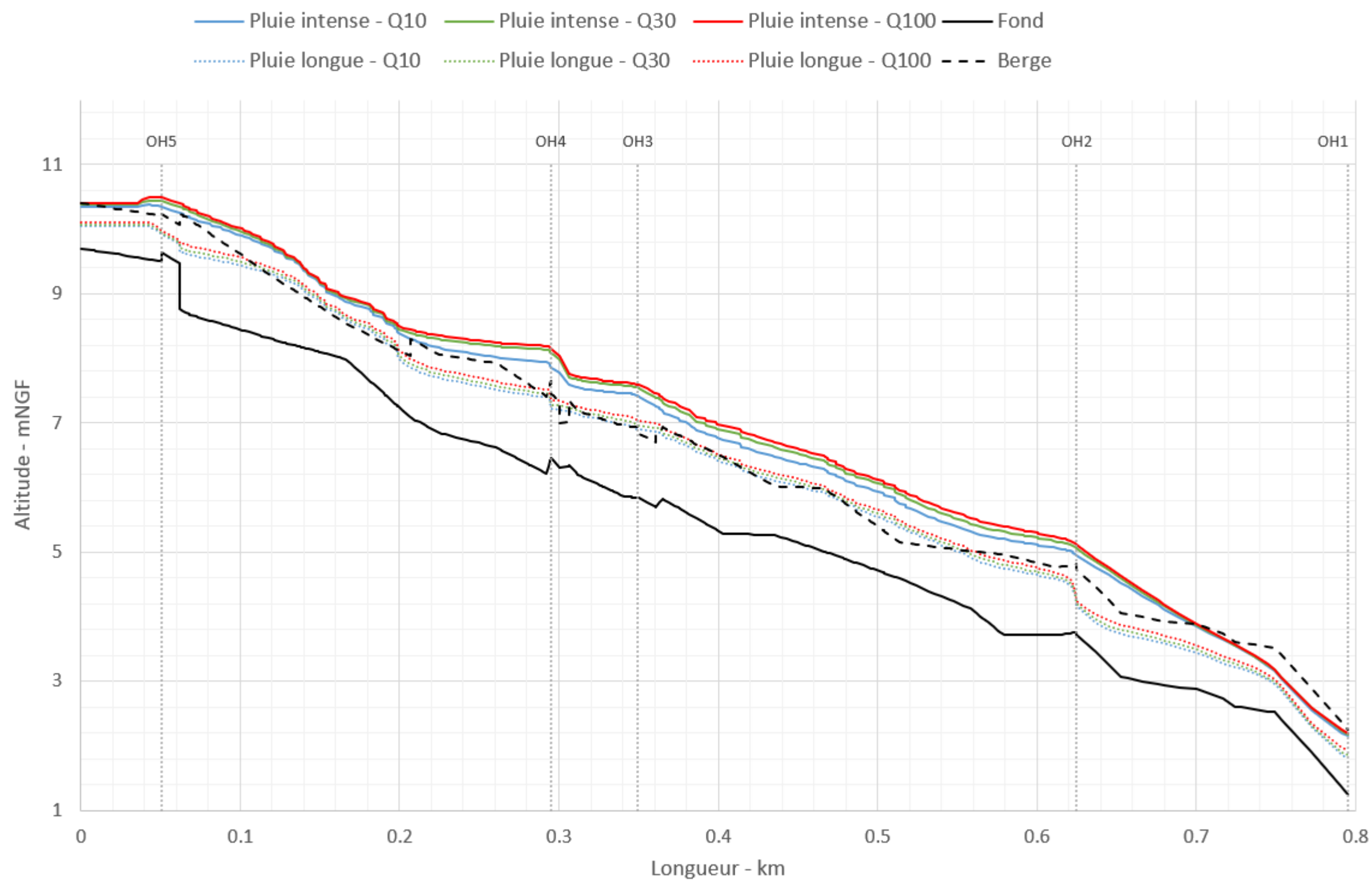


Figure 52 : Profil en long des lignes d'eau sur le Port Royal en état actuel et pour les périodes de retour 10, 30 et 100 ans avec un coefficient de marée de 45

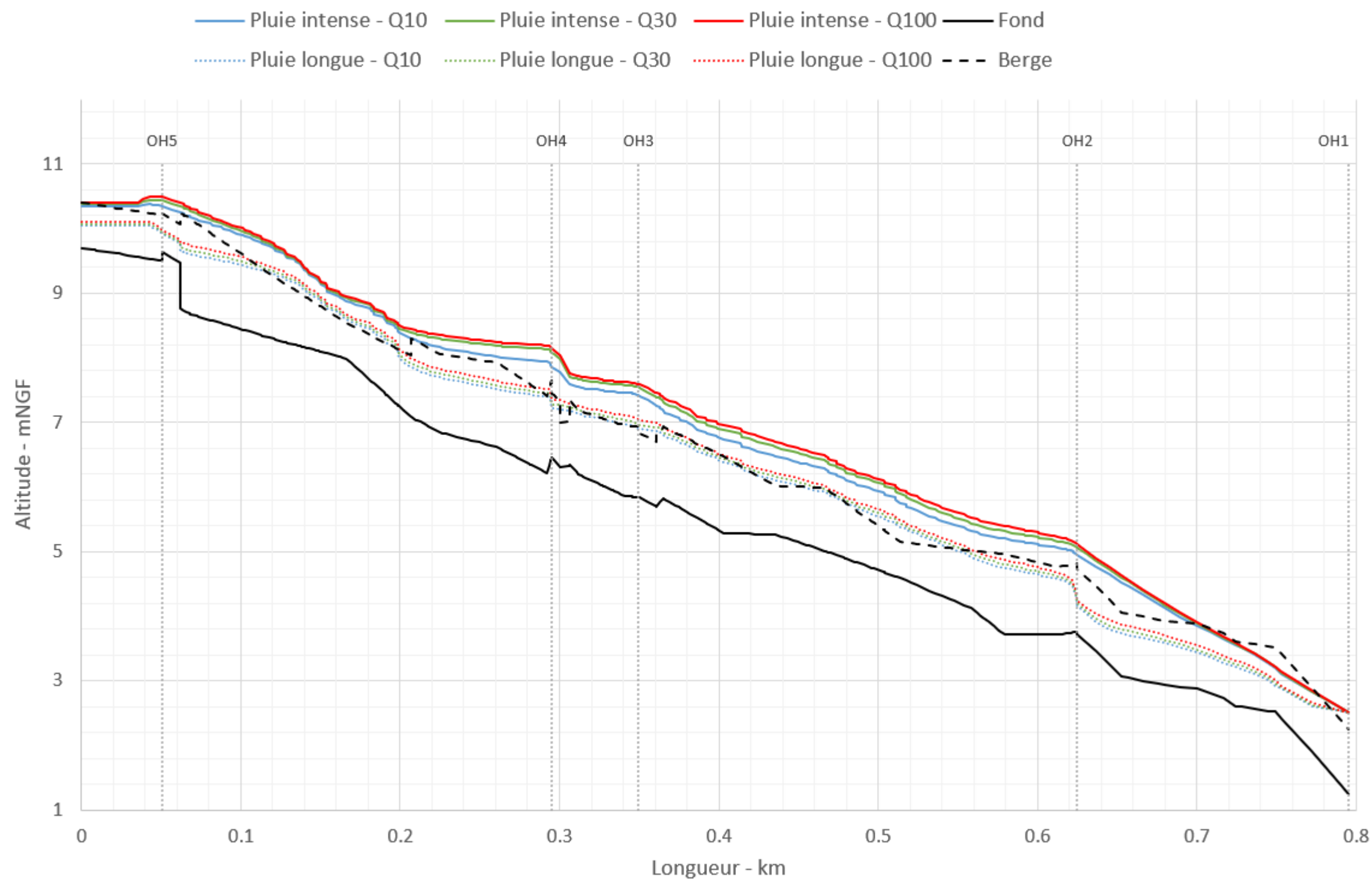


Figure 53 : Profil en long des lignes d'eau sur le Port Royal en état actuel et pour les périodes de retour 10, 30 et 100 ans avec un coefficient de marée de 95

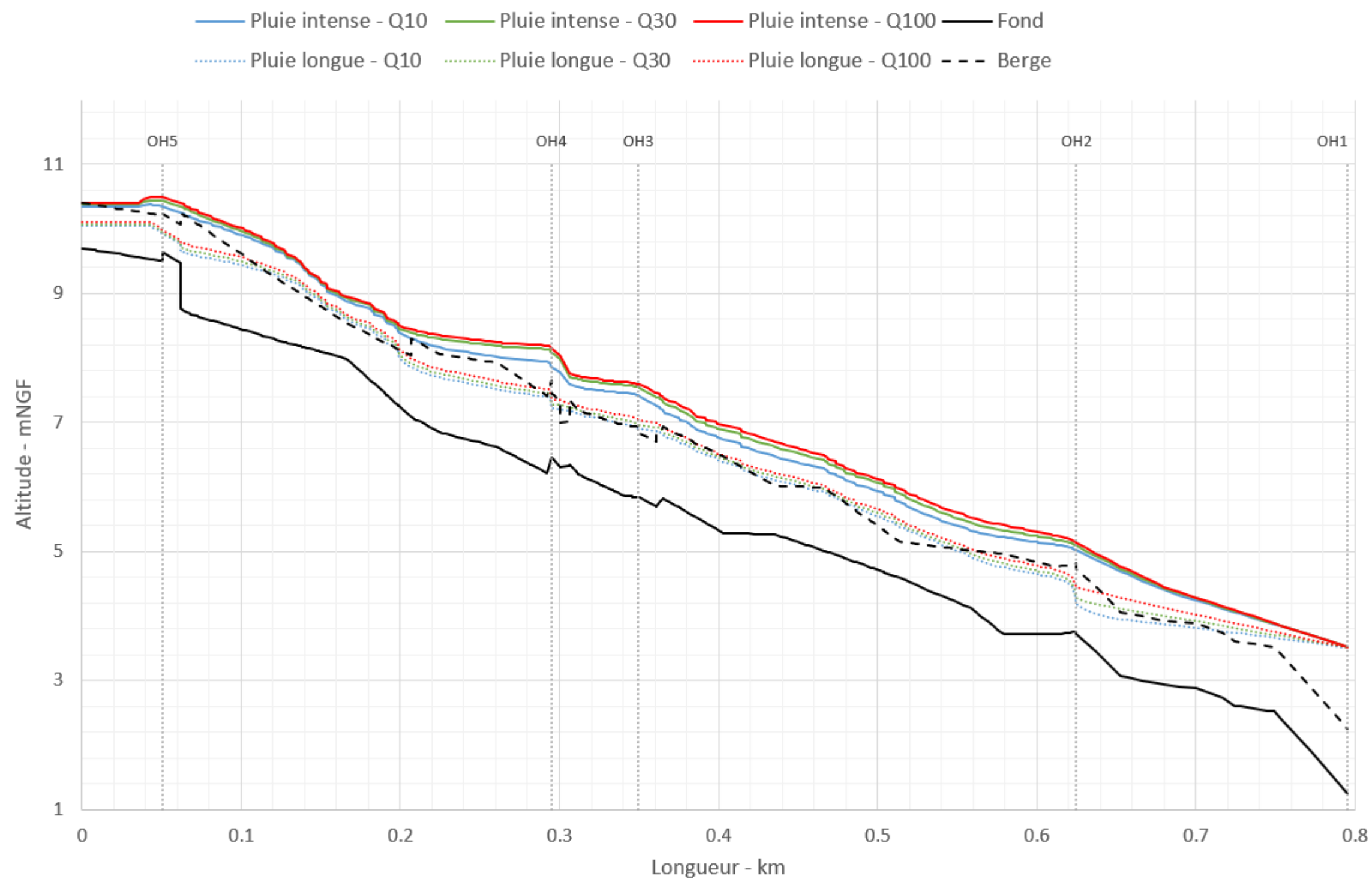


Figure 54 : Profil en long des lignes d'eau sur le Port Royal en état actuel et pour les périodes de retour 10, 30 et 100 ans avec un coefficient de marée de 95 + surcote de 1 m (horizon 2100)

5.3.5.c.2 Analyse des vitesses d'écoulement en lit mineur

La figure page suivante reporte le profil en long des vitesses d'écoulement modélisées sur le Port Royal sur un linéaire de **800 m** pour les différents scénarios envisagés.

Le tableau ci-après donne les vitesses maximales modélisées sur les différents points du tronçon étudié.

Vitesses maximales pour un coefficient de marée de 45 - m/s						
Longueur - m	Pluie intense Q10	Pluie intense Q30	Pluie intense Q100	Pluie longue Q10	Pluie longue Q30	Pluie longue Q100
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
80	0.69	0.77	0.83	0.51	0.54	0.57
160	0.97	1.02	1.02	0.70	0.74	0.78
240	0.68	0.61	0.61	0.56	0.58	0.61
320	0.63	0.70	0.74	0.50	0.53	0.56
400	1.07	1.15	1.18	0.81	0.84	0.88
480	1.08	1.17	1.26	0.79	0.82	0.87
560	1.15	1.29	1.38	0.94	0.95	0.98
640	3.45	3.58	3.62	3.75	3.72	3.65
720	3.47	3.49	3.50	2.84	2.94	3.07
800	3.51	3.56	3.56	2.84	2.91	3.02

Tableau 34 : Vitesses maximales modélisées sur le linéaire du Port Royal en état actuel et pour les périodes de retour 10, 30 et 100 ans avec un coefficient de marée de 45

Vitesses maximales pour un coefficient de marée de 95 - m/s						
Longueur - m	Pluie intense Q10	Pluie intense Q30	Pluie intense Q100	Pluie longue Q10	Pluie longue Q30	Pluie longue Q100
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
80	0.69	0.66	0.84	0.51	0.54	0.58
160	0.98	0.92	1.02	0.70	0.74	0.78
240	0.68	0.58	0.61	0.56	0.58	0.61
320	0.64	0.64	0.74	0.50	0.53	0.56
400	1.07	1.11	1.18	0.81	0.84	0.88
480	1.08	1.13	1.26	0.79	0.82	0.87
560	1.15	1.27	1.37	0.94	0.95	0.98
640	3.44	3.55	3.61	3.74	3.72	3.66
720	3.44	3.43	3.46	2.86	2.96	3.08
800	3.31	3.34	3.40	1.61	1.85	2.16

Tableau 35 : Vitesses maximales modélisées sur le linéaire du Port Royal en état actuel et pour les périodes de retour 10, 30 et 100 ans avec un coefficient de marée de 95

Vitesses maximales avec une surcote de la marée à horizon 2100 - m/s						
Longueur - m	Pluie intense Q10	Pluie intense Q30	Pluie intense Q100	Pluie longue Q10	Pluie longue Q30	Pluie longue Q100
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
80	0.69	0.77	0.82	0.51	0.54	0.57
160	0.98	1.02	1.02	0.70	0.74	0.78
240	0.68	0.61	0.60	0.56	0.58	0.61
320	0.63	0.70	0.73	0.50	0.53	0.56
400	1.07	1.15	1.18	0.81	0.84	0.88
480	1.07	1.17	1.26	0.79	0.82	0.87
560	1.13	1.28	1.38	0.94	0.95	0.96
640	3.02	3.12	3.16	2.81	2.36	2.24
720	2.50	2.53	2.55	1.59	1.81	2.04
800	2.52	2.56	2.58	1.61	1.83	2.06

Tableau 36 : Vitesses maximales modélisées sur le linéaire du Port Royal en état actuel et pour les périodes de retour 10, 30 et 100 ans avec une surcote de marée à l'horizon 2100

L'analyse de ces données amène aux commentaires suivants :

- De manière générale, les pluies courtes et intenses génèrent des vitesses d'écoulement plus élevées que les pluies longues de moindre intensité pour une période de retour identique.
- Les vitesses d'écoulements restent inférieures à 2 m/s en lit mineur. Néanmoins, des mises en vitesses sont observées au passage des différents ouvrages hydrauliques (3 à 5 m/s).
- Une accélération de la vitesse d'écoulement est visible dans le busage à l'aval pour les coefficients de marée 45 et 95.

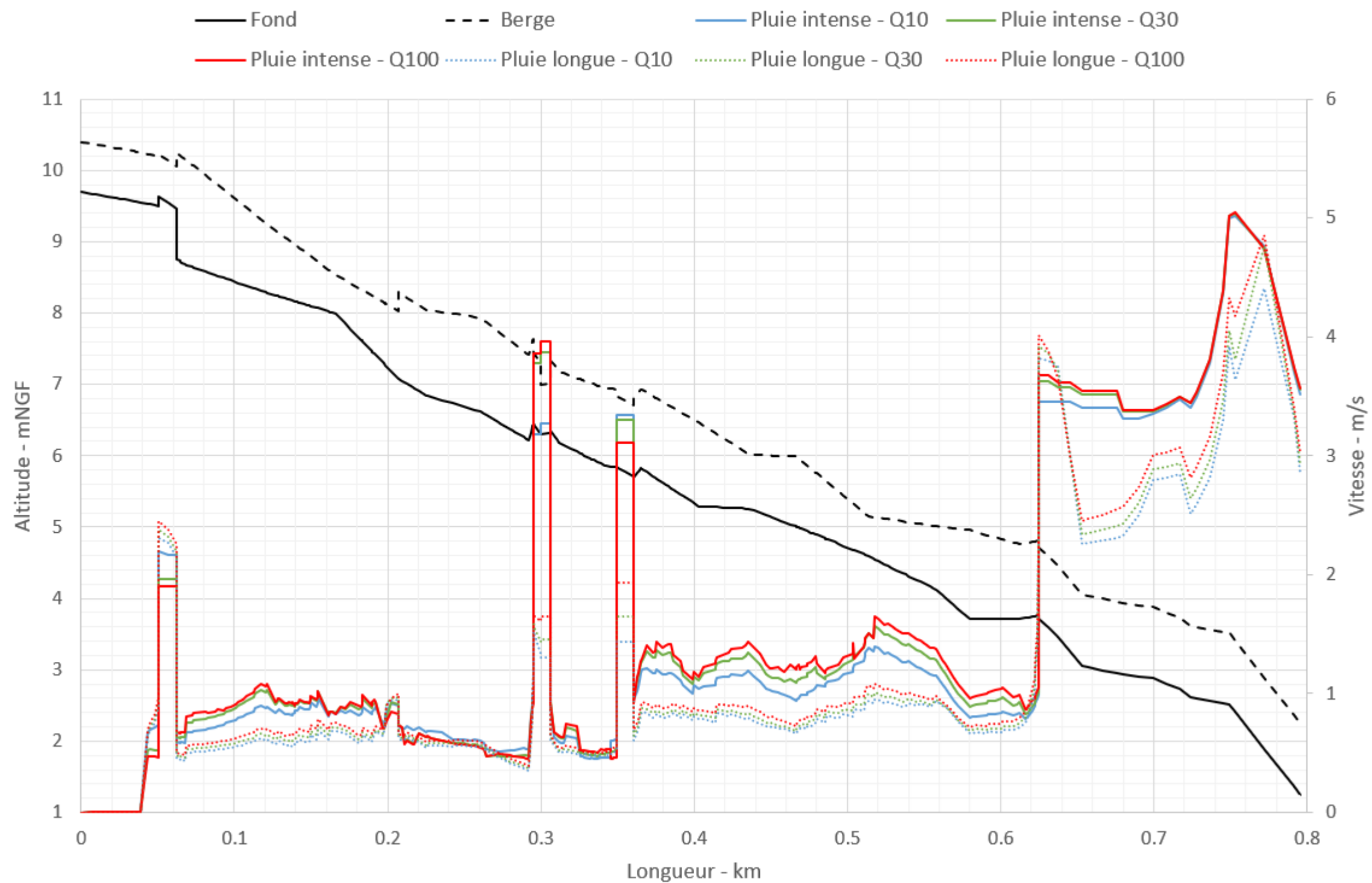


Figure 55 : Profil en long des vitesses d'écoulement sur le Port Royal en état actuel et pour les périodes de retour 10, 30 et 100 ans avec un coefficient de marée de 45

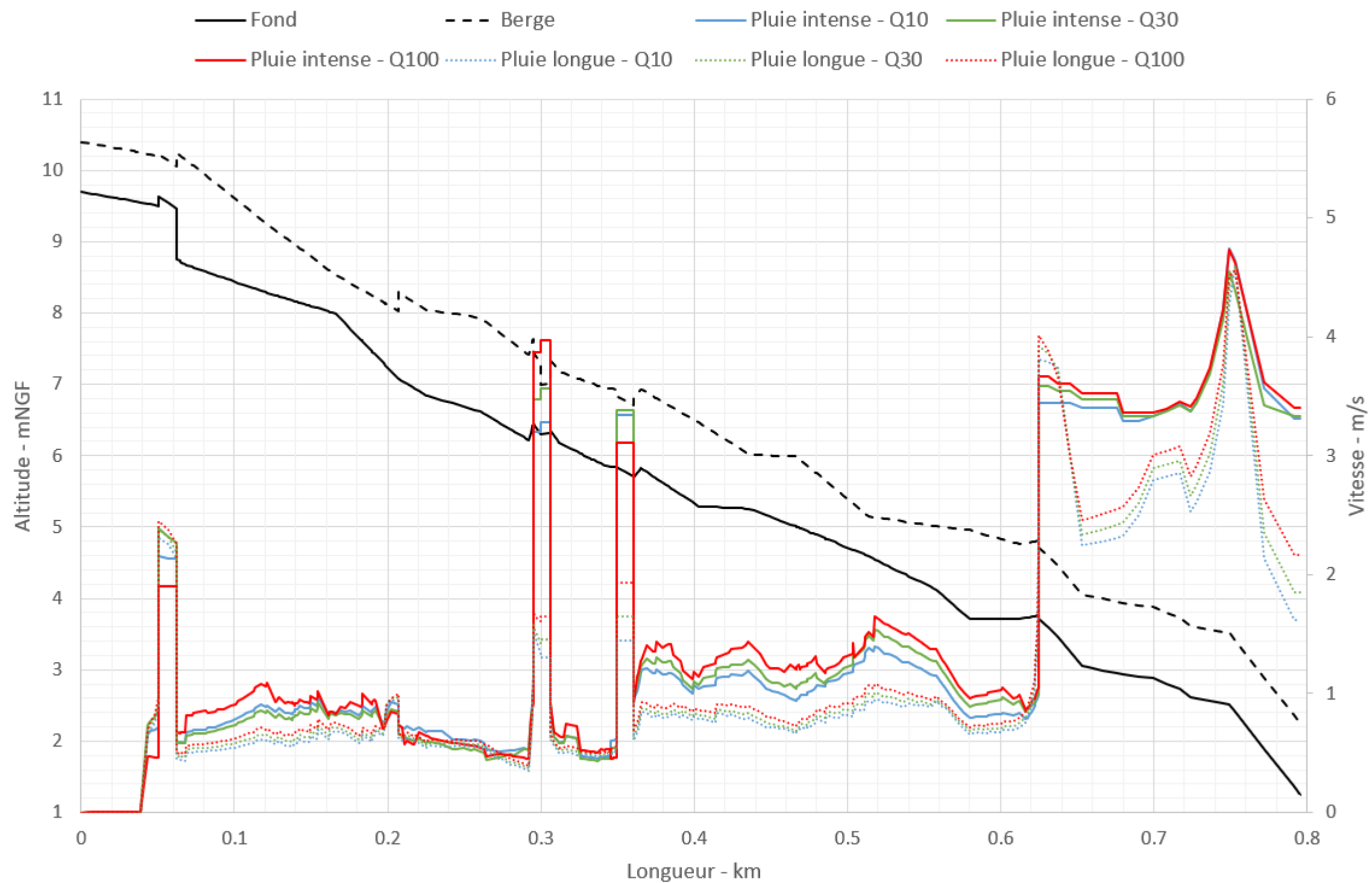


Figure 56 : Profil en long des vitesses d'écoulement sur le Port Royal en état actuel et pour les périodes de retour 10, 30 et 100 ans avec un coefficient de marée de 95

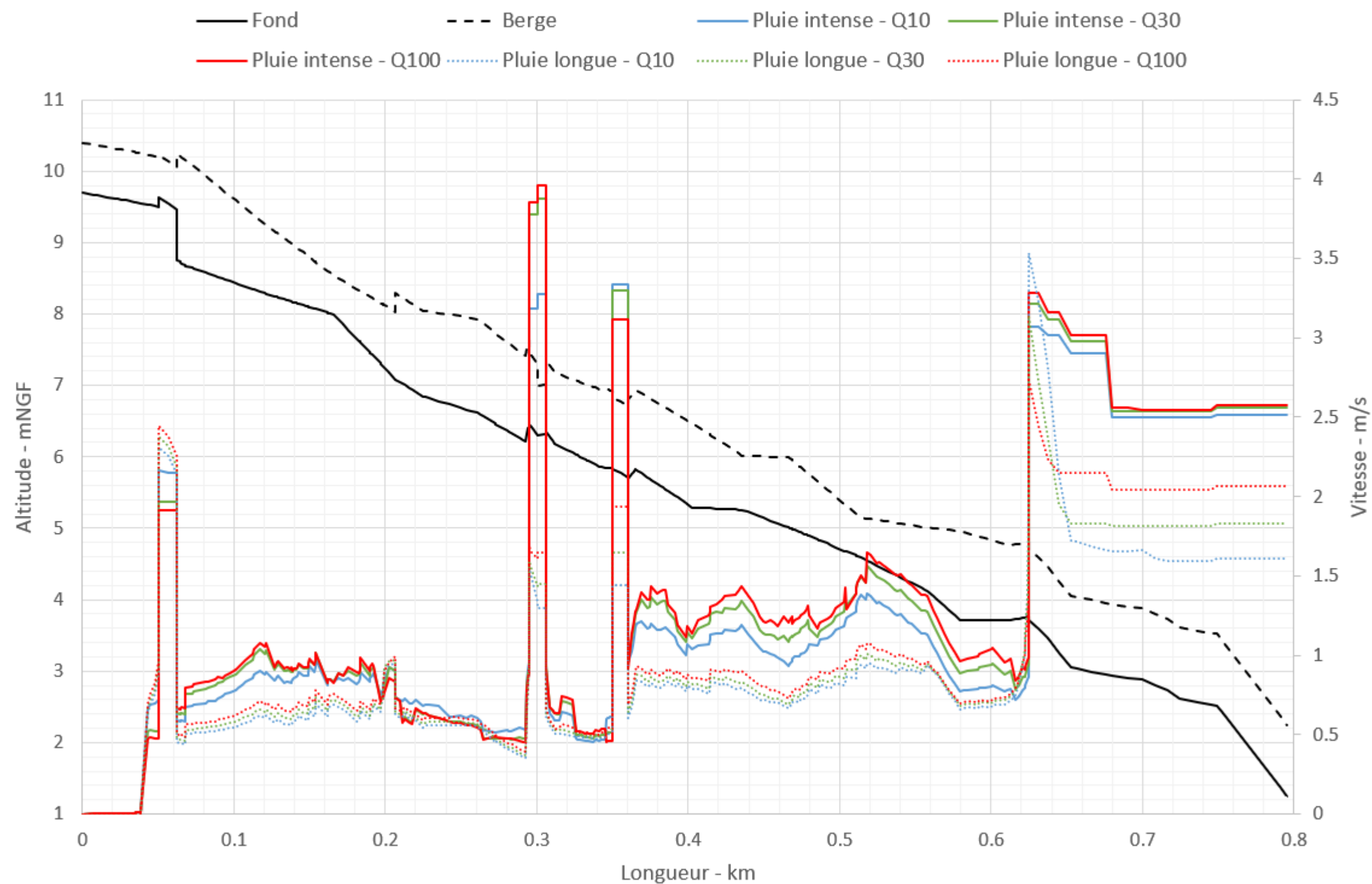


Figure 57 : Profil en long des vitesses d'écoulement sur le Port Royal en état actuel et pour les périodes de retour 10, 30 et 100 ans avec un coefficient de marée de 95 + surcote de 1 m (horizon 2100)

5.3.5.c.3 Analyse des hydrogrammes et des limnigrammes

Les hydrogrammes et les limnigrammes ont été extraits à différents points d'intérêt du modèle pour le scénario moyen considéré : pluie courte de période de retour 30 ans avec un coefficient de marée 95. Sur le linéaire modélisé du Port Royal, 3 points d'intérêts ont été identifiés :

- Aval de l'ouvrage de franchissement de la rue des Grands prés (OH5) ;
- Ouvrage de franchissement de l'avenue des Courlis (OH3) ;
- Entrée du busage en direction de l'émissaire (OH2).

Ces hydrogrammes et de ces limnigrammes mettent en évidence la dynamique du cours d'eau au cours de l'événement au droit de points particuliers et la variabilité spatiale des caractéristiques hydrauliques entre l'amont et l'aval. L'analyse de ces données amène aux commentaires suivants :

- Le décalage temporel du débit de pointe entre l'amont et l'aval est de l'ordre de 30 min ;
- L'hydrogramme amont est de forme triangulaire avec un débit de pointe distinct. Un léger laminage de l'hydrogrammes est visible vers l'aval (8% entre la rue des Grands Prés et la rue du Port Royal). Le débit de pointe semble écrêté par les ouvrages hydrauliques en présence ;
- Sur la partie aval, la dynamique de montée des eaux est similaire à celle de la décrue ;
- Les limnigrammes montrent un écart altimétrique d'environ 5 m entre les lignes d'eau maximales amont et aval. La montée des eaux engendre une hausse de la ligne d'eau de 1.5 m en amont et 1.3 m en aval.

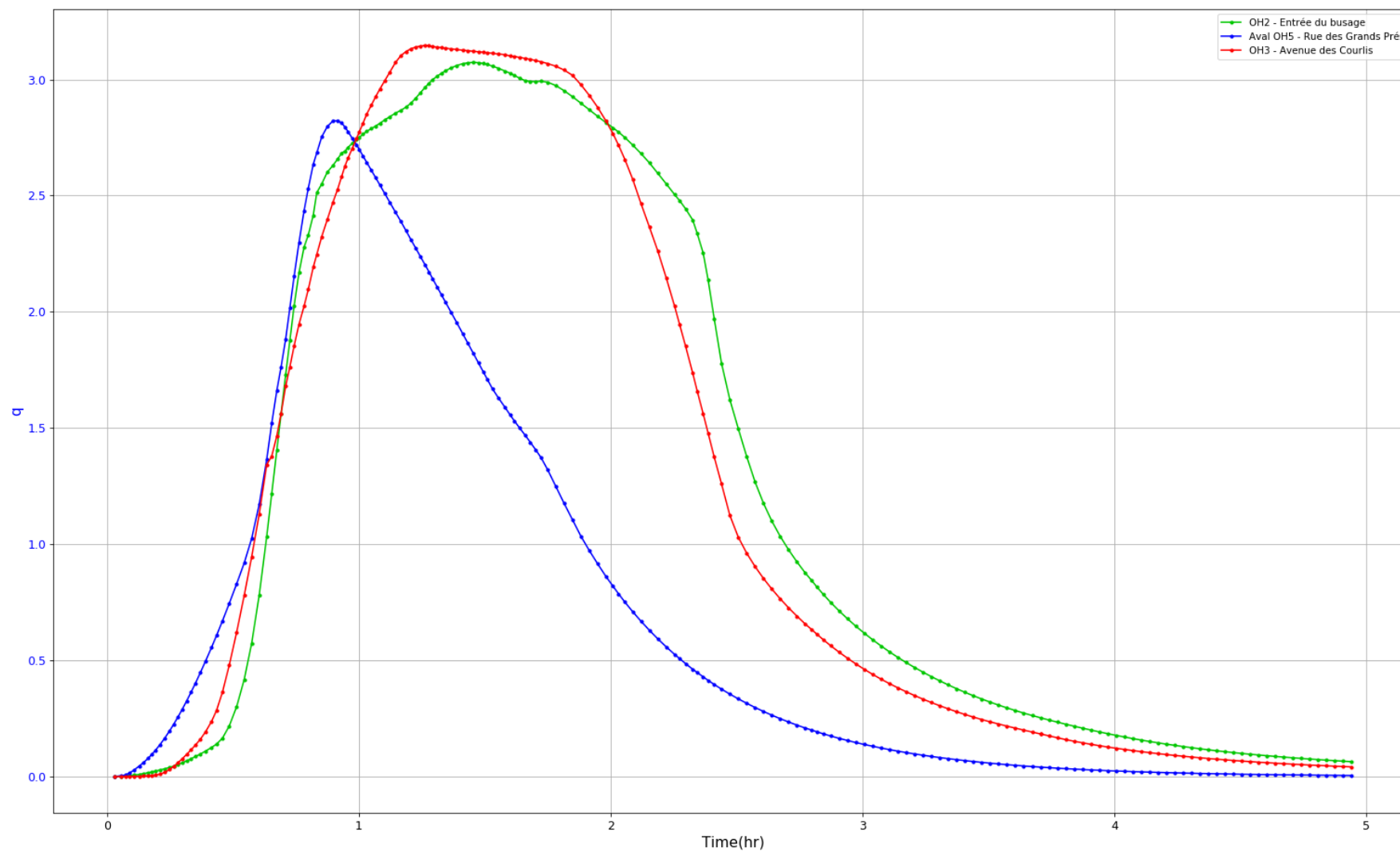


Figure 58 : Hydrogrammes au droit des différents points d'intérêts sur le Port Royal

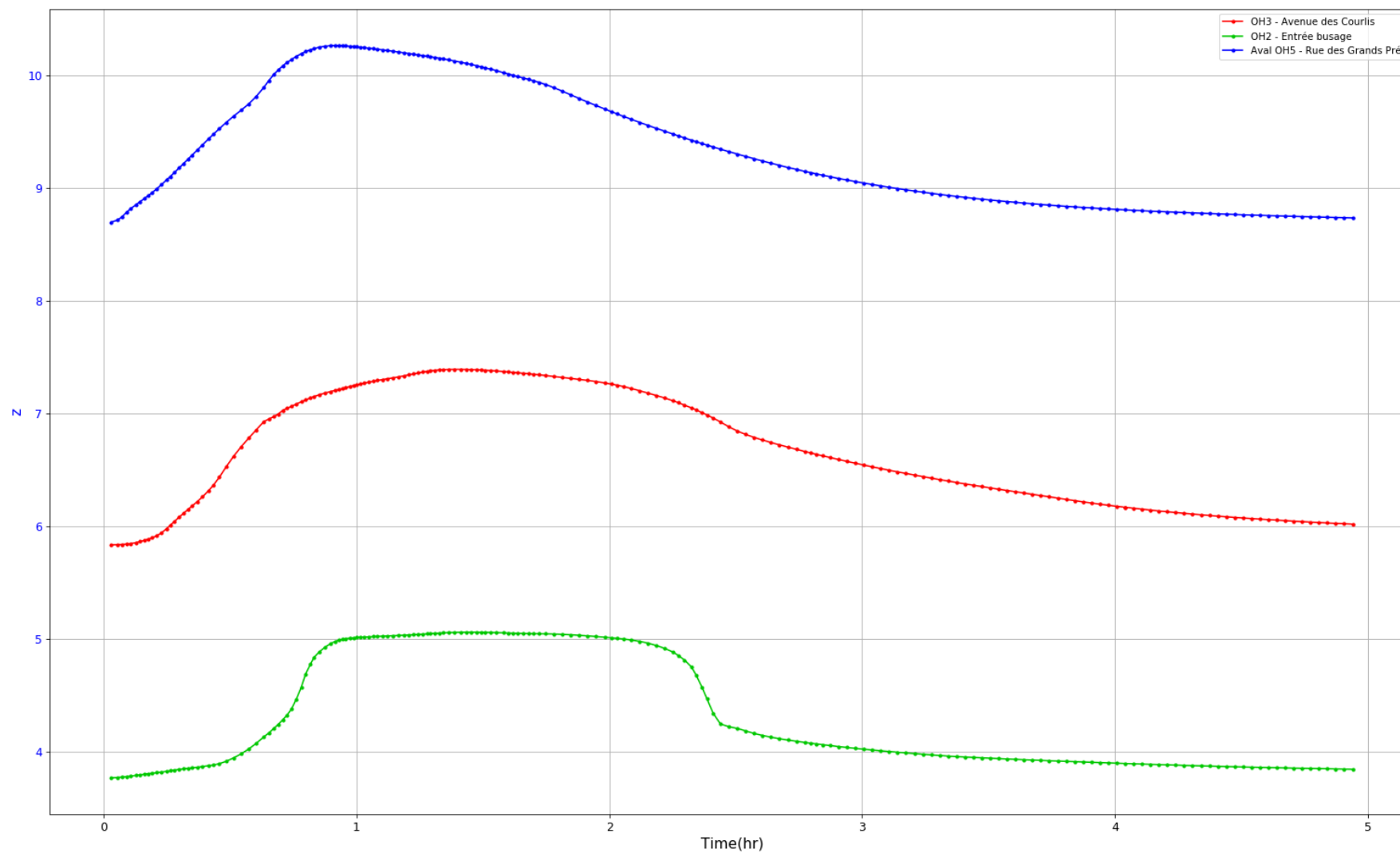


Figure 59 : Limnigrammes au droit des différents points d'intérêts sur le Port Royal

5.3.5.c.4 Cartes des isohauteurs d'eau

Les cartes de submersion pour les scénarios décrits ci-dessous figurent sur les pages suivantes, ils encadrent l'ensemble des scénarios modélisés :

- **Scénario optimiste** : La pluie longue de période de retour 10 ans avec un coefficient de marée de 45 ne génère aucun débordement du cours d'eau. Les premiers débordements surviennent pour un événement de période de retour 30 ans. Le second scénario le plus optimiste considéré est alors la pluie longue de période de retour 30 ans avec un coefficient de marée de 45 ;
- **Scénario pessimiste** : pluie courte de période de retour 100 ans avec un coefficient de marée de 95 + surcote de 1 m à l'horizon 2100

Les cartes des isohauteurs d'eau correspondant également aux emprises des zones inondées.

Le scénario correspondant à une **pluie longue de période de retour trentennale couplée à un coefficient de marée de 45 (scénario optimiste)** met en évidence des inondations en bordure de cours d'eau sur les parcelles présentes entre la rue des Moutiers et l'avenue des Courlis : hauteurs d'eau inférieures à 25 cm.

Le scénario correspondant à une **pluie courte de période de retour centennale couplée à un coefficient de marée de 95 avec une surcote d'un mètre (scénario le plus pessimiste)** met en évidence des inondations sur les secteurs suivants :

- Surverse au niveau de la rue des Grands Prés et ruissellement sur la zone enherbée en rive droite : hauteurs d'eau inférieures à 25 cm ;
- Surverse de la rue des Moutiers et de l'avenue des Courlis : hauteurs d'eau inférieures à 50 cm la voirie ;
- Inondations des parcelles privées en amont de la rue des Moutiers et de l'avenue des Courlis, larges débordements en lit majeur sur les deux rives : hauteurs d'eau inférieures 1 m pouvant atteindre localement 1 à 2 m ;
- Sur le tronçon en amont de la rue du Port Royal, les débordements sont moins étendus (25 m env.) et moins dommageables : hauteurs d'eau inférieures à 50 cm ;
- Débordements au niveau de l'entrée du busage provoquant une surverse par-dessus la rue du Port Royal provoquant ainsi des inondations par ruissellement de surface sur le chemin piéton permettant d'accéder au front de mer et sur les parcelles privées adjacentes : hauteurs d'eau inférieures à 1 m, pouvant atteindre localement 1 à 2 m.

Les débordements sont généralisés sur l'ensemble du linéaire du cours d'eau.

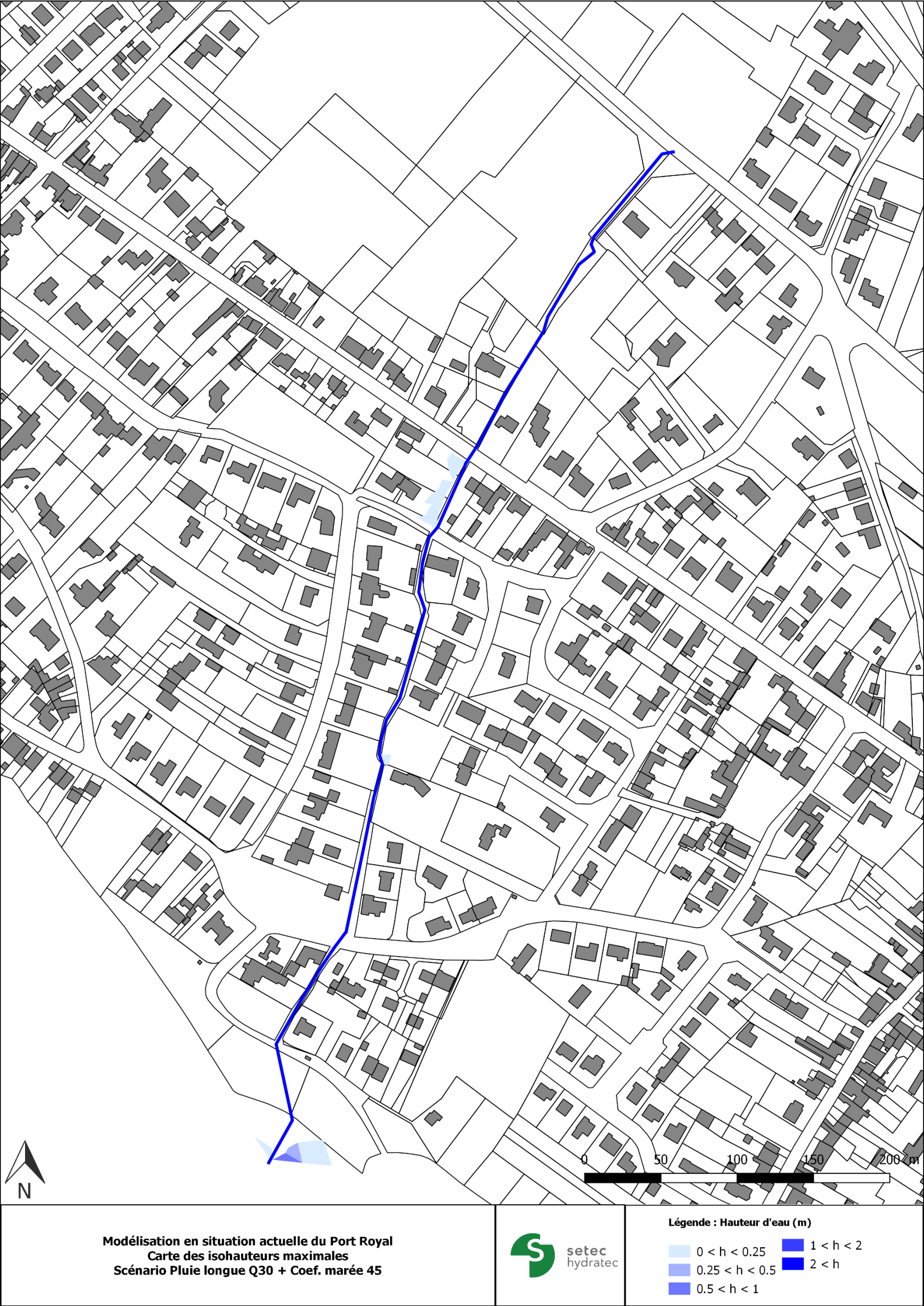


Figure 60 : Carte des isohauteurs sur le Port Royal pour le scénario le plus optimiste : pluie longue 10 ans et coefficient de marée de 45

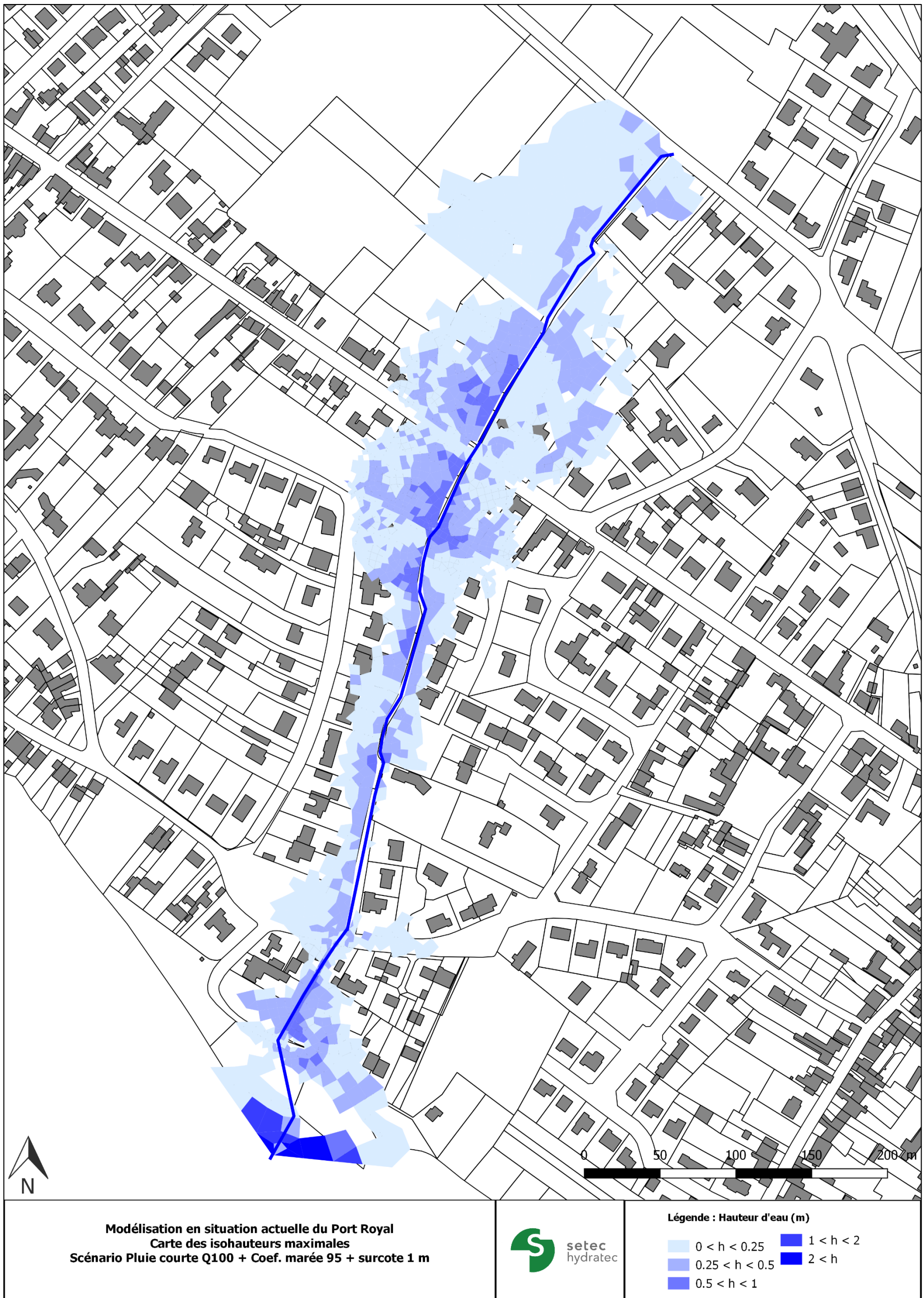


Figure 61 : Carte des isohauteurs sur le Port Royal pour le scénario le plus pessimiste : pluie courte 100 ans et coefficient de marée de 95 + surcote de 1 m

5.3.5.c.5 Contribution des sous-bassins versants

La connaissance sur la contribution hydrologique des sous-bassins versants a pour objectif d'orienter la mise en œuvre des mesures à définir dans la suite du projet pour la protection contre les inondations à l'échelle du bassin versant global.

Les apports du sous bassin versant amont représentent un peu moins de la moitié des apports hydrologiques totaux du bassin versant global du Port Royal (47.9 %). La mise en place d'aménagements sera envisagée sur ce bassin versant le plus contributeur afin de favoriser la retenue des eaux de ruissellement avant l'entrée du cours d'eau dans la zone urbaine.

Le sous-bassin versant situé à l'ouest et s'étendant jusqu'au lieu-dit « Moulin Neuf » est aussi très contributeur et représente 26.1 % des apports hydrologiques totaux. Des aménagements pourront être aussi proposés pour ce bassin versant.

A l'instar du Pontreau, les sous-bassins versants aval situés dans la zone urbaine sont peu contributeurs (<4 %), mais la somme de ces petits sous-bassins versants n'est pas négligeable à l'échelle du bassin versant global. Les apports hydrologiques cumulés des sous-bassins versants situés en aval de rue des Moutiers s'élèvent à 14.3 %.

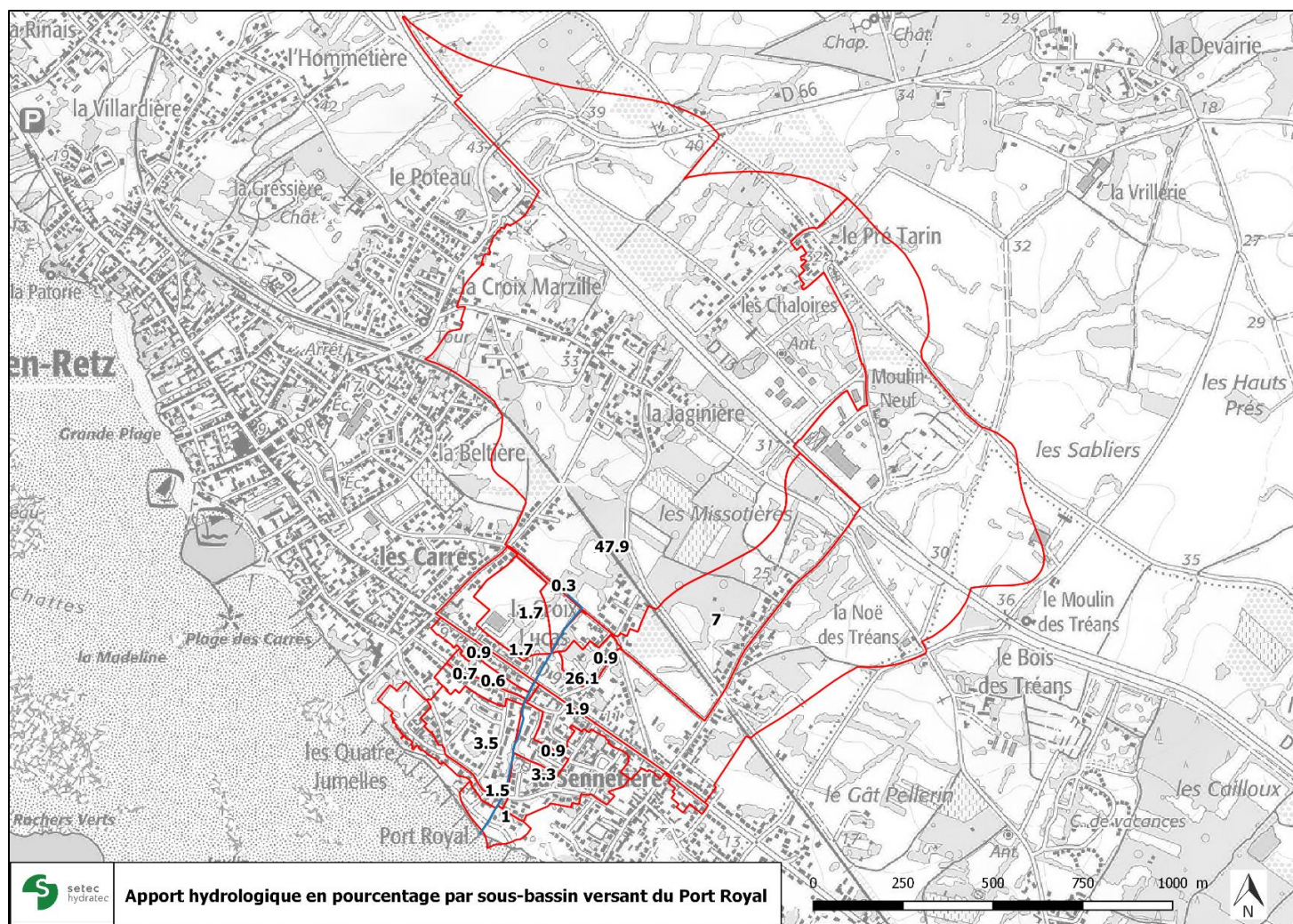


Figure 62 : Contribution des sous-bassins versants du Port Royal

5.4 CARACTERISATION ET HIERARCHISATION DES ENJEUX

5.4.1 Méthodologie

a) Caractérisation des enjeux

La caractérisation des enjeux localisés dans les enveloppes de crues des secteurs d'occupation étudiés repose sur deux documents ayant pour objectif d'évaluer les enjeux liés à la sécurité des personnes, à la protection des biens et à la gestion de crise ainsi que les enjeux socio-économiques vulnérables au risque d'inondation :

- Guide méthodologique relatif aux AMC appliqués aux mesures de prévention des inondations et de ses annexes techniques édités par le Commissariat Général au Développement Durable en juillet 2014 ;
- Guide méthodologique relatif aux Plan de Prévention des Risques naturels – risques d'inondation rédigé par le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement et le Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logements.

b) Estimation des coûts des dommages

5.4.1.b.1 Hypothèses

L'estimation des coûts des dommages est réalisée pour un scénario moyen et un scénario fort. Deux scénarios ont été choisis parmi les 18 étudiés pour chaque cours d'eau.

Les hypothèses prises en compte pour le calcul du coût des dommages sont les suivantes :

- La hauteur d'eau considérée pour les campings est la hauteur d'eau moyenne sur l'emprise de la zone inondable ;
- Aucun bâtiment ne possède de sous-sol ;
- Lorsque la hauteur du bâtiment n'est pas indiquée, le bâtiment est considéré comme un plain-pied ;
- Lorsque le nombre d'employés n'est pas spécifié pour une entreprise ou une activité, le nombre d'employés est considéré de 2 ;
- La durée de submersion est inférieure à 48 h ;
- La vitesse de montée des eaux est rapide, les habitants n'ont pas le temps de surélever leur mobilier ;
- Les dommages sont calculés pour des événements d'eau douce, aucun sur-endommagement lié à la salinité de l'eau n'est considéré. Pour le Pontreau, le dessableur est pourvu d'un clapet anti-retour. Pour le Port Royal, les vitesses d'écoulement dans les parties busées sont élevées. Le flux provenant de la crue est prépondérant au courant de flot de la marée.

5.4.1.b.2 Calcul des coûts des dommages

L'estimation du coût des dommages associés aux logements correspond à la somme des dommages au bâti et des dommages au mobilier (hyp. 6). Chaque coût est estimé pour un bâtiment se situant dans l'emprise de la zone inondable en fonction de la hauteur d'eau maximale calculée et de la présence ou non d'un étage.

L'estimation du coût des dommages associés aux entreprises et aux activités correspond à des dommages globaux estimés par employé. Le coût est estimé en fonction de la

hauteur d'eau maximale calculée quand il s'agit d'un bâtiment ou moyenne quand il s'agit d'une surface d'activités (hyp. 1).

Les fonctions de dommages n'étant pas publiées, les campings ont été considérés comme une entreprise.

Le coût total des dommages pour un scénario donné est la somme du coût total des dommages aux logements et du coût total des dommages aux entreprises/activités.

5.4.2 Analyse des enjeux matériels et humains liés aux inondations

a) Le Pontreau

5.4.2.a.1 Recensement des enjeux touchés

La carte page suivante met en évidence les enjeux matériels et humains situés dans l'emprise ou à proximité des zones inondées pour deux scénarios :

- Scénario moyen : Pluie courte de période de retour 30 ans avec un coefficient de marée de 95 ;
- Scénario fort : Pluie courte de période de retour 100 ans avec un coefficient de marée de 95 + surcote de 1 m.

Sur la base du recensement commun, une estimation chiffrée des enjeux situés en zone inondable pour les événements précités est présentée ci-dessous.

	Scénario moyen	Scénario fort
Population permanente en zone inondable	74	83
Nombre de bâtiments situés en zone inondable	37	42
Capacité d'accueil des campings en zone inondable	Camping de l'Hermitage des dunes : 50 emplacements et 30 mobil-home	
Nombre de personnes travaillant en zone inondable	4	4
Entreprises / sociétés situées en zone inondable	1 (Pinson & Fils, entreprise de travaux de constructions spécialisées)	
Voiries inondées (ml)	238 m	250 m
Forages / puits situés en zone inondable	0	0

Tableau 37 : Indicateurs principaux situés dans l'emprise des zones inondables

Les enjeux d'inondation sont très forts sur le Pontreau. Le risque d'inondation concerne 74 personnes / 37 bâtiments pour le scénario moyen considéré. De plus, le camping de l'Hermitage des Dunes et l'entreprise Pinson & Fils sont exposés à ces risques. Pour le camping, environ 40 emplacements de tentes, 25 mobil-home et un bâtiment sanitaire sont potentiellement touchés par les inondations. Les voiries inondées sont situées dans l'impasse de l'Hermitage des dunes, dans la rue du Pré long et dans la route du Bois des Tréans. Le scénario fort aggrave la situation : 5 bâtiments supplémentaires inondés (soit

environ 9 personnes supplémentaires atteintes par les inondations) et un linéaire de voiries submergées plus conséquent.

5.4.2.a.2 Estimation des coûts des dommages

Le tableau suivant synthétise les coûts des dommages estimés pour les scénarios considérés pour le cours d'eau du Pontreau :

	Scénario moyen	Scénario fort
Nombre de logements dans la ZI	37	42
Coût des dommages pour les habitations	449 242 €	497 375 €
Activités dans la ZI (salariés)	Camping (2) Entreprise de travaux de construction (2)	
Coût des dommages pour les entreprises	79 024 €	113 915 €
Total coût des dommages	528 266 €	611 289 €

Le coût des dommages aux logements représente plus de 80% du coût total des dommages. Le nombre d'habitations touchées par les inondations est conséquent, et les hauteurs d'eau observées sont élevées. L'emprise de la zone inondable est plus étendue pour le scénario fort, 5 habitations supplémentaires sont touchées pour ce scénario. La moyenne des différences de hauteurs d'eau entre le scénario moyen et le scénario fort s'élève à 6 cm.

A contrario, les hauteurs d'eau moyennes observées au droit des entreprises restent relativement faibles 10 cm pour l'entreprise Pinson & fils et 42 cm pour le camping de l'Hermitage des Dunes pour le scénario fort. Le coût des dommages par employé pour une activité telle que le camping est élevé. Le coût des dommages aux entreprises est en majorité dû aux dommages du Camping de l'Hermitage des Dunes. Cependant, les dommages aux logements restent prépondérants par rapport aux dommages associés aux entreprises, en raison du nombre important de logements touchés par les inondations.

Le scénario fort entraîne un coût des dommages supplémentaires d'environ 83 000 €.

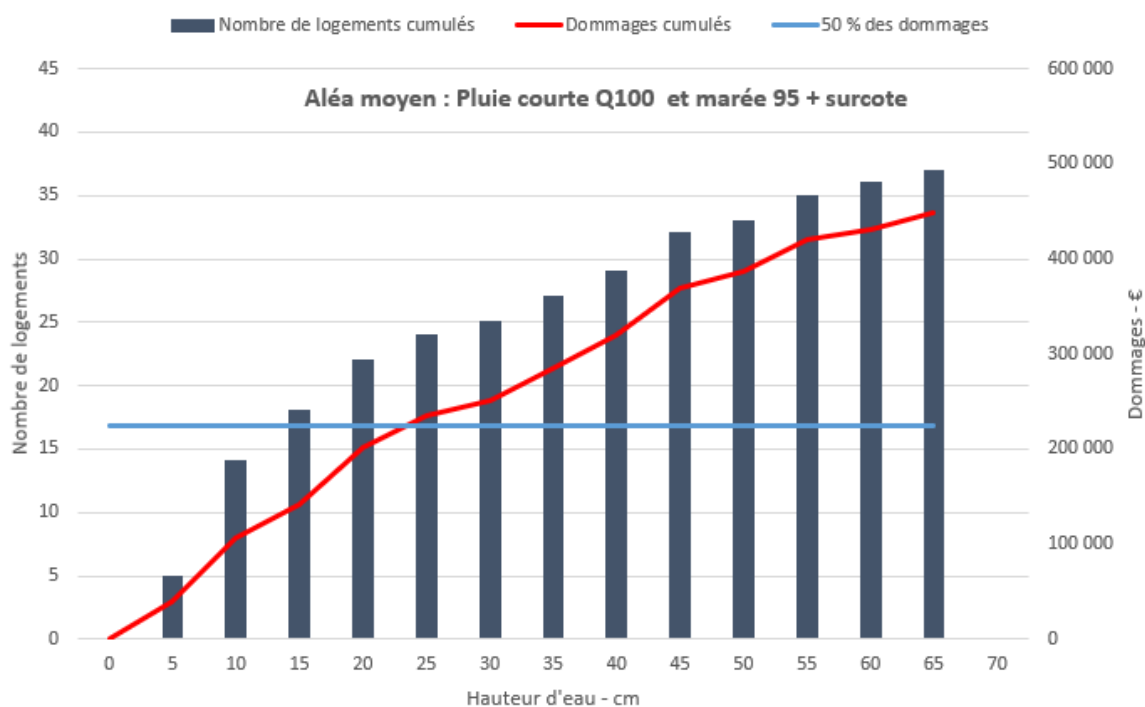


Figure 63 : Répartition des dommages aux logements par hauteur d'eau pour le scénario moyen - Pontreau

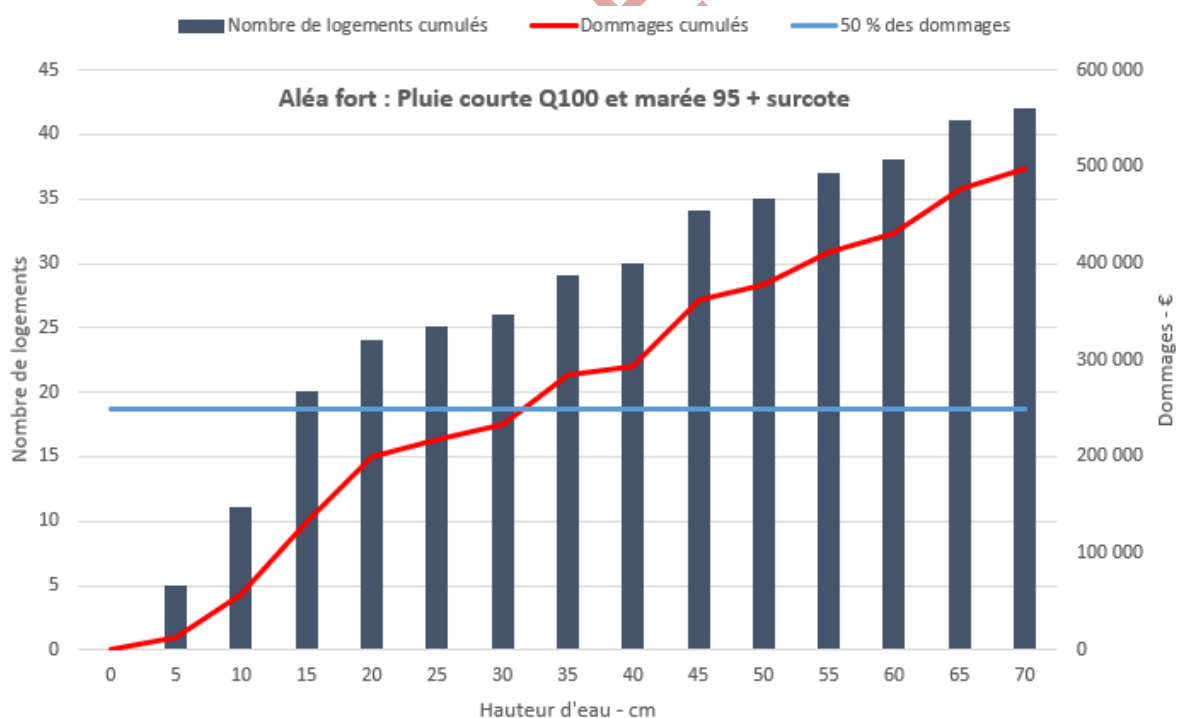


Figure 64 : Répartition des dommages aux logements par hauteur d'eau pour le scénario fort - Pontreau

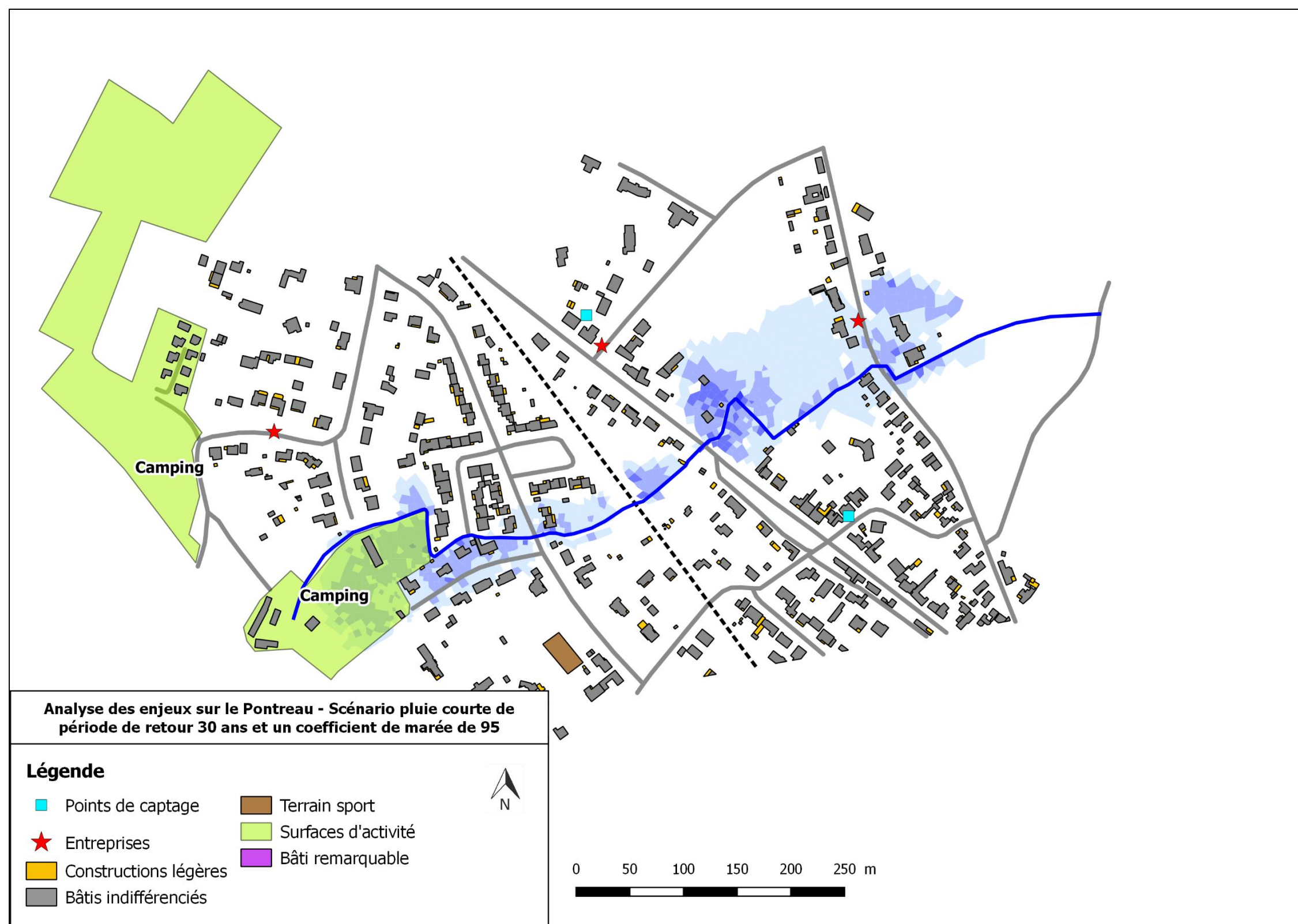


Figure 65 : Analyse des enjeux sur le Pontreau pour un scénario moyen

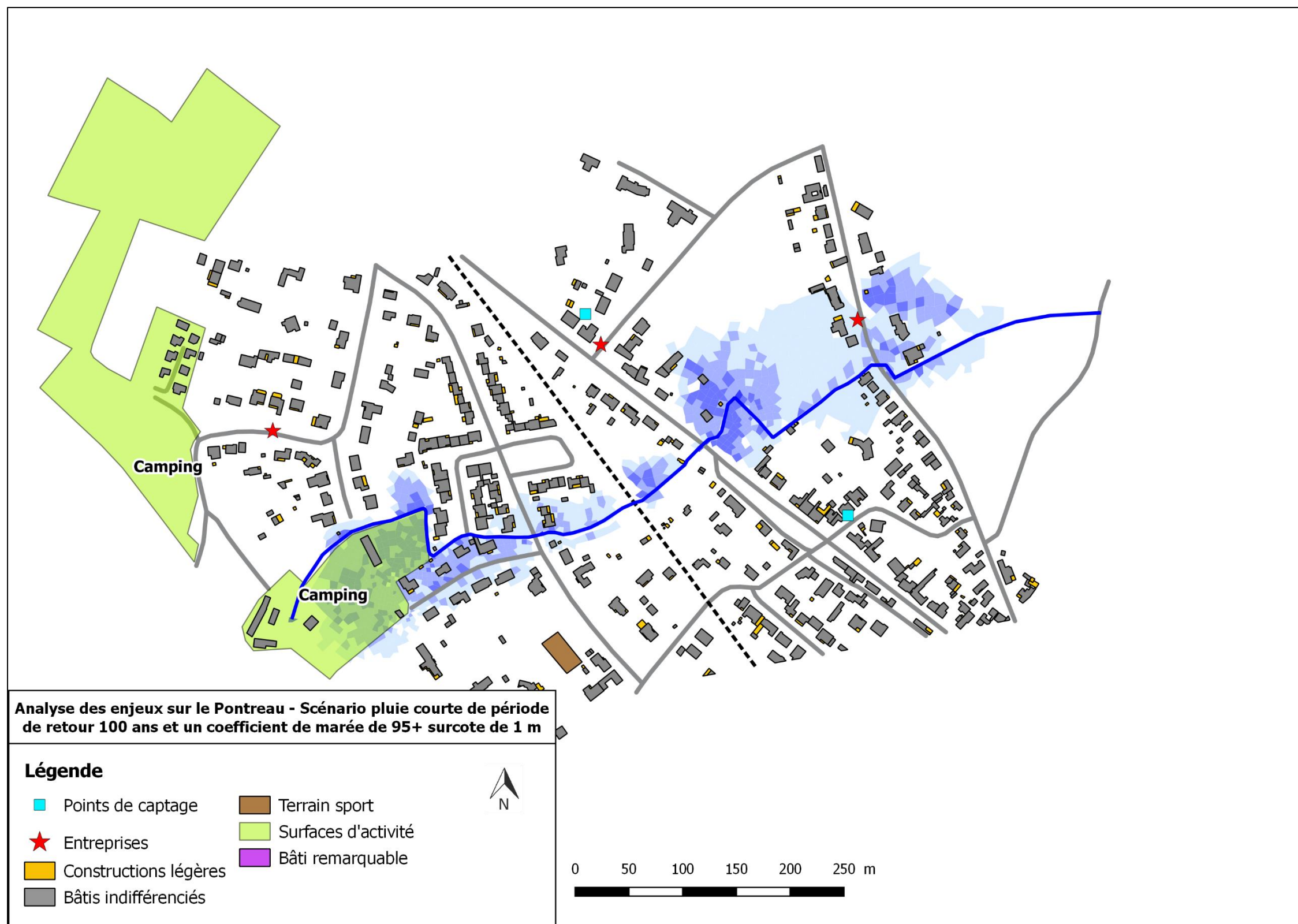


Figure 66 : Analyse des enjeux sur le Pontreau pour un scénario fort

b) Le Port Royal

5.4.2.b.1 Recensement des enjeux touchés

La carte page suivante met en évidence les enjeux matériels et humains situés dans l'emprise ou à proximité des zones inondées pour deux scénarios :

- Scénario moyen : Pluie courte de période de retour 30 ans avec un coefficient de marée de 95 ;
- Scénario fort : Pluie courte de période de retour 100 ans avec un coefficient de marée de 95 + surcote de 1 m.

Sur la base du recensement commun, une estimation chiffrée des enjeux situés en zone inondable pour les événements précités est présentée ci-dessous.

	Scénario moyen	Scénario fort
Population permanente habitant en zone inondable	91	101
Nombre de bâtiments situés en zone inondable	47	52
Entreprises / sociétés situées en zone inondable	0	
Voiries inondées (ml)	433	492
Forages / puits situés en zone inondable	1	1

Tableau 38 : Indicateurs principaux situés dans l'emprise des zones inondables

Les enjeux d'inondation sont très forts sur le Port Royal. Le risque d'inondation concerne 91 personnes / 47 bâtiments pour le scénario moyen considéré. Aucune activité ou entreprise n'est touchée par les inondations. Un captage BSS est situé dans la zone inondable. Les voiries inondées sont situées dans la rue des Grands Prés, la rue des Moutiers, l'avenue des Courlis et la rue de Port Royal. Le scénario fort aggrave la situation : 5 bâtiments supplémentaires inondés (soit environ 10 personnes supplémentaires atteintes par les inondations) et un linéaire de voiries submergées plus conséquent.

5.4.2.b.2 Estimation des coûts des dommages

Le tableau suivant synthétise les coûts des dommages estimés pour les scénarios considérés pour le cours d'eau du Port Royal :

	Scénario moyen	Scénario fort
Nombre de logements dans la ZI	47	52
Coût des dommages pour les habitations	583 346 €	675 971 €
Activités dans la ZI (salariés)	Aucune	
Coût des dommages pour les entreprises	0	0
Total coût des dommages	583 346 €	675 971 €

Aucune entreprise n'est touchée par les inondations. Le coût total des dommages est essentiellement lié au coût des dommages aux logements. Ce coût est élevé en raison notamment du nombre conséquent d'habitations touchées par les inondations et des hauteurs d'eau élevées. L'emprise de la zone inondable est plus étendue pour le scénario fort, 5 habitations supplémentaires sont touchées pour ce scénario. La moyenne des différences de hauteurs d'eau entre le scénario moyen et le scénario fort s'élève à 7 cm.

Le scénario fort entraîne un coût des dommages supplémentaires d'environ 93 000 €, dû notamment aux logements supplémentaires inondés.

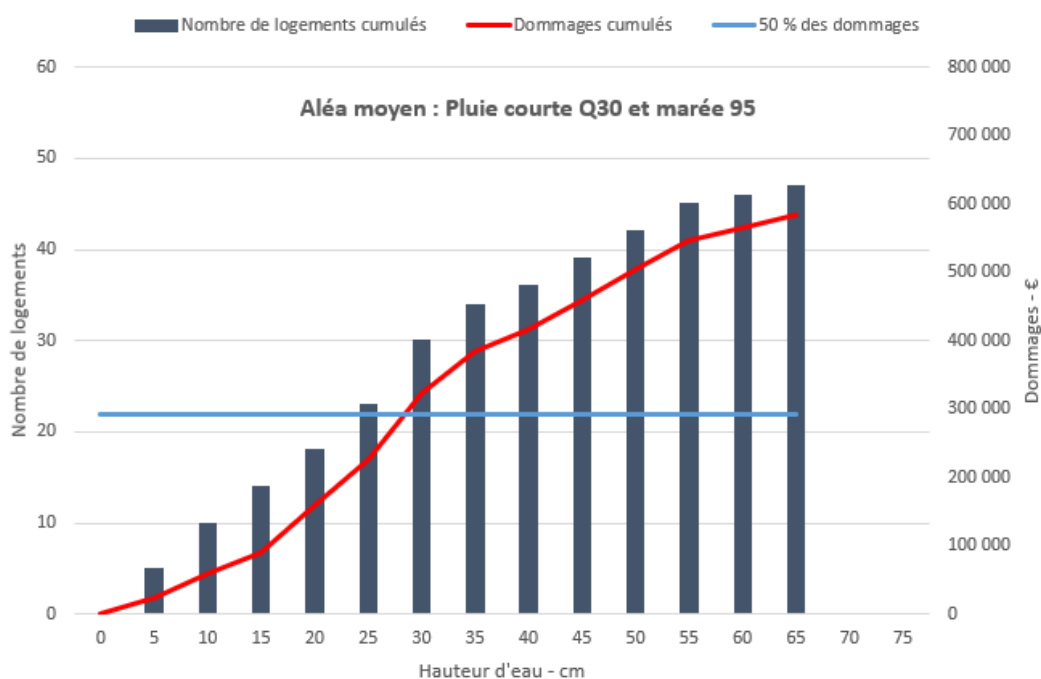


Figure 67 : Répartition des dommages aux logements par hauteur d'eau pour le scénario moyen – Port Royal

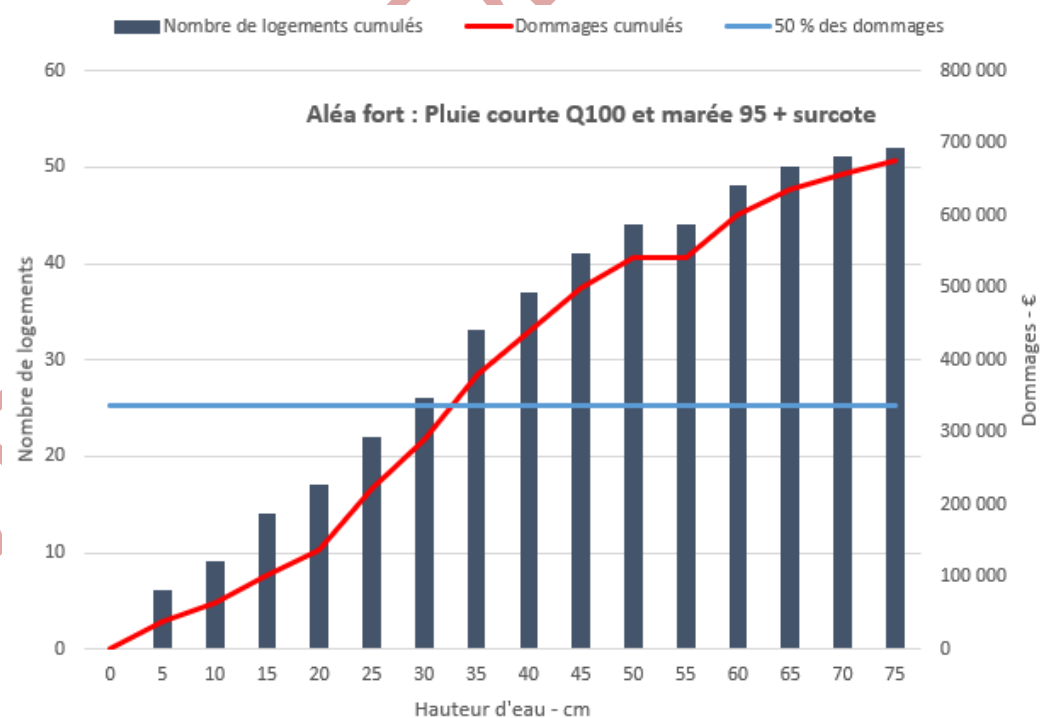


Figure 68 : Répartition des dommages aux logements par hauteur d'eau pour le scénario fort – Port Royal

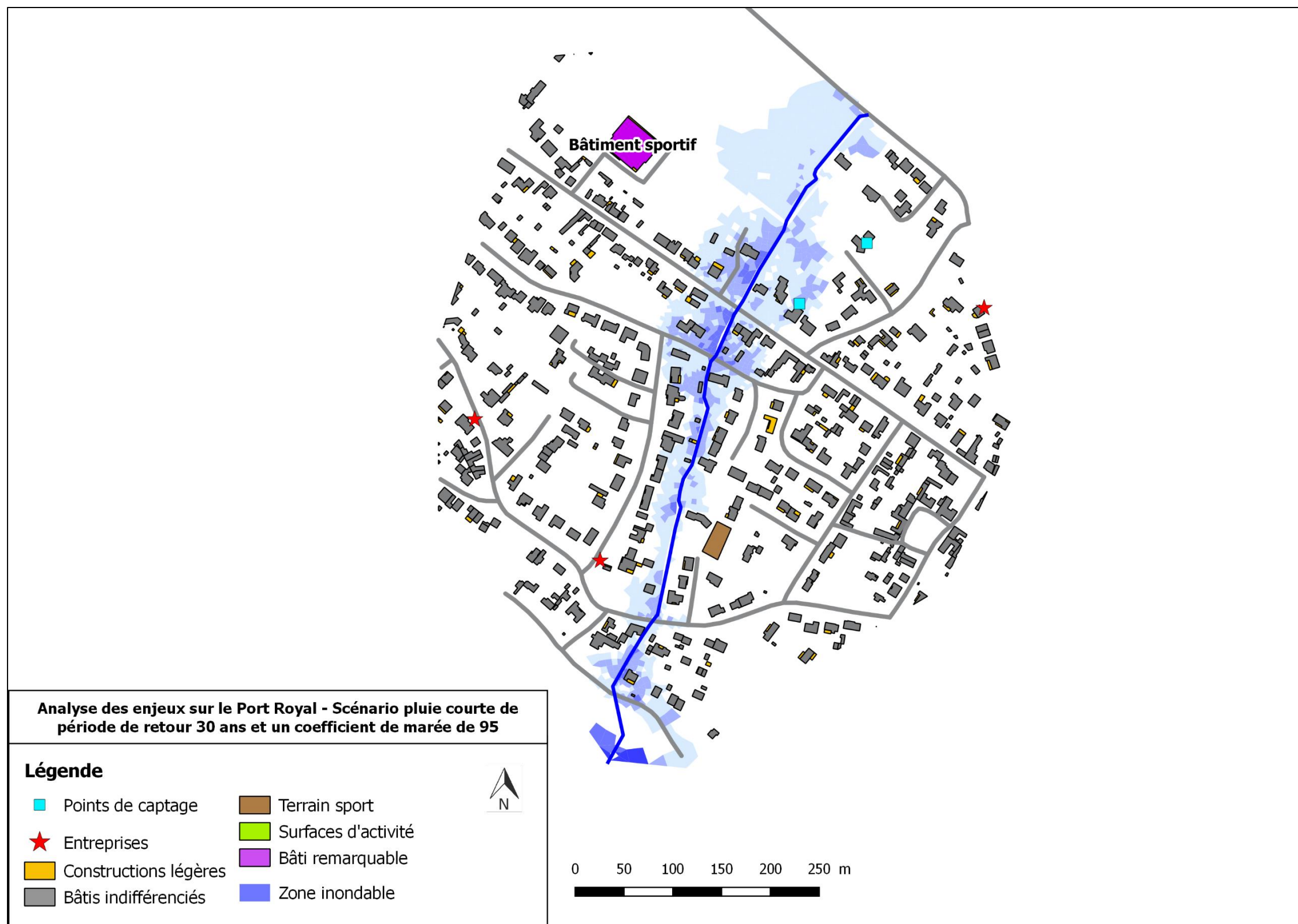


Figure 69 : Analyse des enjeux sur le Port Royal pour un scénario moyen

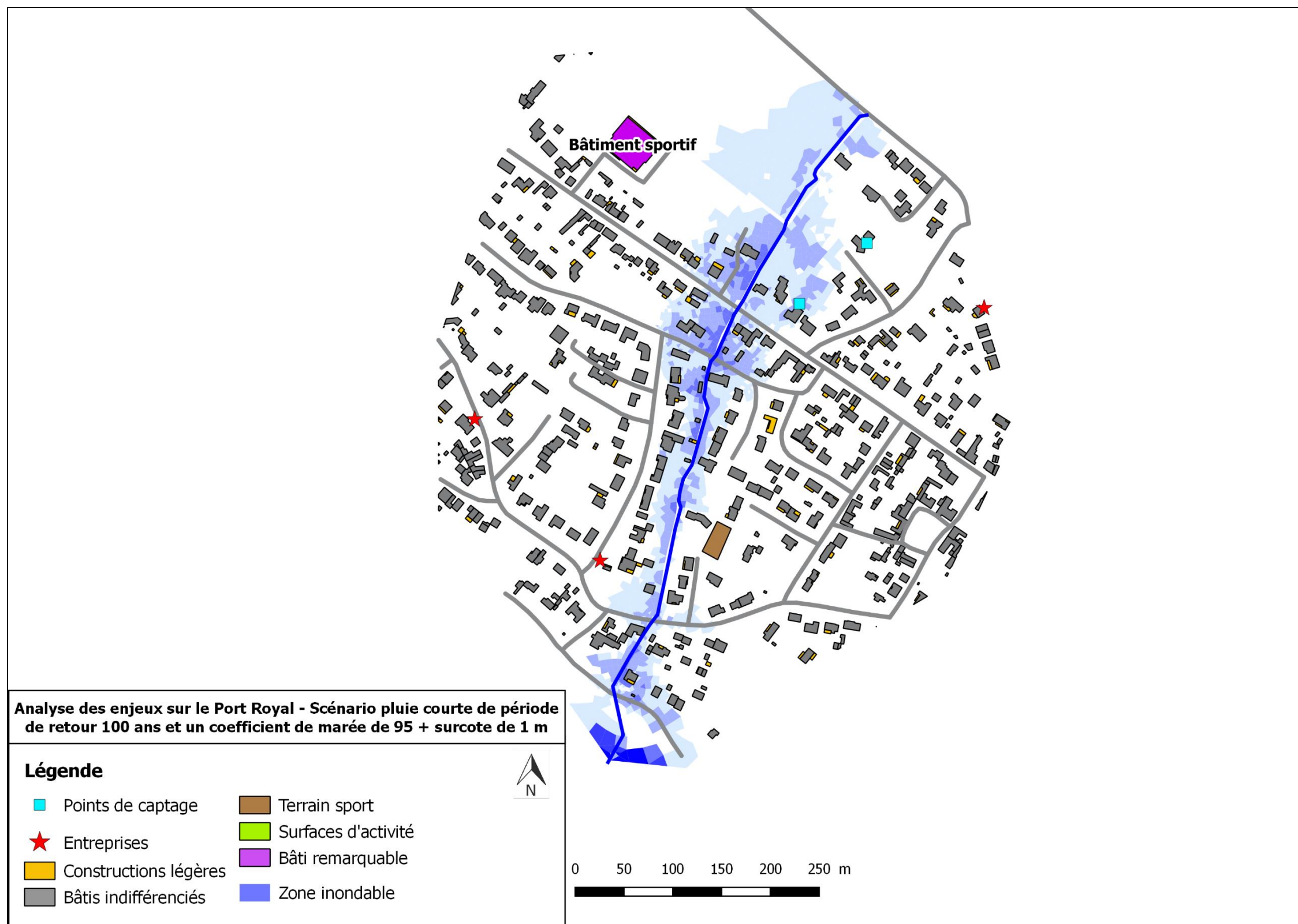


Figure 70 : Analyse des enjeux sur le Port Royal pour un scénario fort

5.5 ANALYSE DES DONNEES FONCIERES ET REGLEMENTAIRES

Les cours d'eau du Pontreau et du Port Royal sont bordés par de nombreuses parcelles principalement dans le domaine privé.

Les parcelles cadastrales en bordure de ces cours d'eau ont été identifiées sous Cadastre.gouv pour un scénario moyen (pluie courte de période de retour 30 avec un coefficient de marée de 95). La liste des parcelles répertoriées pour chaque cours d'eau est annexée au rapport.

Les cours d'eau du Pontreau et du Port Royal ne sont pas concernés par l'arrêté du 10 juillet 2012 portant sur le classement des cours d'eau en liste 1 et 2 au titre de l'article L214-17 du code de l'environnement.

Les cours d'eau du Pontreau et du Port Royal sont des cours d'eau non domaniaux. La propriété du cours d'eau est attribuée aux propriétaires des deux rives, chacun d'entre eux est propriétaire de la moitié du lit. Conformément à l'article L215 -14 du code de l'Environnement, le propriétaire riverain est tenu à un entretien régulier du cours d'eau. Néanmoins, les collectivités peuvent se substituer aux riverains et organiser, après déclaration d'intérêt général, des opérations d'entretiens groupées qui doivent faire l'objet d'une demande d'autorisation dans le cadre d'un plan de gestion pluriannuel.

5.6 INDICE DE PRESSION DE LA BANDE RIVERAINE

La végétation rivulaire est l'un des paramètres qui contrôle la **stabilisation des berges**, notamment grâce au chevelu racinaire. Les racines des végétaux, lorsqu'ils sont présents sur les berges, augmentent le coefficient de rugosité ce qui diminue le temps de transfert et donc les pics de crue en aval. Les petits cours d'eau sont très influencés par la végétation d'où l'importance de la ripisylve en tête de bassin.

De plus, la bande riveraine agit comme un **filtre qui améliore la qualité de l'eau** de surface. Sa zone végétalisée filtre les sédiments et les contaminants provenant du ruissellement des terres en favorisant leur dépôt à l'extérieur du cours d'eau, en améliorant l'infiltration vers les aquifères et en procédant, par des processus physico-chimiques, à un rabattement de la charge liée aux particules de sols et aux charges solubles.

L'indice de pression de la bande riveraine est basé sur l'occupation des sols et ses principales caractéristiques (drainage, ripisylve, piétinement). Il donne une note de 0 à 1. Plus la valeur est proche de 0, plus la pression sur la bande riveraine est faible et inversement, plus elle s'approche de 1, plus la pression est forte, comme pour l'indice d'artificialisation.

L'illustration qui suit indique les notes associées au type d'occupation du sol rencontré. Les codes couleurs associés à cet indice sont proposés à titre indicatif, afin d'avoir une meilleure lisibilité des résultats.

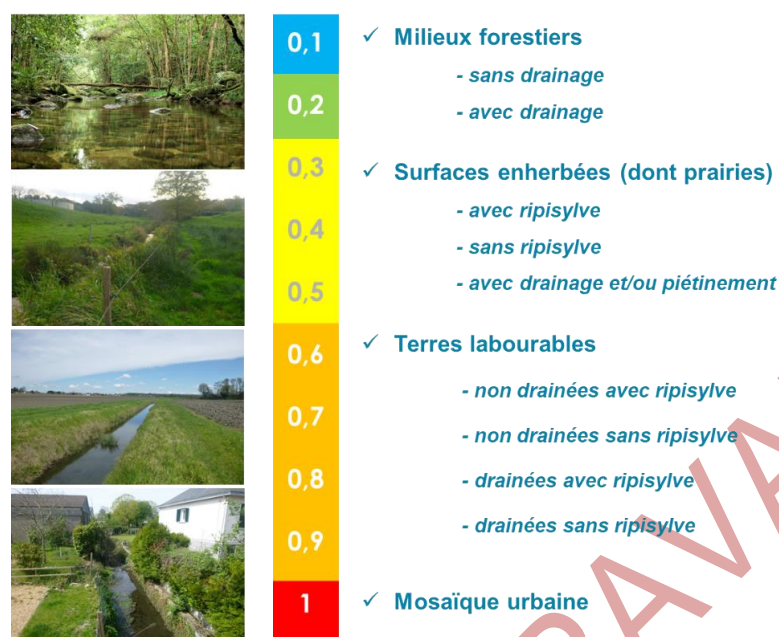


Figure 71 : Valeurs associées à l'occupation du sol

Deux indices sont calculés sur la bande riveraine : l'un en lien avec l'occupation des sols sur une bande 0-5 mètres et l'autre, sur la bande 5-10 mètres.

Tronçons	0 à 5 m	5 à 10 m
Pontreau amont	0,377	0,415
Pontreau aval	0,865	0,865
Port Royal	0,769	0,813

Tableau 39 : Indice de pression dans la bande riveraine par tronçon

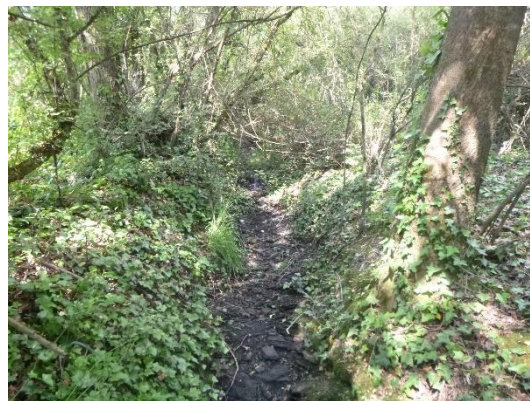
Les indices mettent en évidence une altération de la bande riveraine sur l'ensemble des deux cours d'eau. Avec la dominance de boisements et de prairies, le Pontreau amont est cependant moins impacté que les tronçons traversant la Bernerie-en-Retz et les Moutiers-en-Retz.

Le caractère relativement préservé du Pontreau amont permet le maintien de plusieurs fonctions rivulaires bénéfiques au cours d'eau : support de biodiversité, ralentissement des transferts d'eau et de nutriments, captage/stockage des particules fines.

En zone urbaine, les bandes riveraines sont modifiées par l'implantation de haies d'ornement, par un entretien drastique ou par la mise en place de dispositifs de protections des berges contre l'érosion (murs bétonnés). Ces modifications engendrent une réduction de la biodiversité mais également une accélération des écoulements par réduction de la rugosité de berge.



Bande riveraine non biogène - Le Port Royal

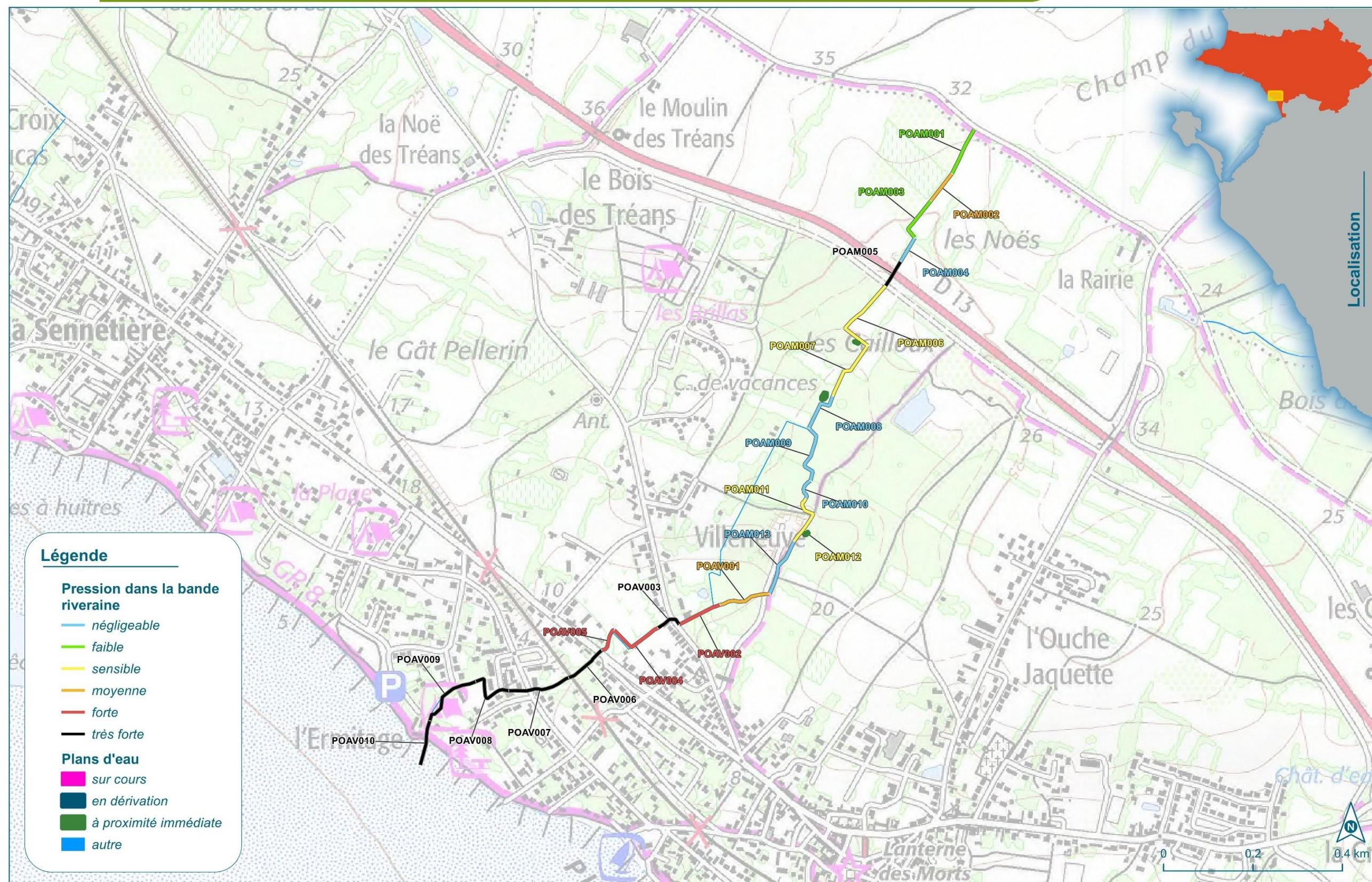


Cours d'eau en zone boisée - Le Pontreau amont

Les deux cours d'eau côtiers s'écoulent dans un contexte semi rural marqué par l'extension de zones urbaines, avec des aménagements jusqu'en bordure du lit mouillé qui génèrent des contraintes sur le cours d'eau et ses berges.

En dehors de ces zones urbaines et de transition, la ripisylve offre encore un support de biodiversité et une certaine rugosité.

Ce diagnostic met en avant un enjeu important de « reconquête de la bande riveraine » en zone urbaine et péri-urbaine afin de restaurer les fonctionnalités écologiques des cours d'eau tout en répondant à une problématique hydraulique.



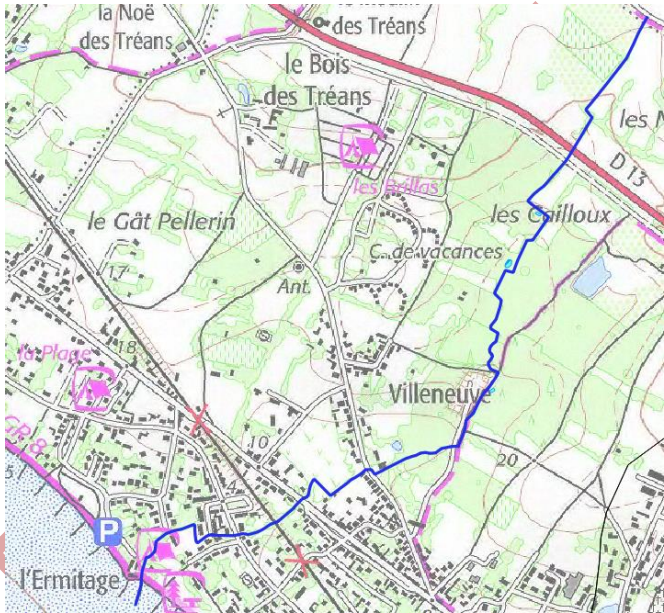







5.7 SYNTHÈSE : DIAGNOSTIC ET ENJEUX

5.7.1 Le Pontreau

	RUISSEAU DU PONTREAU	
	Linéaire parcouru : 2 544 m	Nombre de segments : 23
CONTEXTE	Cours d'eau situé en zone semi-urbaine. Il débute par un secteur de cultures et de prairies en amont de la route bleue. Le Pontreau est alors perché, hors de son talweg. Il s'écoule ensuite dans un ensemble de parcelles boisées avant de traverser la ville des Moutiers-en-Retz.	
PRESSIONS	Le cours d'eau présente un linéaire rectiligne dans l'ensemble, avec une incision marquée notamment en amont. L'artificialisation est importante sur le bassin (320 m de cours d'eau enterré et 260 m de berges artificialisées). L'urbanisation favorise l'émergence d'espèces non adaptées en bordure de cours d'eau comme le bambou qui s'étend et limite fortement la biodiversité.	
CAPACITÉ D'ACCUEIL	<p>Le potentiel d'accueil de la faune aquatique semble limité. Les ruptures d'écoulements et les assecs sont fréquents (plus de 2 km de linéaire concernés) et les habitats aquatiques, peu diversifiés, sont localisés sur les zones aval.</p> <p>Avec une hauteur de chute cumulée de 1,45 m, le taux de fractionnement moyen est assez élevé et traduit une situation dégradée, notamment sur l'aval.</p> <p>La continuité écologique est réduite notamment par le faible linéaire en eau. Mais aussi par les ouvrages essentiellement localisés en zone urbaine.</p>	

DIAGNOSTIC HYDRAULIQUE	<p>L'absence de lit de débordement et les incohérences relevées au niveau du dessableur (perte de charge importante au niveau du clapet anti-retour, diamètre entrant sous-dimensionné, section d'une buse réduite) apparaissent comme des facteurs majeurs aggravant le fonctionnement hydraulique actuel du cours d'eau du Pontreau.</p> <p>La présence d'un bassin de rétention sur une parcelle privée près du chemin de la Bourdaine est un facteur limitant.</p>	
ENJEUX MATERIELS et HUMAINS	<p>De par la topologie du terrain naturel, le camping de l'Hermitage des Dunes est très vulnérable aux inondations. Cet enjeu devient très fort en haute saison, période où la population saisonnière est importante.</p> <p>Une entreprise de travaux de construction et 42 habitations (83 personnes environ) sont exposées aux risques d'inondations pour le scénario fort considéré, notamment au niveau de l'impasse de l'Hermitage des Dunes et de la rue du Bois des Tréans.</p>	
ENJEUX et OBJECTIFS ENVIRONNEMENTAUX	<p>Restaurer l'hydrologie du bassin du Pontreau afin de retrouver un écoulement naturel. Favoriser l'infiltration plutôt que les rejets directs d'eaux pluviales dans le cours d'eau.</p> <p>Restaurer les profils en travers et limiter l'artificialisation des berges afin de retrouver une « naturalité » et une diversité hydromorphologique, supports de biodiversité</p> <p>Pour les riverains : s'approprier le Pontreau comme cours d'eau : Fonctionnement, bonnes pratiques, risques et devoirs.</p>	

**ENJEUX et OBJECTIFS POUR LA
PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS**

Réduire l'aléa inondation à l'échelle du bassin versant. Ecrêter les débits de pointe et favoriser la rétention en restaurant des zones d'expansion de crue.




Améliorer les écoulements en contexte urbain et notamment agir sur les ouvrages hydrauliques en présence (redimensionnement, suppression de l'ouvrage...).

Une réflexion sera également faite sur la chambre du dessableur et sur le remplacement du clapet anti-retour actuel.

Améliorer la débitance du cours d'eau par le remodelage des profils en travers en gagnant un espace de liberté latéral (notamment dans les fonds de jardin).



5.8.1 Le Port Royal

RUISSEAU DU PORT ROYAL		
	Linéaire parcouru : 1 103 m	Nombre de segments : 8
CONTEXTE	Cours d'eau situé en zone urbaine. Il débute par un fossé en bord de route puis traverse une prairie en limite de zones habitées. Dès l'amont, le cours d'eau est incisé fortement notamment à l'aplomb du premier passage busé. Puis il longe plusieurs parcelles habitées. Le Port Royal rejoint l'océan par un busage complété d'une chute à marée basse.	
PRESSIONS	<p>Le cours d'eau présente un linéaire rectiligne dans l'ensemble, avec une incision marquée. Conséquence directe des aménagements, le Port Royal ne dispose pas d'un espace de mobilité.</p> <p>L'artificialisation est importante : 180 m de cours d'eau enterré et un fort linéaire de berges artificialisées.</p> <p>L'urbanisation favorise l'émergence d'espèces non adaptées en bordure de cours d'eau comme le bambou qui s'étend et limite fortement la biodiversité.</p>	
CAPACITE D' ACCUEIL	<p>Le potentiel d'accueil de la faune aquatique est réduit. Les écoulements ne sont pas trop pénalisants, avec moins de 20 % du linéaire en assec.</p> <p>32 % du linéaire présentent des habitats diversifiés.</p> <p>Avec une hauteur de chute cumulée de 1,22 m, le taux de fractionnement est élevé et traduit une situation dégradée sur tout le linéaire.</p> <p>La continuité écologique est réduite par les nombreux ouvrages liés aux franchissements routiers et aux aménagements urbains.</p>	
DIAGNOSTIC HYDRAULIQUE	<p>L'absence de lit de débordement et la présence d'ouvrages hydrauliques limitant apparaissent comme des facteurs majeurs aggravant le fonctionnement hydraulique actuel du cours d'eau de Port Royal.</p>	

ENEJEUX MATERIELS et HUMAINS	<p>Aucune activité / entreprise n'est touchée par les inondations.</p> <p>52 habitations (101 personnes) sont exposées aux risques d'inondation pour le scénario fort considéré. La bande inondable est la plus large sur les secteurs de la rue des Moutiers (70 m env.) et de l'avenue des Courlis (60 m env.).</p>	
ENJEUX et OBJECTIFS ENVIRONNEMENTAUX	<p>Etudier et restaurer l'hydrologie du bassin du Port Royal afin de retrouver des écoulements plus naturels.</p> <p>Restaurer les profils de berges et limiter leur artificialisation afin de retrouver une « naturalité » et une diversité hydromorphologique, supports de biodiversité.</p> <p>Pour les riverains : s'approprier le Port Royal comme cours d'eau : fonctionnement, bonnes pratiques, risques et devoirs.</p>	
ENJEUX et OBJECTIFS POUR LA PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS	<p>Réduire l'aléa inondation à l'échelle du bassin versant. Ecrêter les débits de pointe et favoriser la rétention en restaurant des zones d'expansion de crue.</p> <p>Améliorer les écoulements en contexte urbain et notamment agir sur les ouvrages hydrauliques en présence (redimensionnement, suppression de l'ouvrage...).</p> <p>Améliorer la débitance du cours d'eau par le remodelage des profils en travers en gagnant un espace de liberté latéral (notamment dans les fonds de jardin)</p>	

5.9 DESCRIPTION DES TRAVAUX D'AMENAGEMENTS RETENUS SUR LE BASSIN VERSANT DU PORT ROYAL

Seuls les aménagements faisant l'objet du présent dossier réglementaire sont décrits ci-dessous.

5.9.1 Remodelage hydromorphologique des berges entre la rue des Moutiers et la rue de Port Royal (aménagement 5)

Cet aménagement est soumis à autorisation au titre de la loi sur l'eau.

La demande d'étude au cas par cas est fournie en annexe.

a) Description

En aval de l'ouvrage de franchissement de la rue des Moutiers jusqu'en amont de la rue de Port Royal, le lit du cours d'eau est relativement étroit (absence de lit moyen) et les berges sont hautes. Le cours d'eau est contraint de part et d'autre par des habitations et par les fonds de jardins ceinturés par des clôtures et des murs. La morphologie fortement dégradée du cours d'eau laisse apparaître par endroit les fondations des murs (érosion de berge).

Le remodelage des berges permettra également de restaurer la qualité morphologique du cours d'eau.

D'autre part, ce secteur est vulnérable aux aléas inondations : des débordements sont observés en situation actuelle pour une crue trentennale.

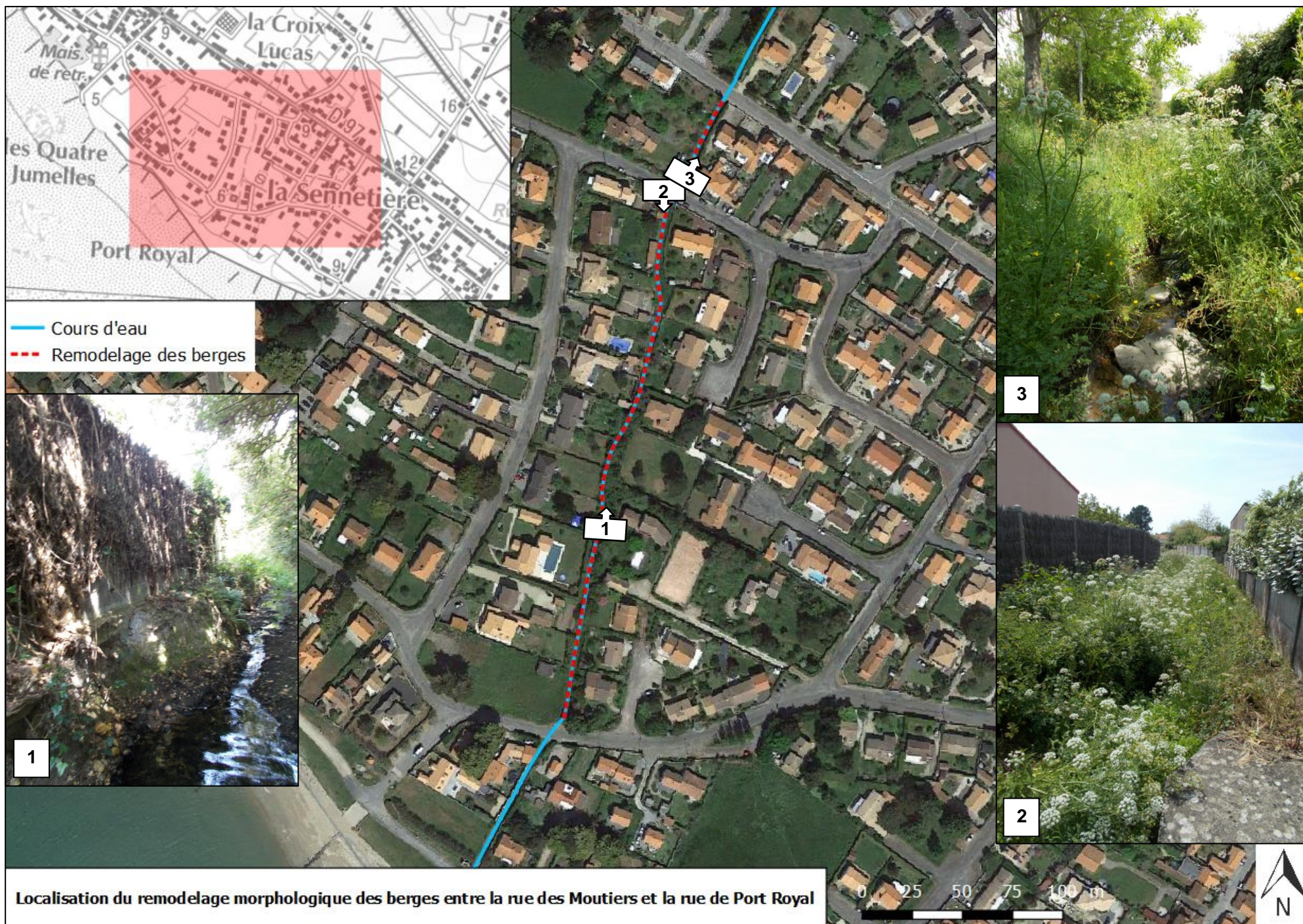
Des bajoyers sont présents à l'amont et l'aval des deux ouvrages de franchissement (rue des Moutiers et avenue des Courlis). Ces bajoyers seront supprimés, les berges seront structurées par les caisses en gabions.

Il est proposé de reprofiler le tronçon sur un linéaire d'environ 300 ml. Le remodelage des berges par terrassement sera privilégié et cherchera tant que possible à diversifier les habitats potentiels. Néanmoins, compte tenu du faible espace disponible et des murs / clôtures en présence, un soutènement des berges en gabion est nécessaire sur certains tronçons.

En aval du profil en travers n°15 jusqu'à la rue de Port Royal, le remodelage de berges se fera uniquement en terrassement. Les travaux seront moins ambitieux car la capacité du lit est satisfaisante, ils viseront donc à améliorer l'état des berges (retalutage, ripisylve).

Les profils de berges feront apparaître des hauteurs de berges plus faibles et un lit moyen, permettant d'augmenter la section d'écoulement du cours d'eau.

Le fond du lit mineur du cours d'eau ne sera pas modifié.



b) Modalités d'intervention

Le remodelage de berges est situé sur des tronçons de cours d'eau qui ne sont pas directement accessible depuis la berge (parcelles privées avec habitation).

Le remodelage devra être réalisé avec de petits engins afin de cheminer directement dans le lit mineur du cours d'eau. Ces opérations seront effectuées en période d'étiage, néanmoins une vigilance devra être portée pendant la durée des travaux en cas de d'événements pluvieux intenses ou de potentielle pollution accidentelle.

L'installation de la plateforme de stationnement pourra s'implanter sur la parcelle communale située en aval du chantier à la rue de Port Royal. L'abattage d'arbres est à prévoir en rive droite entre la rue des Moutiers et l'avenue des Courlis. Les déblais produits par les travaux de terrassement devront être évacués vers une filière adaptée.

Les modalités d'intervention pour ce secteur de travaux devront se dérouler de la manière suivante :

- Abattage d'arbres, déplacement des clôtures si possible, et suppression des bajoyers au niveau des ouvrages ;
- Remodelage des berges ;
- Travaux de revégétalisation ;
- Remise en état des clôtures.



c) Définition des aménagements d'accompagnement

Sans objet.

d) Missions préalables et complémentaires

Des relevés topographiques ont déjà été réalisés sur ce secteur (profils en travers). A ce stade, aucun relevé topographique supplémentaire n'est nécessaire.

Une analyse des terres à évacuer sera à réaliser afin de définir le devenir des déblais d'évacuation (réutilisation pour des travaux de remblais, filière de traitement, stockage...).

Une déclaration de travaux devra être réalisée afin de recenser les réseaux existants sur le secteur.

5.9.2 Modification de l'ouvrage de franchissement de la rue de Port Royal (aménagement 4)

La déclaration d'existant de l'ouvrage est fournie en annexe.

a) Description

Le busage sur l'aval du Port Royal s'étend de l'amont de la rue de Port Royal jusqu'à l'exutoire de l'émissaire. L'entrée et l'exutoire correspondent à une buse en diamètre 1000 mm.

Quelques mètres en aval de cette entrée, une réduction de la hauteur est visible passant de 1 m à 80 cm environ. La succession cadre/buse représente ponctuellement une réduction de section pénalisante pour les capacités d'écoulement au sein de l'ouvrage et créant une perte de charge singulière importante.

Une inspection télévisée a été réalisée en décembre 2020 sur l'ensemble du busage. Elle met en évidence la présence d'une section rectangulaire en maçonnerie à 3 m en aval de l'entrée et s'étendant sur 3.2 m. Aucun autre changement de section n'a été mis en évidence sur le reste du busage. L'inspection télévisée réalisée ne permet pas de déterminer les dimensions et la continuité au niveau du fil d'eau.

Le Maître d'Ouvrage souhaite dimensionner l'ouvrage de franchissement de la rue du Port Royal pour une crue centennale.

Il est proposé de remplacer le tronçon busé correspondant au franchissement de la rue de Port Royal par un dalot rectangulaire d'une longueur de 9 ml et de dimension 1.50 x 0.70 m (largeur x hauteur). Le busage initial est raccourci d'environ 2 m. Le gabarit du cours d'eau sera donc prolongé jusqu'à l'amont de l'ouvrage.

Le radier de l'ouvrage est recalé par rapport à la pente du tronçon amont (0.009 m/m). La cote du radier existant à rejoindre à l'aval est de 3.46 mNGF. La cote du radier amont est calée à 3.55 mNGF.

Un entonnement progressif de la section d'écoulement sera à réaliser pour réduire les pertes de charge singulière au niveau de la transition entre le dalot rectangulaire et la buse de Ø1000 mm).



- Cours d'eau
- Réseaux d'eaux pluviales
- ⊙ Regards
- Mise en place d'un dalot rectangulaire
- Reprofilage du cours eau



Changement
de section (2)



Localisation de l'ouvrage de franchissement modifié de la rue du Port Royal

0 5 10 15 20 m



b) Modalités d'intervention

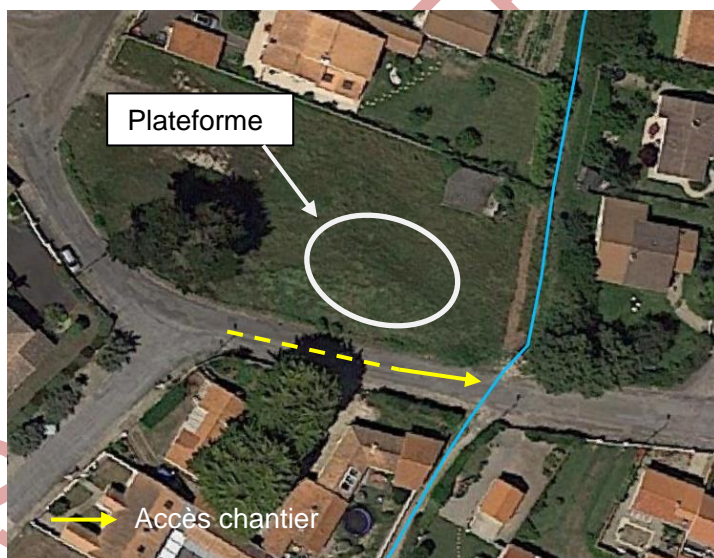
Le redimensionnement de l'ouvrage se situe sur une rue passante (rue de Port Royal) desservant plusieurs habitations. Une déviation devra être mise en place pour la circulation pendant la durée des travaux.

L'installation de la plateforme de stationnement pourra se situer sur la parcelle communale située au niveau du chantier.

Les déblais produits par les travaux de terrassement devront être évacués vers une filière adaptée.

Les modalités d'intervention pour ce secteur de travaux devront se dérouler de la manière suivante :

- Suppression de la couche de couverture ;
- Suppression du busage existant ;
- Installation du nouveau dalot ;
- Mise en œuvre de la couche de couverture.
- Restauration du cours d'eau en amont (~2ml).



c) Définition des aménagements d'accompagnement

Sur les six premiers mètres du busage, l'inspection télévisée a mis en évidence la présence de deux raccordements. L'inspection télévisée a ensuite été interrompue au-delà en raison de la présence d'un amas de branchage. La mise en place du nouvel ouvrage devra prendre en compte les exutoires existants et les réseaux annexe potentiels (télécom, électricité...).

d) Missions préalables et complémentaires

Des relevés topographiques ont déjà été réalisés sur ce secteur (profils en travers du cours en amont, profil en long de la voirie et du chemin piéton). A ce stade de l'étude, aucun relevé topographique complémentaire n'est à prévoir.

Une déclaration de travaux devra être réalisée sur le secteur afin de définir l'implantation précise du réseau d'eaux pluviales et de recenser les réseaux existants.

5.9.3 Remodelage hydromorphologique en aval de la rue des Grands Prés (aménagement 6)

Cet aménagement est soumis à déclaration au titre de la loi sur l'eau.

a) Description

A la hauteur de la Croix Lucas, le cours d'eau du Port Royal est incisé dès l'aval du franchissement routier de la rue des Grands Prés. Cette incision se poursuit vers l'aval sur plus de 50 m avec un tracé en plan rectiligne. Une recharge granulométrique permettrait de rétablir la pente naturelle. Avec une stabilisation du lit et un confortement des berges à hauteur du busage amont, la continuité écologique au droit de l'ouvrage serait alors rétablie.

Une légère sinuosité est apportée au cours d'eau. Un nouveau lit sera recréé et rejoindra le cours d'eau actuel 80 m en aval. La création d'un nouveau lit permettra de reconstituer un matelas alluvial et un gabarit plus adapté. Ces aménagements visent à diversifier les habitats et les écoulements. Le reméandrage du cours d'eau nécessite une emprise latérale sur la parcelle publique en rive droite.

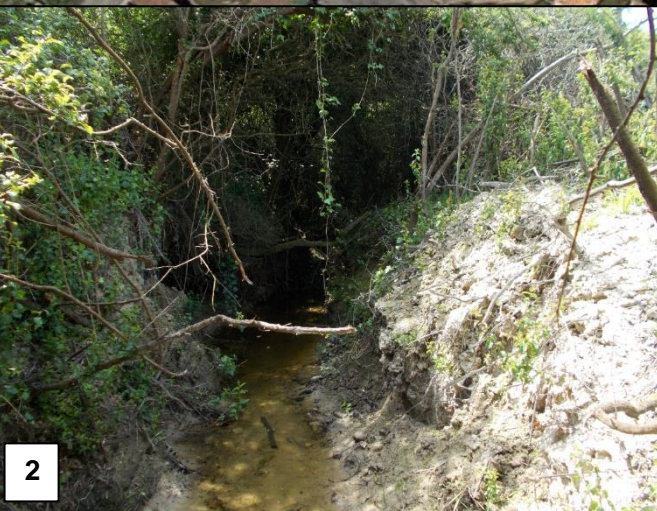
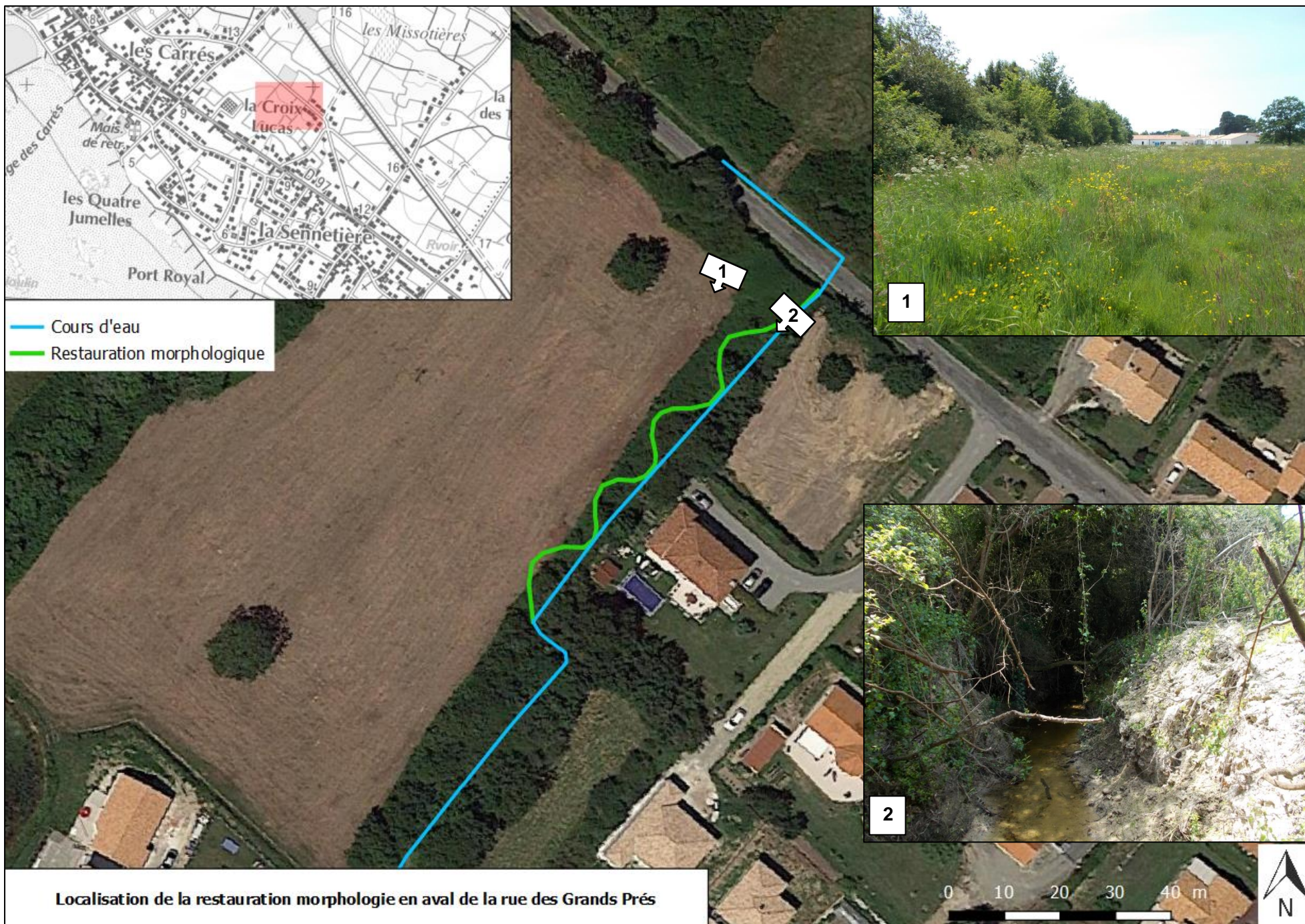
Il semble assez peu probable de compter sur la puissance du cours d'eau pour répartir les matériaux apportés ; ainsi sera-t-il plus pertinent d'envisager, dès leur apport (2 à 3 classes granulométriques), le léger façonnement de bancs alternés, de convexités voire d'une configuration quasi-définitive de la charge de fond.

La renaturation du lit permettra un enlèvement des matériaux en aval immédiat du busage (buses bétons sur la rive droite).

Un projet d'activités de loisirs est prévu sur la parcelle communale. La restauration du cours d'eau devrait apporter une plus-value dans l'intégration paysagère du site. Il sera en effet possible d'aménager un cheminement piéton et une aire de pique-nique le long du cours d'eau.



— Cours d'eau
— Restauration morphologique



Localisation de la restauration morphologie en aval de la rue des Grands Prés



b) Modalités d'intervention

Les travaux de restauration morphologique du cours d'eau se situent sur une parcelle communale.

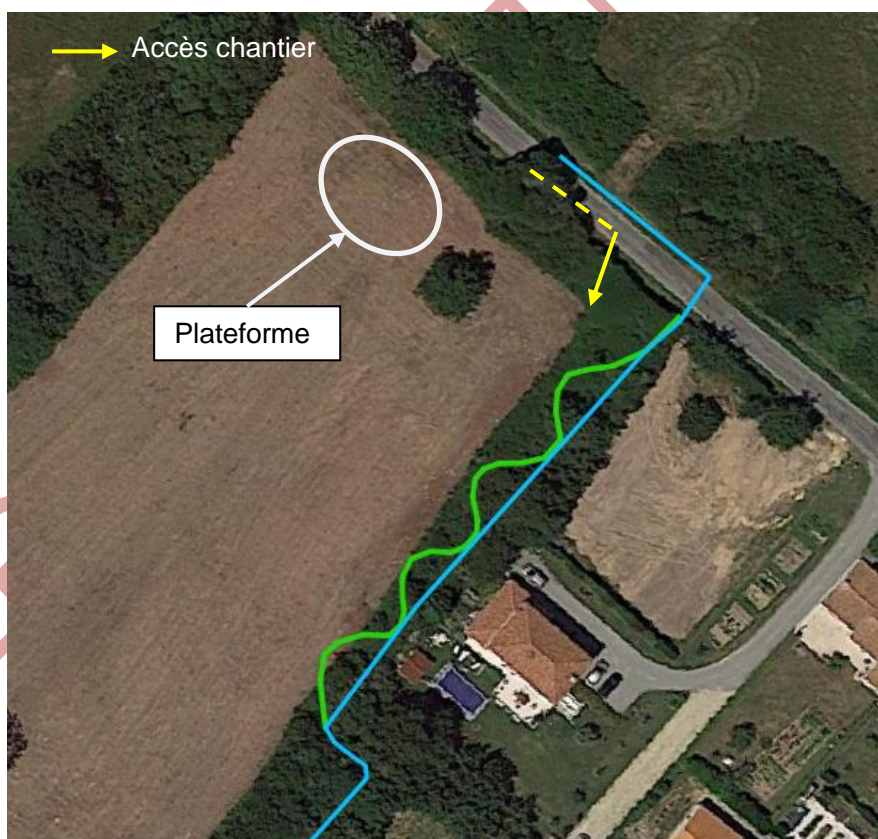
Le cours d'eau est actuellement bordé par une ripisylve arbustive relativement dense. Des travaux préalable d'égagement et d'abattage d'arbres seront à prévoir sur l'emprise du nouveau tracé et pour les accès.

Le tracé du cours d'eau actuel sera conservé pendant les travaux de terrassement du nouveau tracé. Une fois la mise en eau du nouveau lit, le tracé actuel sera comblé avec les produits de déblais. Le reste des déblais devront être évacués vers une filière adaptée.

L'installation de la plateforme de stationnement pourra se situer directement sur la parcelle communale riveraine.

Les modalités d'intervention pour ce secteur de travaux devront se dérouler de la manière suivante :

- Abattage d'arbres et suppression des buses présentes sur la berge (rive droite) ;
- Terrassement du nouveau lit avec le matelas alluvial ;
- Travaux de revégétalisation.



c) Définition des aménagements d'accompagnement

Sans objet.

d) Missions préalables et complémentaires

Des relevés topographiques ont déjà été réalisés sur ce secteur (profils en travers). Des relevés topographiques complémentaires seront nécessaires en lit majeur (rive droite) pour préciser le tracé du reméandrage et les volumes de déblais.

Une analyse des terres à évacuer sera à réaliser afin de définir le devenir des déblais d'évacuation (réutilisation pour des travaux de remblais, filière de traitement, stockage...).

Une analyse granulométrique est à prévoir afin de déterminer la granulométrie adéquate pour la reconstitution du matelas alluvial. Le prélèvement pourra être réalisé dans la couche d'armure du cours d'eau actuel ou sur un cours d'eau de référence analogue.

Une déclaration de travaux devra être réalisée afin de recenser les réseaux existants sur le secteur.

5.10 DESCRIPTION DES TRAVAUX D'AMENAGEMENTS RETENUS SUR LE BASSIN VERSANT DU PONTRÉAU

Seuls les aménagements faisant l'objet du présent dossier réglementaire sont décrits ci-dessous.

5.10.1 Remodelage hydromorphologique et création d'une zone d'expansion dans le camping de l'Ermitage des dunes (aménagements 2 et 3)

Cet aménagement est soumis à déclaration au titre de la loi sur l'eau.

a) Description

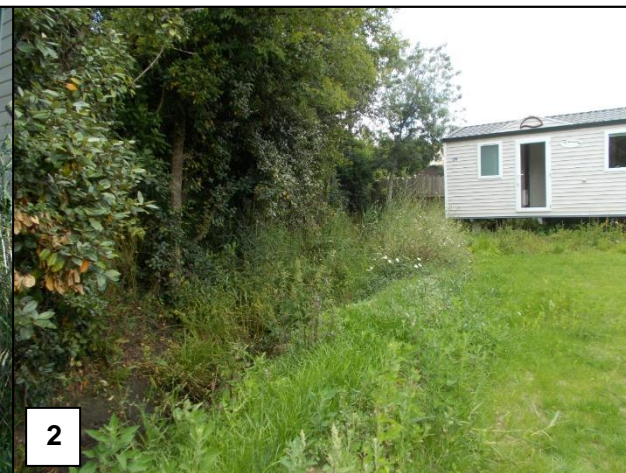
Le tracé du Pontreau situé sur le haut du camping est marqué par deux méandres importants. Sur ce secteur, le cours d'eau est étroit et contraint sur chaque rive par l'urbanisation présente. Les berges artificialisées (palissade en bois en rive droite et merlons en rive gauche) réduisent les capacités d'accueil et les capacités de débordements. Sur ce secteur, le Pontreau déborde régulièrement lors des événements pluvieux intenses, l'eau ruisselle alors à travers le camping inondant les biens présents (sanitaires, mobiles homes...).

Il est proposé de créer un nouveau lit moins anguleux sur environ 65 ml au sein d'une zone d'expansion afin de favoriser les débordements en période de hautes eaux. La pente est de 0.25 %.

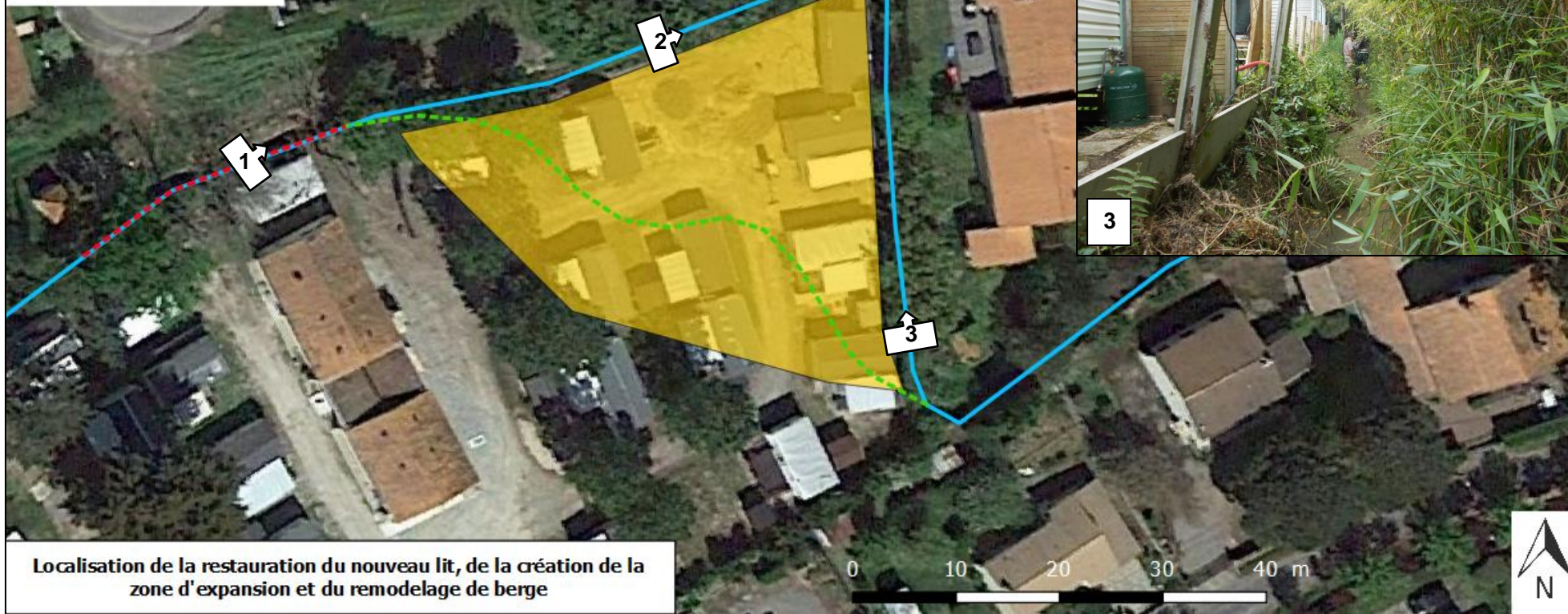
Pour constituer la zone d'expansion, le terrain naturel sera abaissé à une cote de 3.00 mNGF. Le volume à déblayer pour la réalisation de la zone d'expansion est d'environ 675 m³.

La section d'écoulement du tronçon située en aval de la zone d'expansion (décrit avec le profil en travers n°25) est augmentée sur un linéaire d'environ 30 ml.

Cette action vise à améliorer les capacités hydrauliques du cours d'eau en créant une zone d'expansion afin de réduire les inondations dans le camping et sur les parcelles proches et à améliorer les fonctionnalités du cours d'eau (suppression et éloignant des contraintes).



- Cours d'eau
- - - Restauration du lit
- - - Remodelage de berge
- Zone d'expansion



b) Modalités d'intervention

Les travaux sont situés en majorité sur une parcelle privée appartenant au camping de l'Ermitage des dunes. Une partie des travaux sera réalisée sur une parcelle publique située en rive droite au niveau du remodelage de berge (profil en travers n°25). Cette parcelle pourra être utilisée pour le fonctionnement du chantier (stationnement, stockage du matériel...).

La rue des Prises débouche directement sur la parcelle publique et permet d'accéder au chantier. Un autre accès est possible via le camping, son utilisation sera restreinte afin de limiter au maximum les impacts sur le fonctionnement du camping. Environ sept arbres devront être abattus.

Pendant la réalisation des travaux de terrassement, l'écoulement ne sera pas perturbé dans le lit actuel. Un franchissement temporaire pourra être réalisé pour accéder au camping depuis la parcelle publique. Les déblais produits par les travaux de terrassement seront à évacuer vers une filière adaptée.

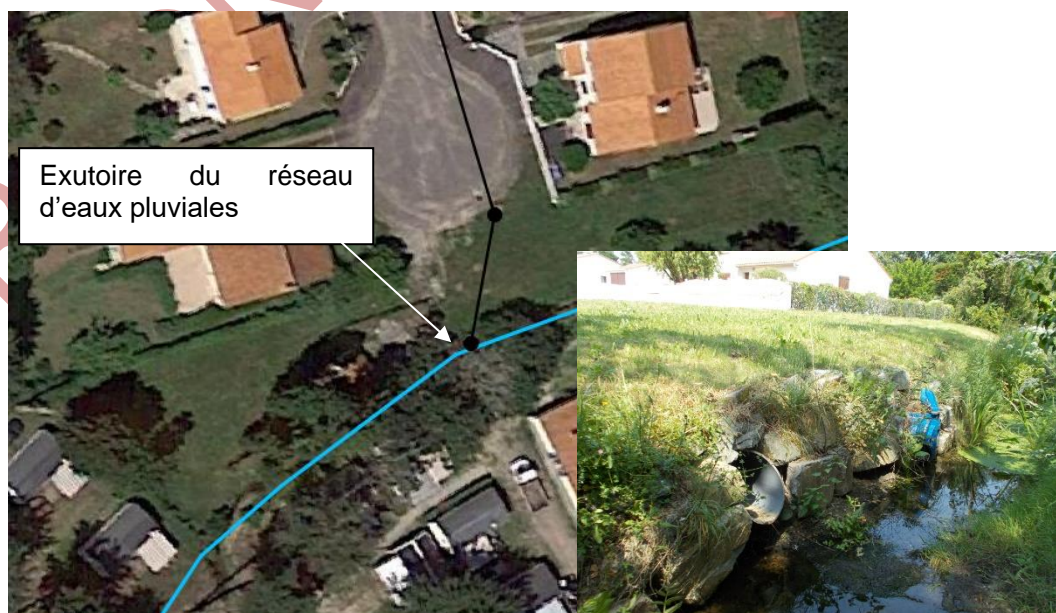
Les modalités d'intervention pour ce secteur de travaux devront se dérouler de la manière suivante. :

- Déplacement de mobil-home en place ;
- Suppression de la clôture et abattage des arbres ;
- Mise en place du franchissement temporaire ;
- Terrassement de la zone d'expansion ;
- Terrassement du nouveau lit ;
- Remodelage en aval de la zone d'expansion ;
- Enlèvement du franchissement temporaire ;
- Travaux de revégétalisation.



c) Définition des aménagements d'accompagnement

Le réseau d'eaux pluviales venant de la rue des Prises vient se rejeter dans le Pontreau au niveau du remodelage des berges. Les exutoires devront être raccourcis en laissant dépasser le rejet par rapport au profil de berge final. Des enrochements viendront soutenir la berge au droit du rejet afin d'éviter l'érosion de la berge.



d) Missions préalables et complémentaires

Des relevés topographiques ont déjà été réalisés sur ce secteur (profils en travers, point en lit majeur). A ce stade de l'étude, aucun relevé topographique complémentaire n'est à prévoir.

Une analyse des terres à évacuer sera à réaliser afin de définir le devenir des déblais d'évacuation (réutilisation pour des travaux de remblais, filière de traitement, stockage...).

Une analyse granulométrique est à prévoir afin de déterminer la granulométrie adéquate pour la reconstitution du matelas alluvial. Le prélèvement pourra être réalisé dans la couche d'armure du cours d'eau actuel.

Une déclaration de travaux devra être réalisée sur le secteur afin de définir l'implantation précise du réseau d'eaux pluviales et de recenser les réseaux existants.

5.10.2 Remodelage hydromorphologique du lit mineur entre la route de la Bernerie et le camping de l'Ermitage des Dunes et resserrement des écoulements au sein de l'ouvrage de franchissement ferroviaire (aménagement 4)

Cet aménagement est soumis à déclaration au titre de la loi sur l'eau.

a) Description

Le lit mineur du Pontreau est relativement étroit et contraint par l'urbanisation dans la traversée de la zone urbaine. Les habitations situées à proximité du cours d'eau sont soumises aux aléas inondations lors des événements pluvieux intenses. Les capacités hydrauliques du cours d'eau ne sont pas suffisantes par rapports aux apports hydrologiques provenant des bassins versants amont, entraînant ainsi des débordements en lit majeur.

Il est préconisé d'augmenter la section hydraulique du cours d'eau sur 3 tronçons, de l'amont vers l'aval :

- Entre la route de la Bernerie et la voie ferrée sur un linéaire de 68 ml ;
- Entre la voie ferrée et la rue du Pré long sur un linéaire de 87 ml ;
- Entre la rue du Pré long et le camping sur un linéaire de 95 ml.

Le remodelage hydromorphologique des berges permettra également de restaurer la qualité morphologique du cours d'eau.

Le cours d'eau est bordé de part et d'autre par des parcelles privées (présence de murs). Des échanges devront être initiés auprès de chaque propriétaire dans le cadre du projet.

Le remodelage des berges par terrassement sera privilégié et cherchera tant que possible à diversifier les habitats potentiels. Néanmoins, compte tenu du faible espace disponible et des murs / clôtures en présence, un soutènement des berges en gabion est nécessaire sur un linéaire de 171 m en aval de la rue du Pré Long.

Le reste des berges, soit 174 ml, seront remodelées par terrassement. Les profils de berges feront apparaître des hauteurs de berges plus faibles et un lit moyen, permettant d'augmenter la section d'écoulement du cours d'eau.

Le remodelage des berges vise à améliorer les capacités hydrauliques du cours d'eau afin de réduire les débordements en lit majeur et d'apporter une diversité d'habitats.

Le fond du lit mineur du cours d'eau ne sera pas modifié.

La continuité écologique de l'ouvrage de franchissement ferroviaire est dégradée. La lame d'eau s'étale sur le radier béton des trois dalots constituant cet ouvrage. Il est proposé de mettre en place des barrettes submersibles au sein de l'ouvrage et sur le radier béton aval. Ce dispositif permet de concentrer les écoulements à l'étiage au sein d'un seul dalot et sur le radier béton aval afin d'obtenir un tirant d'eau suffisant pour la petite faune aquatique.

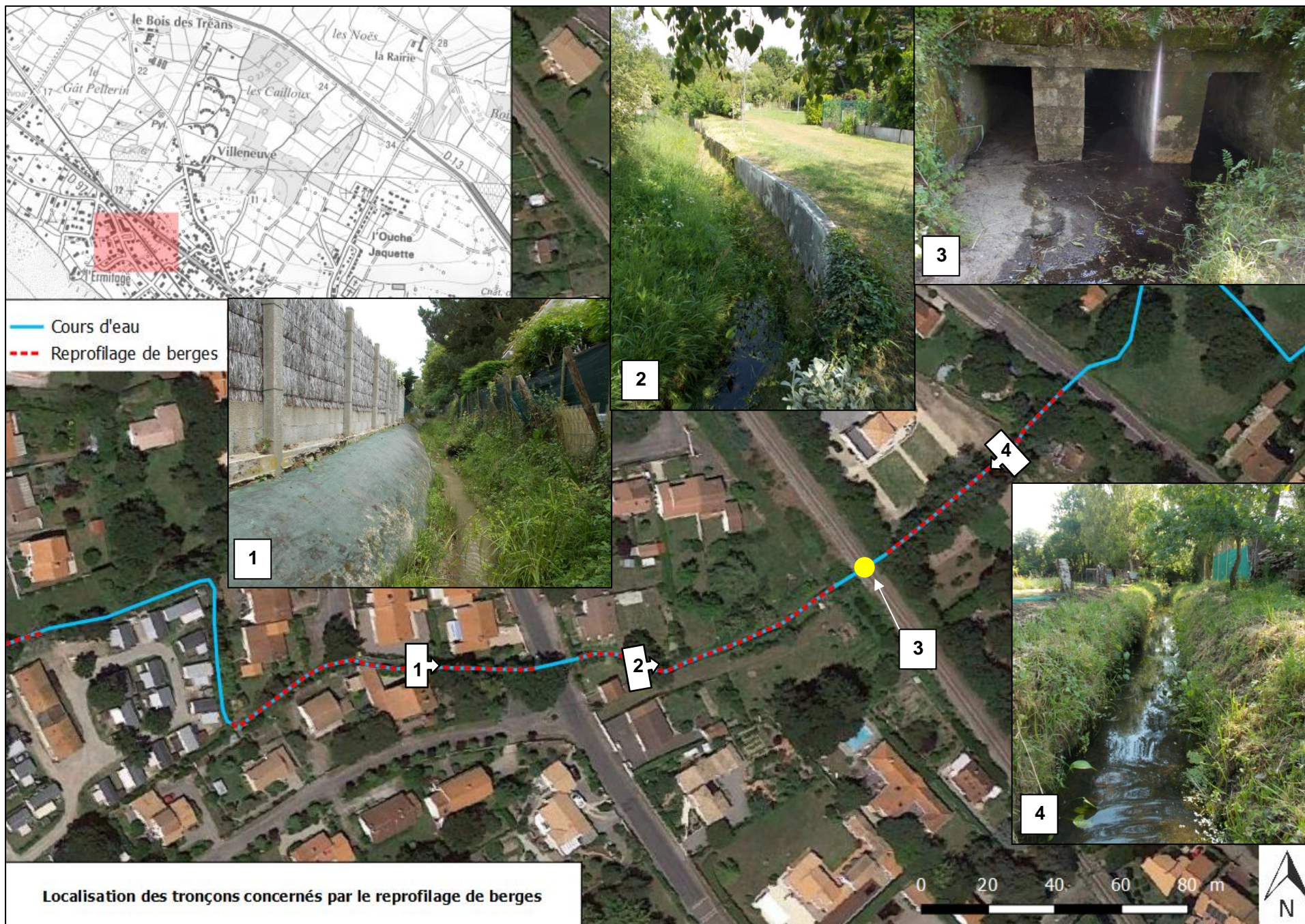
Dans notre cas, la largeur d'un dalot est de 63 cm. Selon l'abaque proposée par la fédération départementale de pêche du département de la Manche, il est préconisé de mettre en place des barrettes aux caractéristiques suivantes (cf abaque).

Pose de déflecteurs Offsets											
Abaque											
D	a	b	c	d	e	g	f	hauteur*	Petits	Grands (hors biseau)	
coef	0,260	0,125	0,495	0,380	1,120	0,275	0,238	0,096	0,380	0,990	
40 cm	10 cm	5 cm	20 cm	15 cm	45 cm	11 cm	10 cm	30 cm	15 cm	40 cm	
50 cm	13 cm	6 cm	25 cm	19 cm	56 cm	14 cm	12 cm	30 cm	19 cm	50 cm	
60 cm	16 cm	8 cm	30 cm	23 cm	67 cm	17 cm	14 cm	30 cm	23 cm	59 cm	
70 cm	18 cm	9 cm	35 cm	27 cm	78 cm	19 cm	17 cm	30 cm	27 cm	69 cm	
80 cm	21 cm	10 cm	40 cm	30 cm	90 cm	22 cm	19 cm	30 cm	30 cm	79 cm	
90 cm	23 cm	11 cm	45 cm	34 cm	101 cm	25 cm	21 cm	30 cm	34 cm	89 cm	
100 cm	26 cm	13 cm	50 cm	38 cm	112 cm	28 cm	24 cm	30 cm	38 cm	99 cm	
110 cm	29 cm	14 cm	54 cm	42 cm	123 cm	30 cm	26 cm	30 cm	42 cm	109 cm	
120 cm	31 cm	15 cm	59 cm	46 cm	134 cm	33 cm	29 cm	30 cm	46 cm	119 cm	
130 cm	34 cm	16 cm	64 cm	49 cm	146 cm	36 cm	31 cm	30 cm	49 cm	129 cm	
140 cm	36 cm	18 cm	69 cm	53 cm	157 cm	39 cm	33 cm	30 cm	53 cm	139 cm	
150 cm	39 cm	19 cm	74 cm	57 cm	168 cm	41 cm	36 cm	30 cm	57 cm	149 cm	
160 cm	42 cm	20 cm	79 cm	61 cm	179 cm	44 cm	38 cm	30 cm	61 cm	158 cm	
170 cm	44 cm	21 cm	84 cm	65 cm	190 cm	47 cm	41 cm	30 cm	65 cm	168 cm	
180 cm	47 cm	23 cm	89 cm	68 cm	202 cm	50 cm	43 cm	30 cm	68 cm	178 cm	
190 cm	49 cm	24 cm	94 cm	72 cm	213 cm	52 cm	45 cm	30 cm	72 cm	188 cm	
200 cm	52 cm	25 cm	99 cm	76 cm	224 cm	55 cm	48 cm	30 cm	76 cm	198 cm	

*Hauteur des déflecteurs : 30 cm jusqu'aux ponts de 3,20 m de large. Au-delà, appliquer le coefficient 0,096.
Épaisseur minimale des déflecteurs : 15 cm.

Le rétablissement de la continuité de l'ouvrage par une recharge granulométrique à l'aval n'a pas été retenue pour les raisons suivantes :

- Emprise trop faible pour répondre à la fois aux problématiques inondations et à la restauration des milieux aquatiques ;
- Enjeux piscicoles faibles compte tenus des clapets anti-retour aux émissaires.



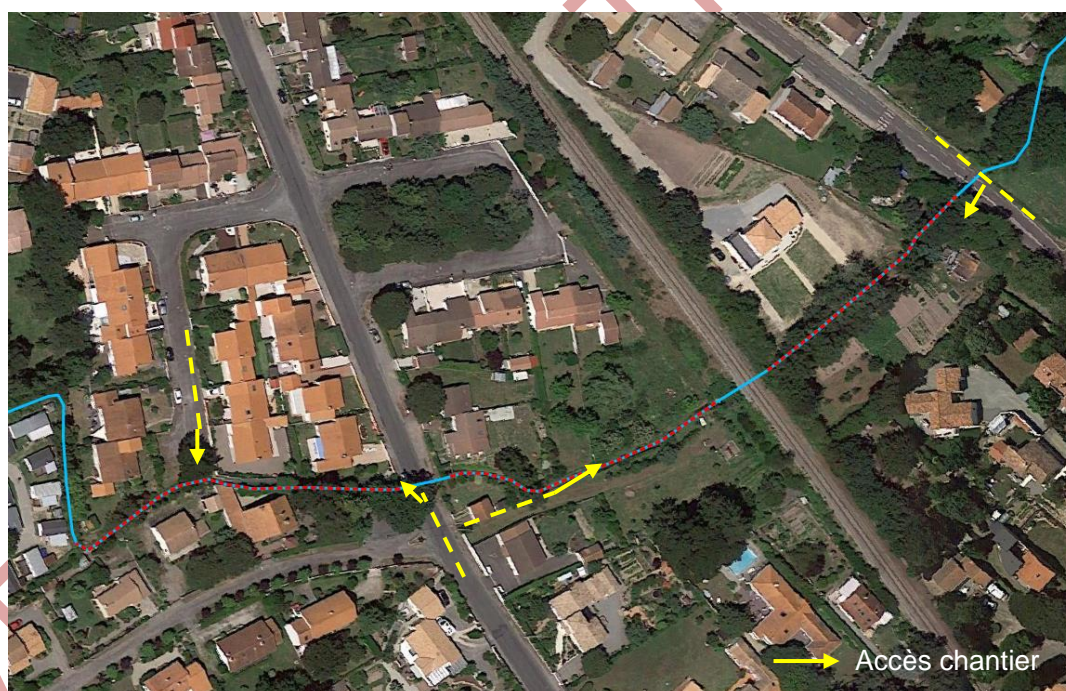
b) Modalités d'intervention

Les travaux de remodelage de berges sont situés sur des parcelles privées. Les accès pour les tronçons à l'amont seront situés sur des parcelles privées. Des accords avec les propriétaires riverains devront être établis. Des clôtures pourront être amenées à être déplacées pour la réalisation des travaux. L'installation de la plateforme de stationnement devra se situer sur une parcelle publique à proximité du chantier (par exemple parcelle près de la route de la Bernerie).

Les déblais produits par les travaux de terrassement devront être évacués vers une filière adaptée.

Les modalités d'intervention pour ce secteur de travaux devront se dérouler de la manière suivante :

- Déplacement de clôtures, suppression des protections de berges, abattages d'arbres.
- Terrassement des berges ;
- Intervention sur l'ouvrage de franchissement ferroviaire (pose des barrettes offsets) ;
- Travaux de revégétalisation.



c) Définition des aménagements d'accompagnement

Des exutoires de réseaux d'eaux pluviales (publics et privés) sont présents sur ces tronçons. Un réaménagement de ces exutoires est à prévoir (raccourcissement, enrochement de soutènement...).

d) Missions préalables et complémentaires

Des relevés topographiques ont déjà été réalisés sur ce secteur (profils en travers). A ce stade, aucun relevé topographique supplémentaire n'est nécessaire.

Une analyse des terres à évacuer sera à réaliser afin de définir le devenir des déblais d'évacuation (réutilisation pour des travaux de remblais, filière de traitement, stockage...).

Une déclaration de travaux devra être réalisée afin de recenser les réseaux existants sur le secteur.

5.10.3 Remodelage hydromorphologique et création d'une zone d'expansion en amont de la route de la Bernerie (aménagement 5)

Cet aménagement est soumis à déclaration au titre de la loi sur l'eau.

a) Description

Les parcelles communales en amont de la route de la Bernerie (n°039 et n°376) connaissent déjà des débordements lors des crues. Les habitations présentes en rive droite sont situées dans un point bas, ce qui favorise les inondations de ces bâtiments en cas de débordements du cours d'eau.

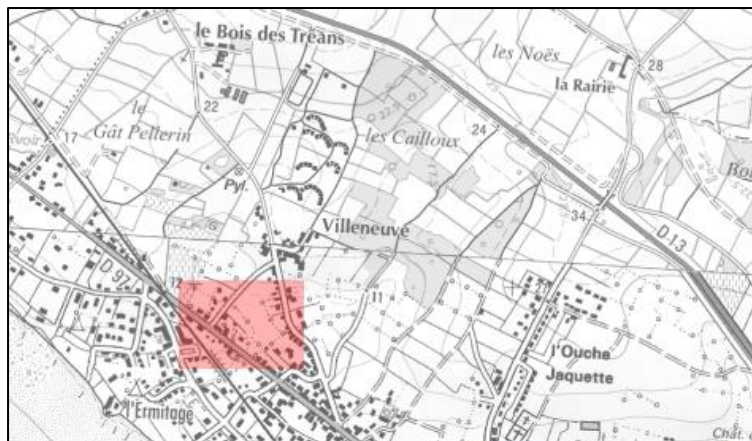
Il est proposé, tout d'abord, de supprimer le busage présent au milieu de la parcelle. Cet ouvrage n'a pas d'usage particulier.

Pour améliorer les capacités de rétention de la parcelle, il est proposé de déblayer une partie du lit majeur. Le volume de déblaiement s'élève à 3100 m³. La cote de terrassement s'élève de 5.3 à 6.2 mNGF, de l'aval vers l'amont. Un reméandrage du lit est prévu au sein de la parcelle déblayée sur environ 122 ml au sein de la zone d'expansion afin de favoriser les débordements en période de hautes eaux.

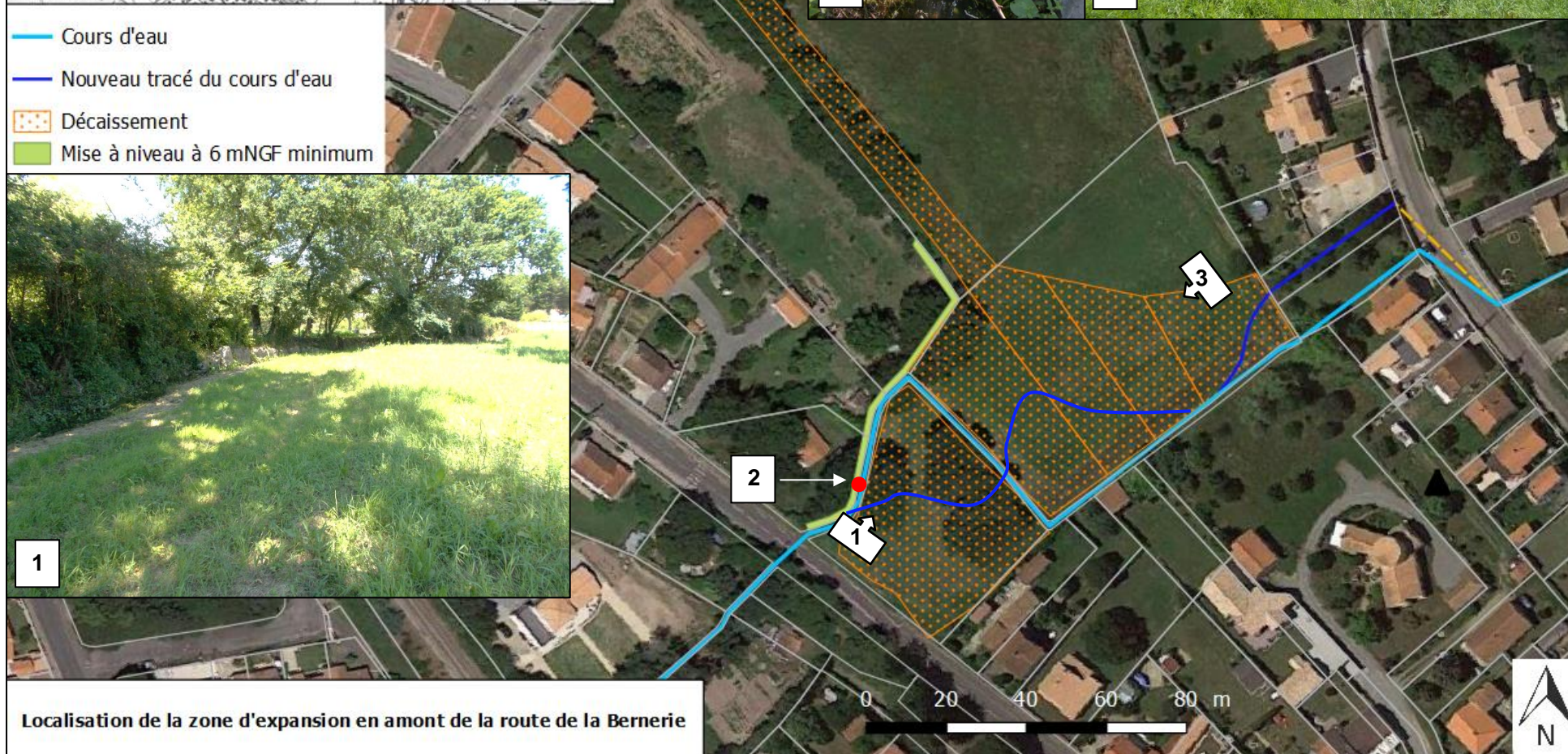
Un fossé provenant du chemin de la Bourdaine vient rejoindre le Pontreau en limite des parcelles n°46 et n°376. Un décaissement en rive gauche est proposé afin de limiter le débordement en rive droite vers les habitations.

Une mise à niveau du terrain naturel à un minimum de 6 mNGF le long de la parcelle privée n°40 et n°41 évitera le débordement de la zone d'expansion vers les parcelles privées. Une buse est présente en rive droite du cours d'eau, elle permet d'évacuer les eaux de ruissellement provenant de la parcelle située dans un point bas. Un clapet anti-retour au niveau de cet exutoire devra être installé afin d'éviter les remontées d'eau dans la parcelle privée compte tenu de l'augmentation des niveaux dans la parcelle communale.

Cette action vise à améliorer les capacités de rétention de la parcelle et d'écarter l'hydrogramme de crue. Un système de protection individuel devra être prévu pour les habitations en rive droite afin de le protéger des inondations pour des aléas exceptionnels.



- Cours d'eau
- Nouveau tracé du cours d'eau
- Décaissement
- Mise à niveau à 6 mNGF minimum



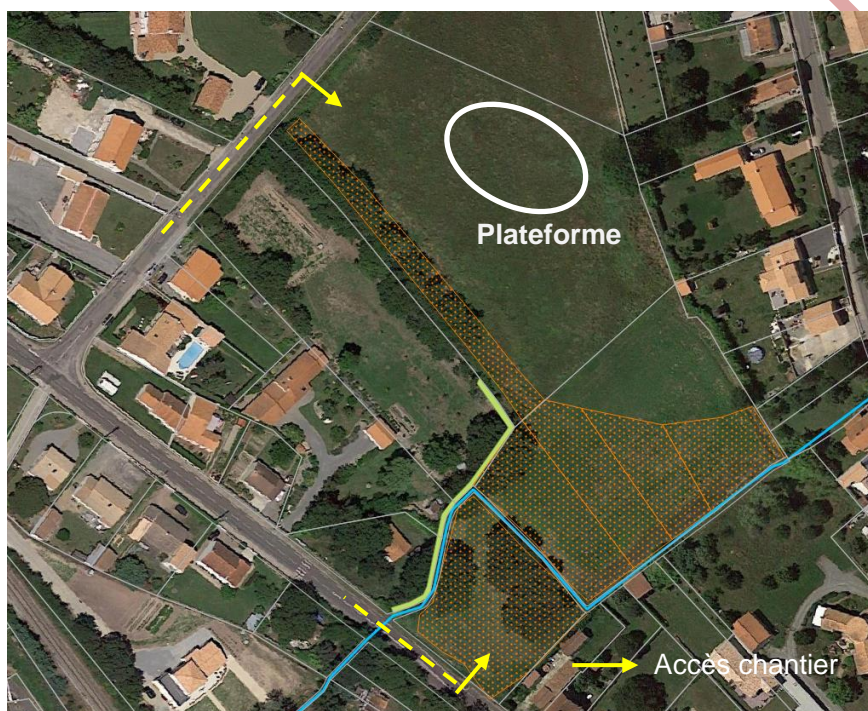
Localisation de la zone d'expansion en amont de la route de la Bernerie

b) Modalités d'intervention

Les travaux de terrassement se situent sur des parcelles communales. L'accès à ces parcelles peut se faire par la route de la Bernerie ou par le chemin de la Bourdaine. L'installation de la plateforme de stationnement pourra se situer sur la parcelle communale.

Les déblais produits par les travaux de terrassement devront être évacués vers une filière adaptée.

Les modalités d'intervention pour ce secteur de travaux devront se dérouler de la manière suivante : Terrassement des parcelles et du nouveau lit puis revégétalisation (berges et lit majeur).



c) Définition des aménagements d'accompagnement

A ce stade, aucun réseau n'a été identifié sur ce secteur.

d) Missions préalables et complémentaires

Des relevés topographiques ont déjà été réalisés sur ce secteur (profils en travers). Des relevés topographiques supplémentaires en lit majeur (semis de points) permettront d'affiner le terrassement de la zone.

Une analyse des terres à évacuer sera à réaliser afin de définir le devenir des déblais d'évacuation (réutilisation pour des travaux de remblais, filière de traitement, stockage...).

Une déclaration de travaux devra être réalisée afin de recenser les réseaux existants sur le secteur.

5.10.4 Remise à ciel ouvert du busage traversant la route du Bois des Tréans et redimensionnement de l'ouvrage de franchissement (aménagement 6)

Cet aménagement à déclaration au titre de la loi sur l'eau.

La déclaration d'existence de l'ouvrage est fournie en annexe.

a) Description

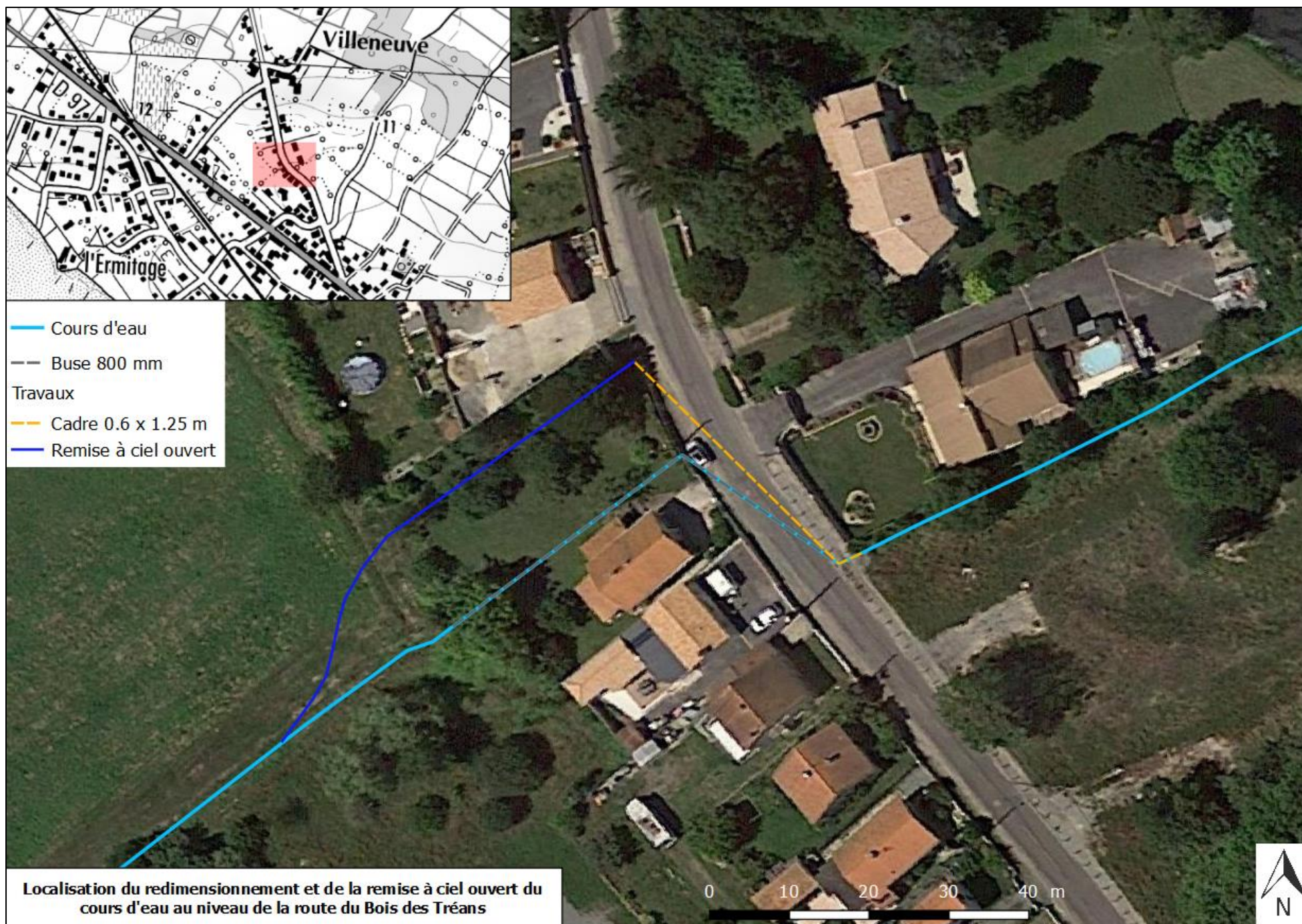
Le Pontreau est canalisé au niveau du franchissement de la route du Bois des Tréans par une buse en béton de diamètre 800 mm sur un linéaire de 63 ml. Ce busage se met rapidement en charge et provoque une surverse au niveau de la voirie et des débordements en lit majeur.

La parcelle 360 est en cours d'acquisition par la commune. La remise à ciel ouvert du cours d'eau peut être envisagée sur cette parcelle. Actuellement, le cours d'eau canalisé se situe sur la parcelle attenante en rive gauche. Le bras restauré rejoindra ensuite le cours d'eau actuel en aval de la parcelle 360.

Il est donc proposé de :

- Remettre à ciel ouvert le cours d'eau sur la parcelle en aval de la route du Bois des sur un linéaire de 37 ml.
- Remplacer l'ouvrage de franchissement (buse en diamètre 800 mm) par un cadre en béton de dimension (H/L) 0.60 x 1.25 m sur un linéaire de 28 ml.

Cette action vise à améliorer les capacités hydrauliques de l'ouvrage de franchissement de la route du Bois des Tréans en vue de réduire les débordements et les mises en charge du réseau.



b) Modalités d'intervention

La remise à ciel ouvert se situe sur une parcelle en cours d'acquisition par la commune. Actuellement, un jardin est présent sur la parcelle, quelques arbres seront à abattre. Un muret longe la route du Bois des Tréans et un grillage longe la parcelle communale en aval, ces clôtures pourront, après accord avec la commune, soit supprimées ou remises en état après le chantier. Un portail permet d'accéder à la parcelle, aucune clôture ne limite la parcelle en rive gauche, un mur sépare la parcelle en rive droite.

Le redimensionnement de l'ouvrage se situe sur une rue passante desservant plusieurs habitations. Une déviation devra être mise en place pour la circulation pendant la durée des travaux.

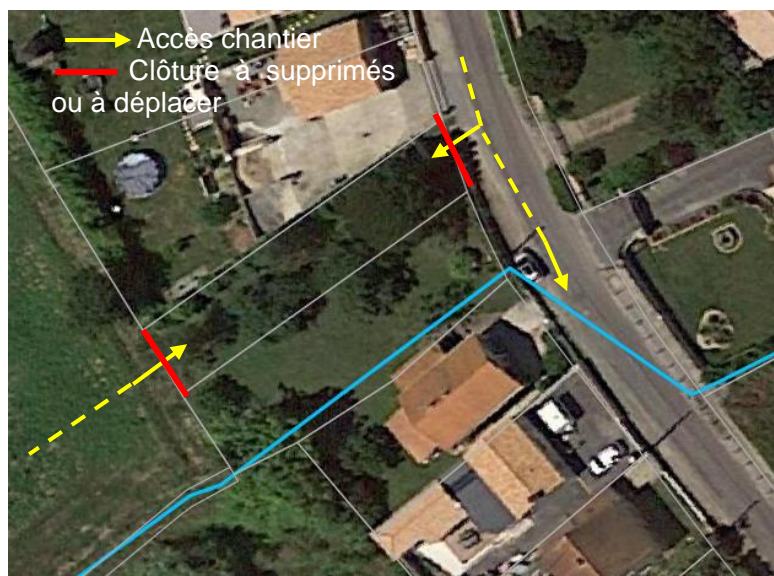
L'accès au secteur de travaux pourra se faire directement via la route du Bois des Tréans ou par la parcelle communale en aval. L'installation de la plateforme de stationnement pourra se situer sur la parcelle communale située en aval du chantier.

Il conviendra de réaliser d'abord le redimensionnement de l'ouvrage. La remise à ciel ouvert du cours d'eau pourra se faire en même temps que le décaissement sur la parcelle communale à l'aval.

Les déblais produits par les travaux de terrassement devront être évacués vers une filière adaptée.

Les modalités d'intervention pour ce secteur de travaux devront se dérouler de la manière suivante :

- Abattage des arbres, déplacement ou suppression des clôtures ;
- Remise à ciel ouvert du cours d'eau ;
 - Déblaiement de la couche de couverture (parcelle) ;
 - Suppression du busage existant ;
 - Terrassement du nouveau lit du cours d'eau ;
- Redimensionnement de l'ouvrage de franchissement ;
 - Suppression de la couche de couverture ;
 - Suppression du busage existant ;
 - Installation du nouveau dalot ;
 - Mise en œuvre de la couche de couverture.
- Travaux de revégétalisation.



c) Définition des aménagements d'accompagnement

A ce stade, aucun réseau n'a été identifié sur ce secteur.

d) Missions préalables et complémentaires

Aucun relevé topographique n'a été réalisé sur ce secteur. Des relevés topographiques seront nécessaires en lit majeur (semis de points) afin préciser le tracé proposé.

Une analyse des terres à évacuer sera à réaliser afin de définir le devenir des déblais d'évacuation (réutilisation pour des travaux de remblais, filière de traitement, stockage...).

Une analyse granulométrique est à prévoir afin de déterminer la granulométrie adéquate pour la reconstitution du matelas alluvial. Le prélèvement pourra être réalisé dans la couche d'armure du cours d'eau actuel.

Une déclaration de travaux devra être réalisée afin de recenser les réseaux existants sur le secteur.

5.10.5 Création d'une zone de rétention en zone humide et rétablissement du lit d'origine en fond de vallée au chemin des Perrières (aménagement 7)

Cet aménagement est soumis à déclaration au titre de la loi sur l'eau.

La déclaration d'existence de l'ouvrage est fournie en annexe.

a) Description

En amont du chemin des Perrières, le cours d'eau a subi d'anciens travaux de recalibrage et de rectification. Le tracé est rectiligne et longe le chemin des Perrières. Le cours d'eau est relativement étroit et peu profond. Plusieurs passages busés ont été observés pour accéder aux parcelles en rive gauche. La ripisylve arbustive est plutôt dense.

A son débouché au chemin des Perrières, le bassin versant représente un apport hydrologique de 43 % des apports totaux, provoquant notamment des inondations sur l'aval du cours d'eau.

Les parcelles acquises récemment par la commune près du chemin des Perrières sont favorables à la restauration de la zone humide. La superficie totale est de 3.7 ha. La zone humide prévue serait en connexion avec les zones boisées situées en amont permettant un accès direct par les espèces présentes.

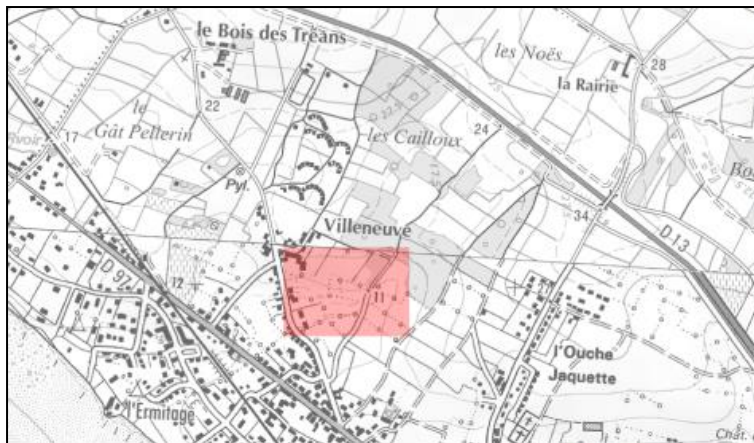
Dans l'objectif d'améliorer la qualité morphologique du cours d'eau, il est proposé de :

- Reméandrer le tronçon amont rectiligne situé sur la parcelle ;
- Diversifier les faciès d'écoulements ;
- Améliorer les connexions avec les mares présentes ;
- Modifier les passages busés (différentes possibilités selon les usages : remise à ciel ouvert, pose de passerelle, dimensionnement d'un pont cadre...).

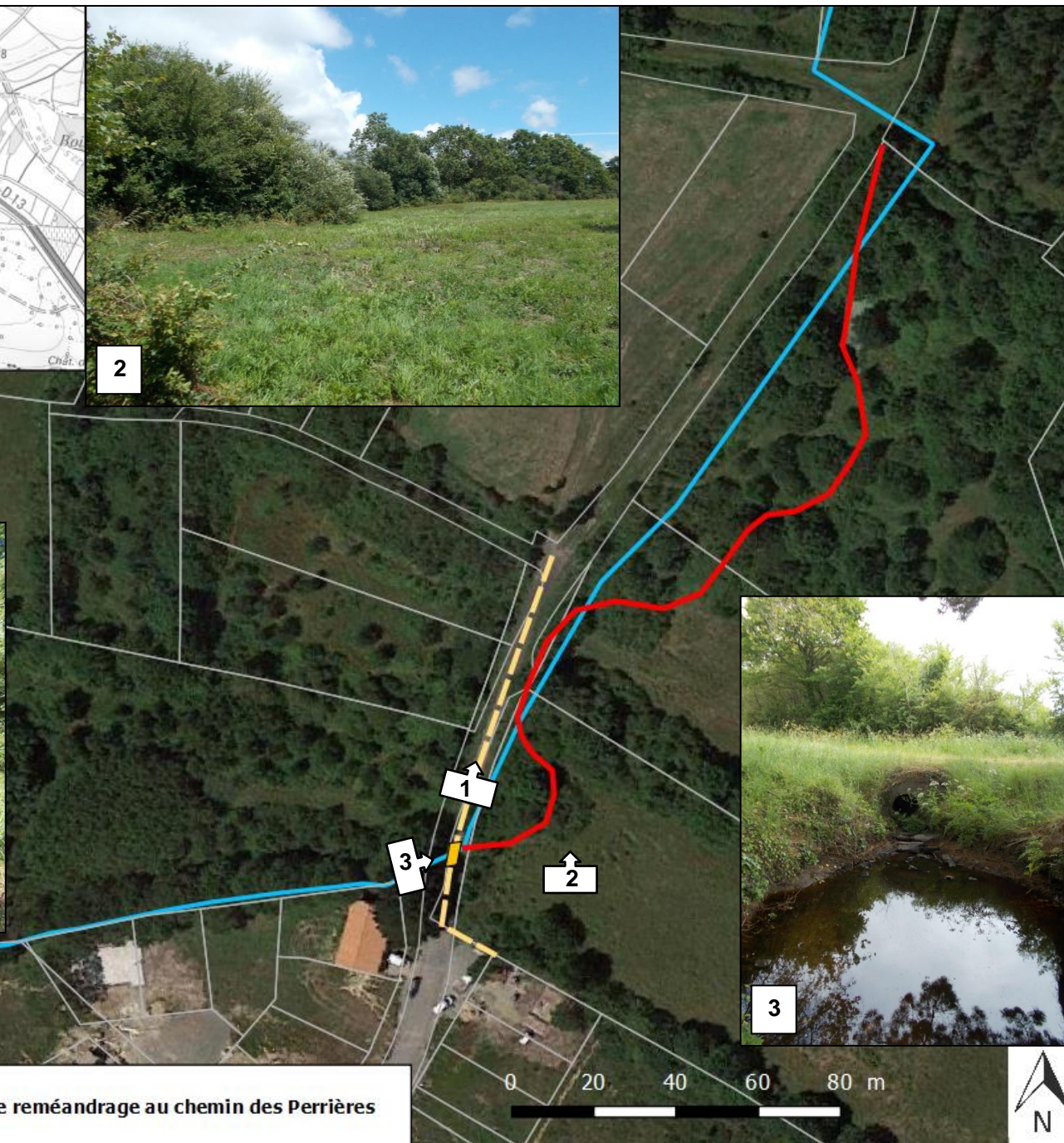
Cette action vise à diversifier les habitats et à favoriser le développement de la biodiversité dans un cadre péri-urbain. Ces travaux contribuent à améliorer également les capacités de rétention de la zone humide (ralentissement des écoulements, connexion avec des mares...) en vue de réguler les apports d'eaux pluviales, provenant notamment de la route Bleue.

Afin de limiter les apports provenant de ce bassin versant, un volume utile à la zone de rétention pour une crue trentennale est de 2000 m³ avec un débit de fuite de 1.0 m³/s. Une réhausse de la route à 11 mNGF permet d'améliorer la capacité de rétention de la zone.

L'ouvrage de régulation vise à garantir un écrêtement et un laminage des crues.



- Cours d'eau
- Ouvrage de régulation et de surverse
- Restauration morphologique du cours d'eau
- Réhausse du chemin



Localisation de la zone de rétention et des travaux de reméandrage au chemin des Perrières

b) Modalités d'intervention

Les travaux de restauration morphologiques se situent sur des parcelles communales. Le cours d'eau est bordé par une ripisylve arbustive relativement dense, ce qui impliquera nécessairement des travaux de défrichage et d'abattage d'arbres.

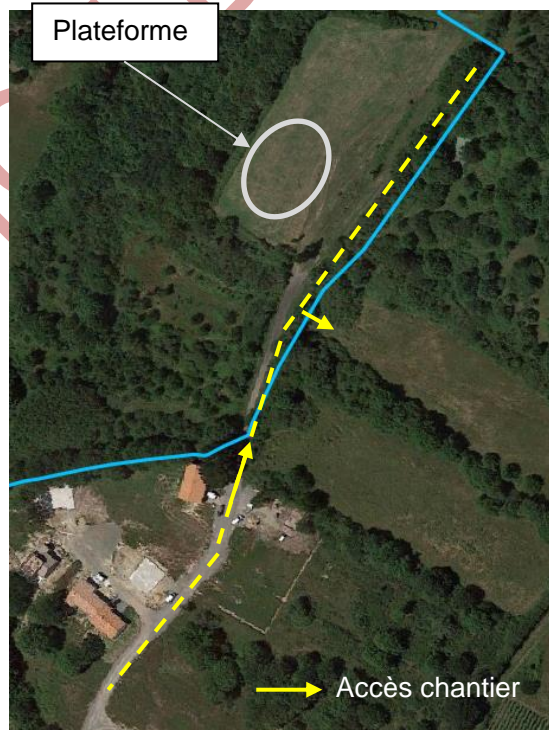
L'accès au secteur de travaux pourra se faire via le chemin des Perrières. La plateforme de chantier pourra être installée à l'ouest du chemin des Perrières.

Il conviendra de réaliser d'abord les travaux de restauration morphologique en amont, puis le redimensionnement de l'ouvrage avec la réhausse de la route ensuite.

Les déblais produits par les travaux de terrassement devront être évacués vers une filière adaptée.

Les modalités d'intervention pour ce secteur de travaux devront se dérouler de la manière suivante :

- Abattage des arbres ;
- Travaux de restauration morphologique avec modification des passages busés (selon les usages) ;
- Réalisation de l'ouvrage de régulation ;
 - Suppression de la couche de couverture ;
 - Suppression de l'ouvrage existant ;
 - Mise en place du dalot ;
 - Réalisation de la surverse ;
 - Réhausse du chemin.
- Travaux de revégétalisation.



c) Définition des aménagements d'accompagnement

Seul un réseau d'eaux pluviales a été observé le long du chemin des Perrières. Le fonctionnement de ce réseau n'est pas connu. Son origine date probablement des anciens travaux sur le secteur (remblaiement) liés à la réalisation de la route bleue. Ce réseau n'interfère pas avec les travaux.

d) Missions préalables et complémentaires

Aucun relevé topographique n'a été réalisé sur ce secteur. Des relevés topographiques seront nécessaires en lit mineur (profil en travers) et majeur (semis de points) afin préciser le tracé proposé (fond de vallée notamment) et les caractéristiques morphologiques du cours d'eau.

Une analyse des terres à évacuer sera à réaliser afin de définir le devenir des déblais d'évacuation (réutilisation pour des travaux de remblais, filière de traitement, stockage...).

Une analyse granulométrique est à prévoir afin de déterminer la granulométrie adéquate pour la reconstitution du matelas alluvial. Le prélèvement pourra être réalisé dans la couche d'armure du cours d'eau actuel.

Une étude géotechnique au droit de l'ouvrage de régulation est à prévoir afin de définir les caractéristiques des sols.

Une déclaration de travaux devra être réalisée afin de recenser les réseaux existants sur le secteur.

5.10.6 Rétablissement du lit d'origine en amont de la route bleue (aménagement 8)

Cet aménagement est soumis à déclaration au titre de la loi sur l'eau.

a) Description

Le lit actuel se situe actuellement en point haut de parcelle, faisant office de limite parcellaire. L'opération de remise en fond de vallée prévue permet un repositionnement du cours d'eau en situation originelle dans le talweg contrairement à son tracé actuel en limite de parcelle cultivée. Le linéaire à restaurer s'étend sur 300 ml.

Il est souhaitable de se rapprocher des conditions naturelles antérieures aux altérations. L'analyse historique au travers de photographies anciennes ne permet pas de retrouver le tracé naturel du cours d'eau. La photographie la plus ancienne disponible sur le site <https://remonterletemps.ign.fr/> date de 1945 et montre déjà un tracé du cours d'eau en limite de parcelle.

Etant donné que le cours d'eau du Pontreau a subi de nombreux anciens travaux de recalibrage et de rectification, aucun tronçon n'est retenu comme site de référence pour l'identification des caractéristiques morphologiques et granulométriques.

La recherche d'un tronçon de référence sur un cours d'eau appartenant à la même hydro-écorégion que le Pontreau avec une pente et une surface de bassin versant semblable, permettra de caractériser le tracé (amplitude, longueur d'onde) et la granulométrie du fond.

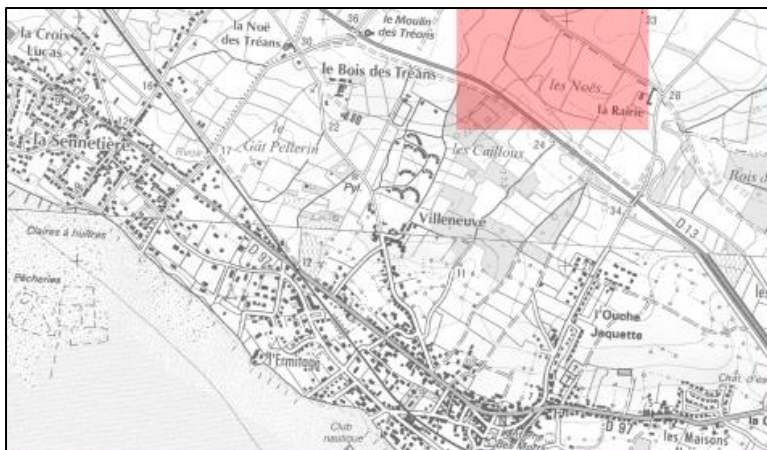
En cas d'adaptation du cours d'eau aux usages agricoles, les caractéristiques du nouveau lit pourront être ajuster (amplitudes et formes des méandres moins marquées par exemple).




En accompagnement, la mise en place d'une bande enherbée associée à une ripisylve diversifiée (strates et essences) est prévue. A noter que la Directive Nitrates de 1991

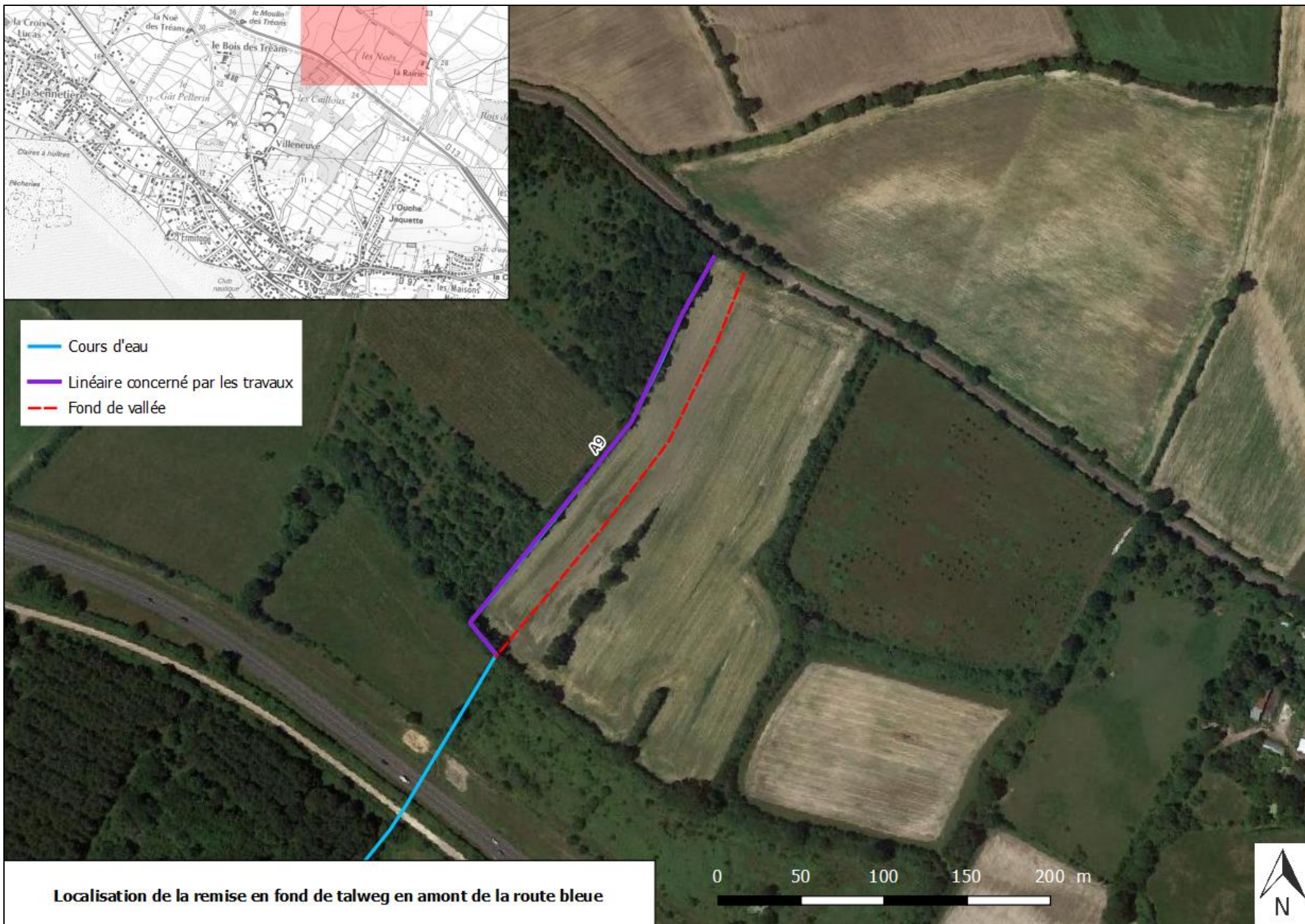
impose une bande enherbée de minimum 5 mètres pour les cours d'eau longeant des parcelles agricoles.

Le rétablissement du lit d'origine en fond de vallée permet d'apporter une réponse globale à un ensemble d'altérations. Cette opération de restauration hydromorphologique ambitieuse va permettre de repositionner le cours d'eau en zone basse tout en reconstituant un matelas alluvial, en diversifiant les écoulements et les habitats. Cette action permettra ainsi d'améliorer les connexions avec la nappe et les capacités auto-épuratoires.

VERSION DE TRAVAIL



-  Cours d'eau
-  Linéaire concerné par les travaux
-  Fond de vallée



Localisation de la remise en fond de talweg en amont de la route bleue

b) Modalités d'intervention

Les travaux de reméandrage sont situés sur une parcelle privé agricole (cultures).

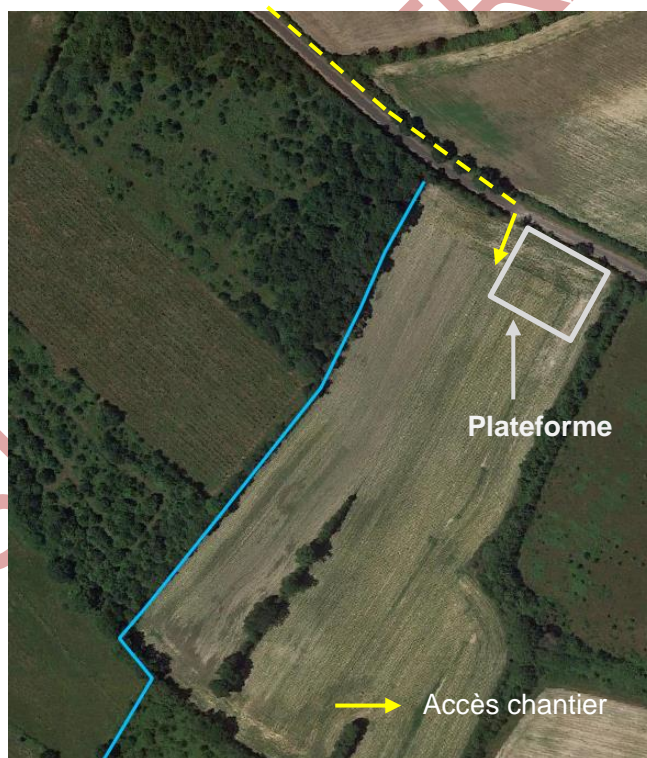
Une route dessert la parcelle au nord, un passage agricole est déjà présent pour accéder à la parcelle. L'installation de la plateforme de stationnement pourra se situer sur la parcelle (après accord avec le propriétaire) ou sur une parcelle publique située à proximité.

Aucun abattage d'arbres n'est à prévoir.

Pendant la réalisation des travaux de terrassement du nouveau tracé, le tracé du cours d'eau actuel sera conservé. Après travaux le lit actuel pourra être comblé par une partie des déblais produits par les travaux de terrassement pour ainsi limiter les matériaux à évacuer vers une filière adaptée et réduire les surfaces d'exploitation perdues.

Les modalités d'intervention pour ce secteur de travaux devront se dérouler de la manière suivante. :

- Terrassement du nouveau tracé ;
- Comblement de l'ancien tracé ;
- Travaux de revégétalisation.



c) Définition des aménagements d'accompagnement

A ce stade, aucun réseau n'a été identifié sur ce secteur.

d) Missions préalables et complémentaires

Aucun relevé topographique n'a été réalisé sur ce secteur. Des relevés topographiques seront nécessaires en lit majeur (semis de points) afin d'affiner le tracé proposé et en lit mineur afin de caractériser la morphologie du cours d'eau.

Une analyse des terres à évacuer sera à réaliser afin de définir le devenir des déblais d'évacuation (réutilisation pour des travaux de remblais, filière de traitement, stockage...).

Une analyse granulométrique est à prévoir afin de déterminer la granulométrie adéquate pour la reconstitution du matelas alluvial. Le prélèvement pourra être réalisé dans la couche d'armure du cours d'eau actuel.

Une étude sur un cours d'eau de référence analogue à celui du Pontreau est nécessaire pour déterminer le gabarit, la granulométrie et les caractéristiques morphologiques (sinuosité, radier...) du cours d'eau restauré.

Une déclaration de travaux devra être réalisée sur le secteur afin de définir l'implantation précise du réseau d'assainissement et de recenser les réseaux existants au niveau de la voirie.

5.10.7 Rétablissement du lit d'origine en fond de vallée en aval de la route bleue (aménagement 11)

Cet aménagement est soumis à déclaration au titre de la loi sur l'eau.

a) Description

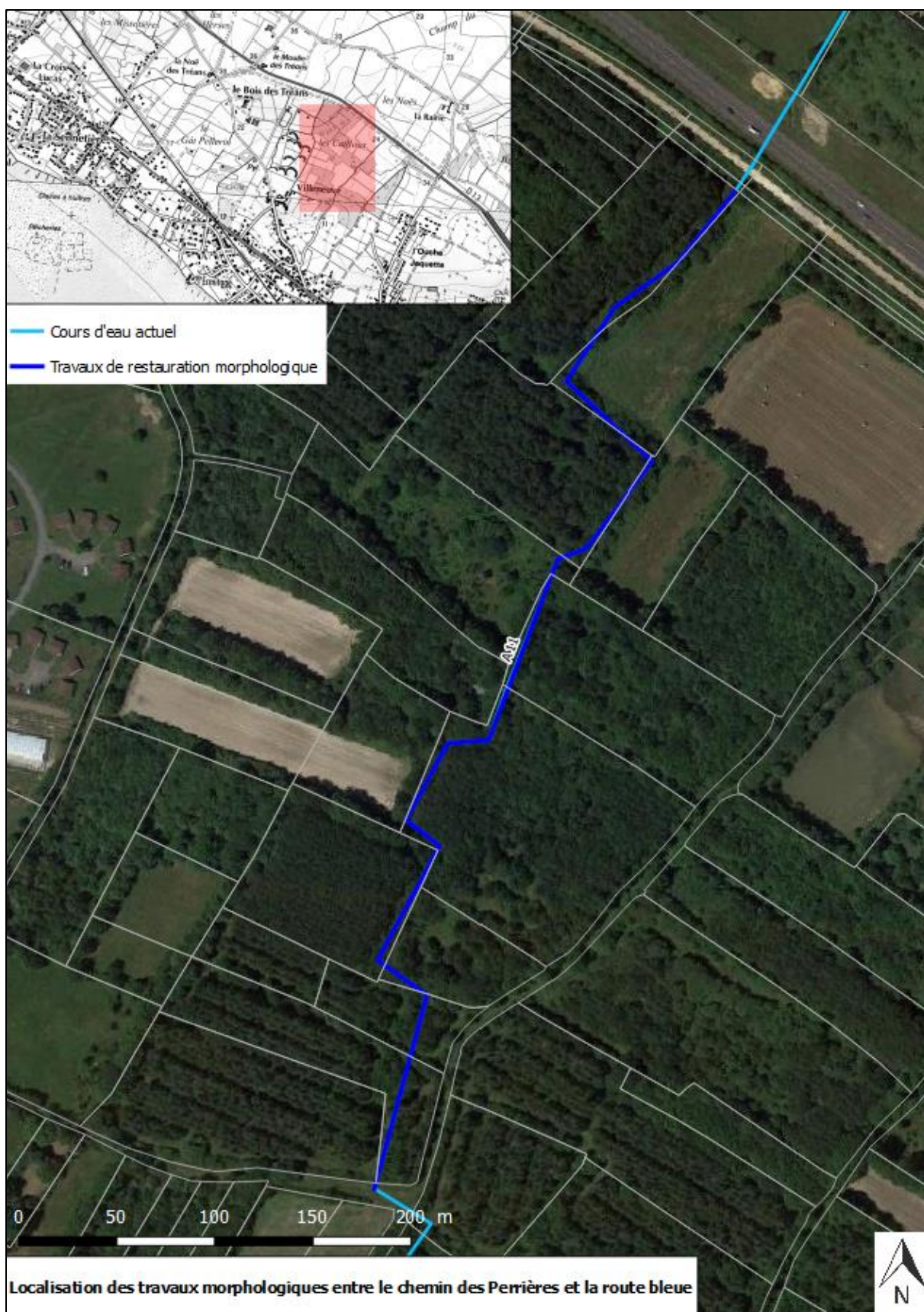
En amont du chemin des Perrières, le cours d'eau a subi d'anciens travaux de recalibrage et de rectification. Le tracé longe des parcelles boisées de manière rectiligne et hors de son fond de vallée sur certains secteurs. Le cours d'eau apparaît encombré par de nombreux ronciers et une ripisylve plutôt dense propice à la formation d'embâcle.

Les parcelles riveraines sont actuelles privées mais des discussions sont en cours en vue de leur acquisition.

Dans l'objectif d'améliorer la qualité morphologique du cours d'eau, les travaux d'aménagements consisteront :

- Remettre en fond de vallée le tracé du cours d'eau ;
- Reméandrer le tracé du cours d'eau ;
- Diversifier les faciès d'écoulements ;
- Améliorer les connexions avec les mares présentes ;
- Reconstituer un matelas alluvial adapté ;

Cette action vise à diversifier les habitats et à favoriser le développement de la biodiversité dans un cadre péri-urbain. Ces travaux contribuent également à améliorer également les capacités de rétention de la zone humide (ralentissement des écoulements, connexion avec des mares...) en vue de réguler les apports d'eaux.



b) Modalités d'intervention

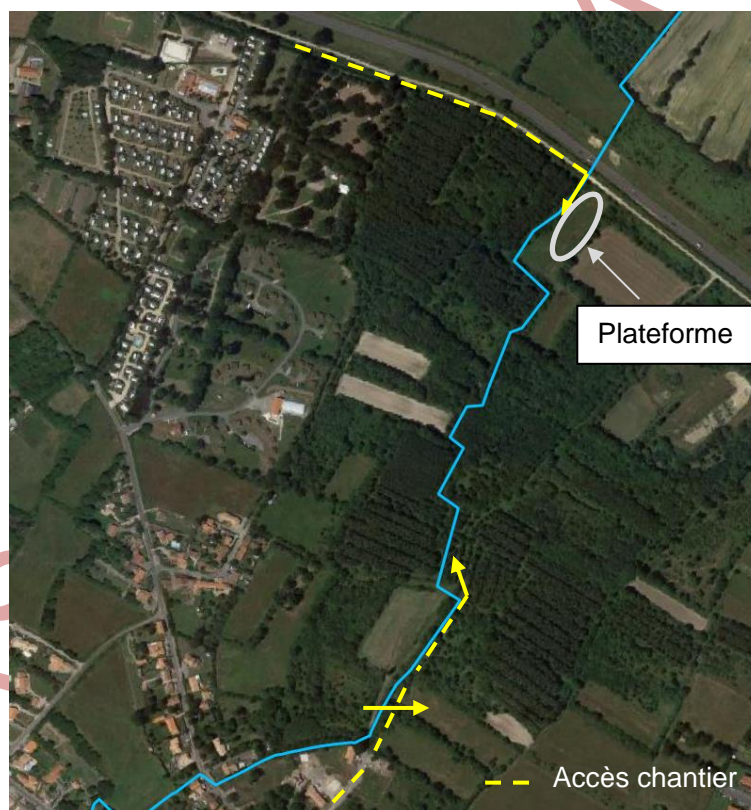
Le cours d'eau est bordé par une ripisylve relativement dense, ce qui impliquera nécessairement des travaux conséquents de défrichage et d'abattage d'arbres.

L'accès au secteur de travaux pourra se faire via le chemin des Perrières et le chemin parallèle à la route bleue. La plateforme de chantier pourra être installée à l'amont du secteur sur une parcelle enherbée.

Les déblais produits par les travaux de terrassement devront être évacués vers une filière adaptée.

Les modalités d'intervention pour ce secteur de travaux devront se dérouler de la manière suivante :

- Abattage des arbres ;
- Travaux de restauration morphologique ;
- Travaux de revégétalisation.



c) Définition des aménagements d'accompagnement

A ce stade, aucun réseau n'a été identifié sur ce secteur.

d) Missions préalables et complémentaires

Aucun relevé topographique n'a été réalisé sur ce secteur. Des relevés topographiques seront nécessaires en lit mineur (profil en travers) et majeur (semis de points) afin préciser le tracé proposé (fond de vallée notamment) et les caractéristiques morphologiques du cours d'eau.

Une analyse des terres à évacuer sera à réaliser afin de définir le devenir des déblais d'évacuation (réutilisation pour des travaux de remblais, filière de traitement, stockage...).

Une analyse granulométrique est à prévoir afin de déterminer la granulométrie adéquate pour la reconstitution du matelas alluvial. Le prélèvement pourra être réalisé dans la couche d'armure du cours d'eau actuel.

Une déclaration de travaux devra être réalisée afin de recenser les réseaux existants sur le secteur.

5.11 INCIDENCES DES PROJETS SUR LE RISQUE INONDATION

5.11.1 Impacts hydrauliques du scénario retenu sur le Port Royal

La figure suivante reporte le profil en long des lignes d'eau modélisées sur le Port Royal sur un linéaire de 800 m pour la situation actuelle et pour la situation projet avec le scénario d'aménagement retenu et pour les événements suivants : une crue trentennale et une crue centennale couplées à une marée de vives hautes (coefficient 95) et la crue historique du 11 juin 2018.

Le gain hydraulique de chaque scénario est évalué par la différence des hauteurs d'eau maximales modélisées entre la situation actuelle et la situation projet.

Les aménagements de restauration morpho-écologique n'ont pas été modélisés. Compte-tenu du court linéaire restauré, l'impact hydraulique de ces travaux est négligeable.

L'analyse de ces données amène aux commentaires suivants :

- L'abaissement général de la ligne d'eau est en lien avec la réduction des apports d'eau résultant de la déviation d'une branche de réseau d'eaux pluviales et de l'écêtement du bassin versant le plus contributeur à l'amont avec le bassin de régulation « Pont de Terre » ;
- Le gain hydraulique moyen est de 33 cm pour une crue trentennale et décroît légèrement pour une occurrence de pluie centennale ;
- Une baisse nette de la ligne d'eau simulée est visible au droit des ouvrages de franchissement de l'avenue des Moutiers et de l'avenue des Courlis ;
- Pour l'ensemble des événements modélisés, aucun débordement n'est observé sur le chemin piéton à l'aval ;
- Le bassin de régulation « Pont de Terre » avec son volume de 6500 m³ surverse dès la crue trentennale.

	Q30	Q100	Crue 2018
Gain hydraulique moyen	33 cm	30 cm	21 cm
Gain hydraulique Avenue des moutiers	77 cm (max.)	64 cm (max.)	38 cm (max.)
Bâtiments inondés	Aucun	Une habitation (amont de l'avenue des Moutiers)	Aucun
Débit de surverse maximal au bassin « Pont de Terre »	0.6 m ³ /s	1.1 m ³ /s	1.2 m ³ /s

Tableau 40 : Gain hydraulique du scénario d'aménagement retenu pour le cours d'eau de Port Royal et pour différents régimes de crue

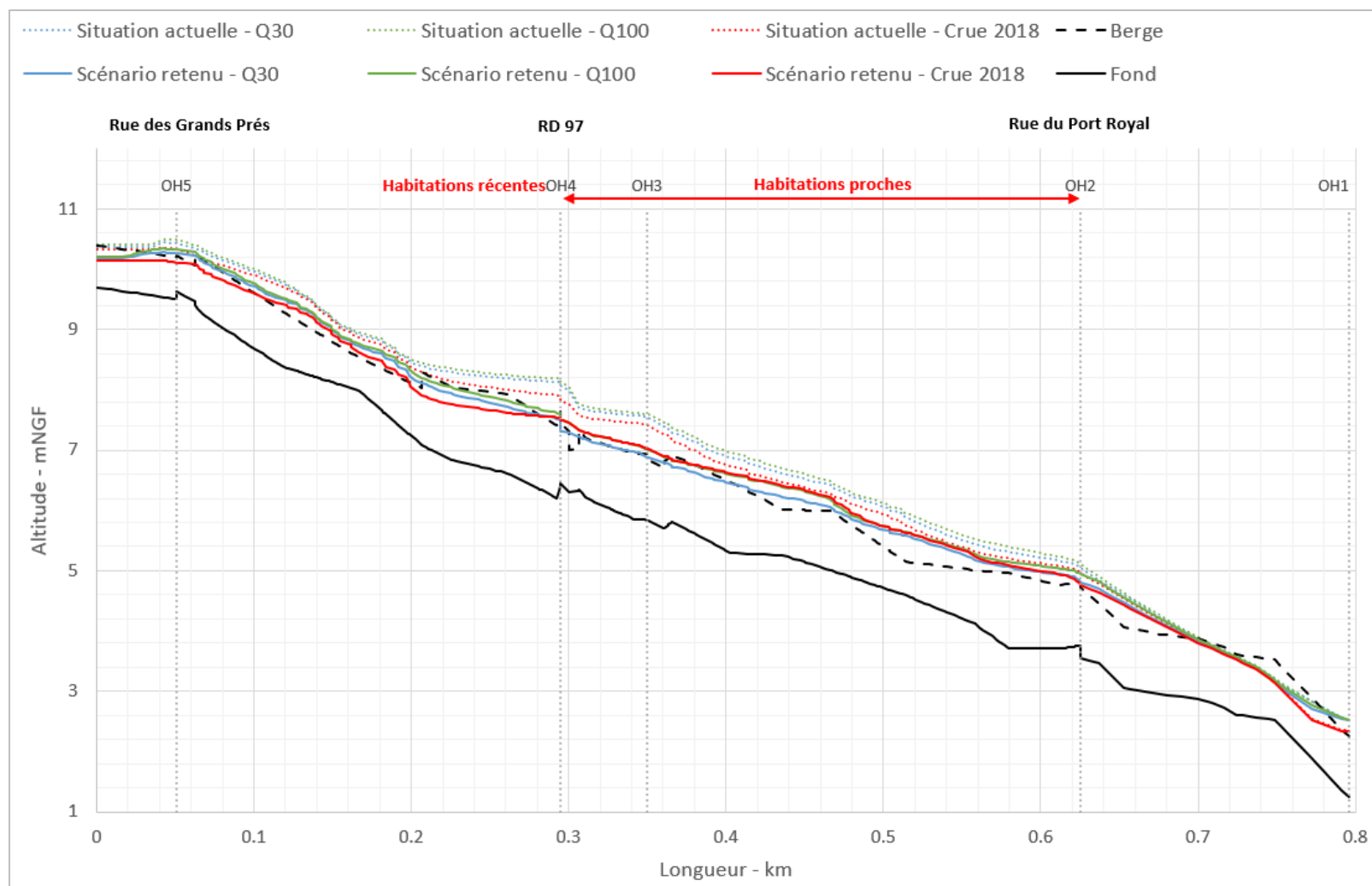
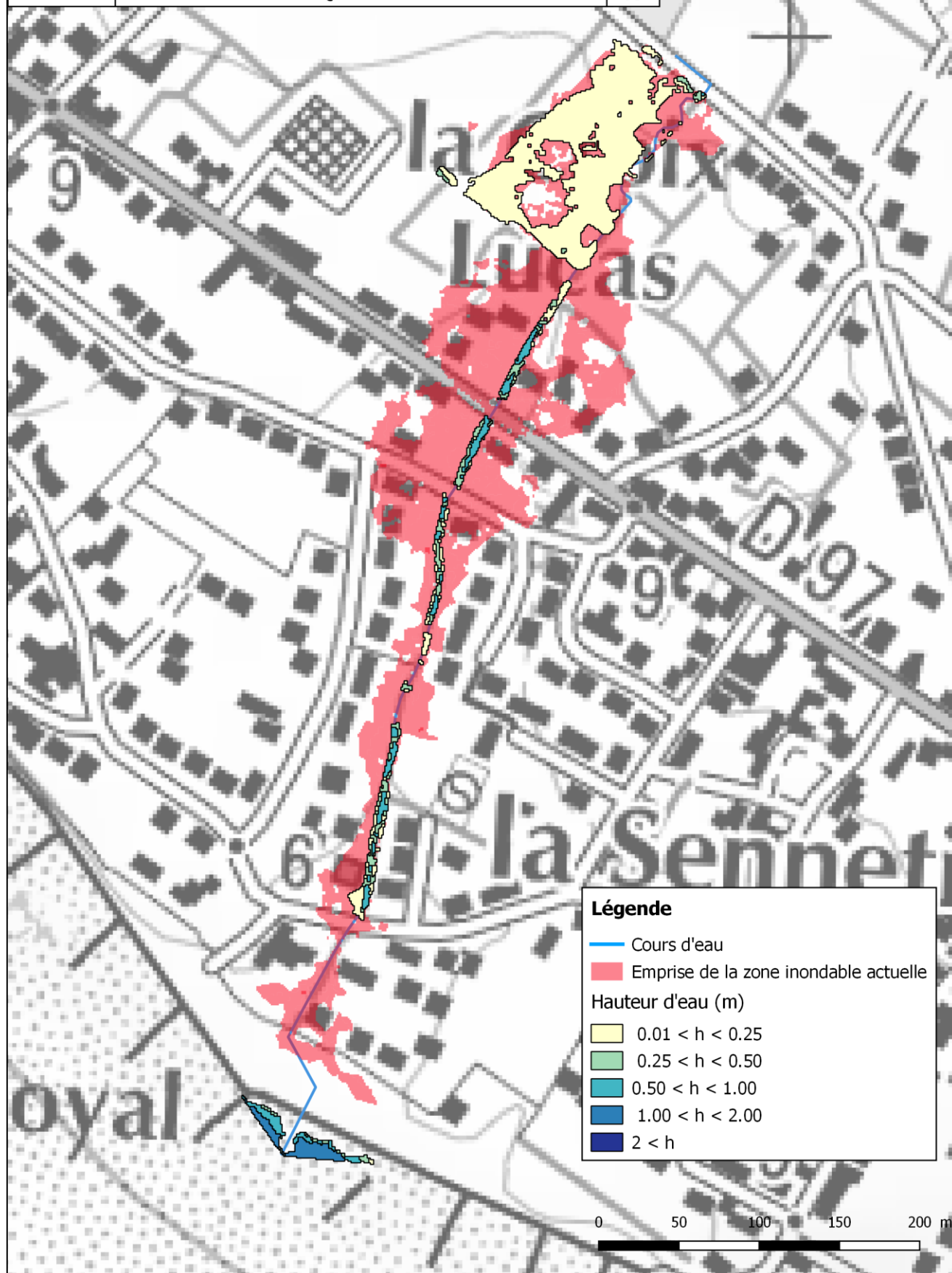
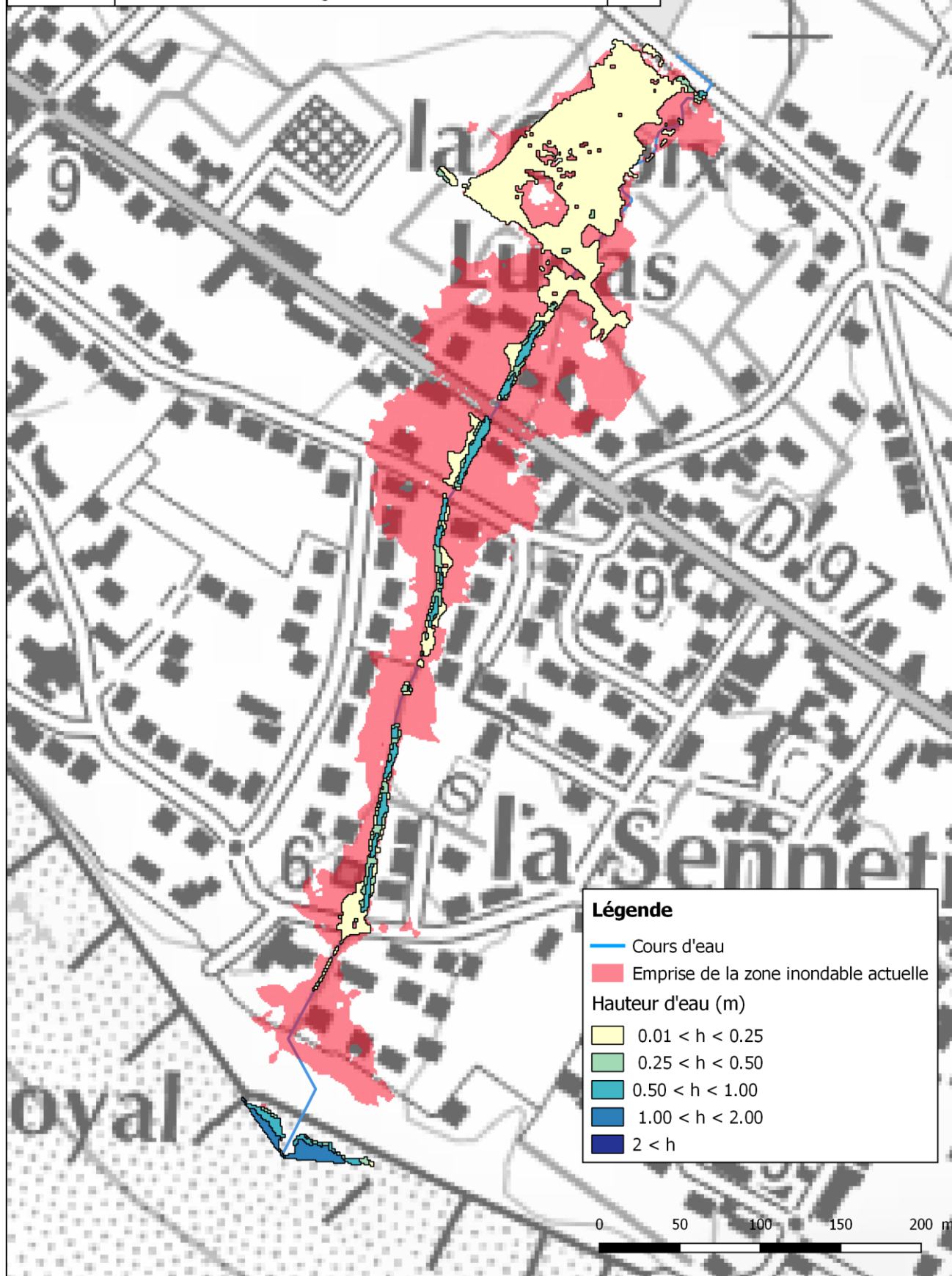
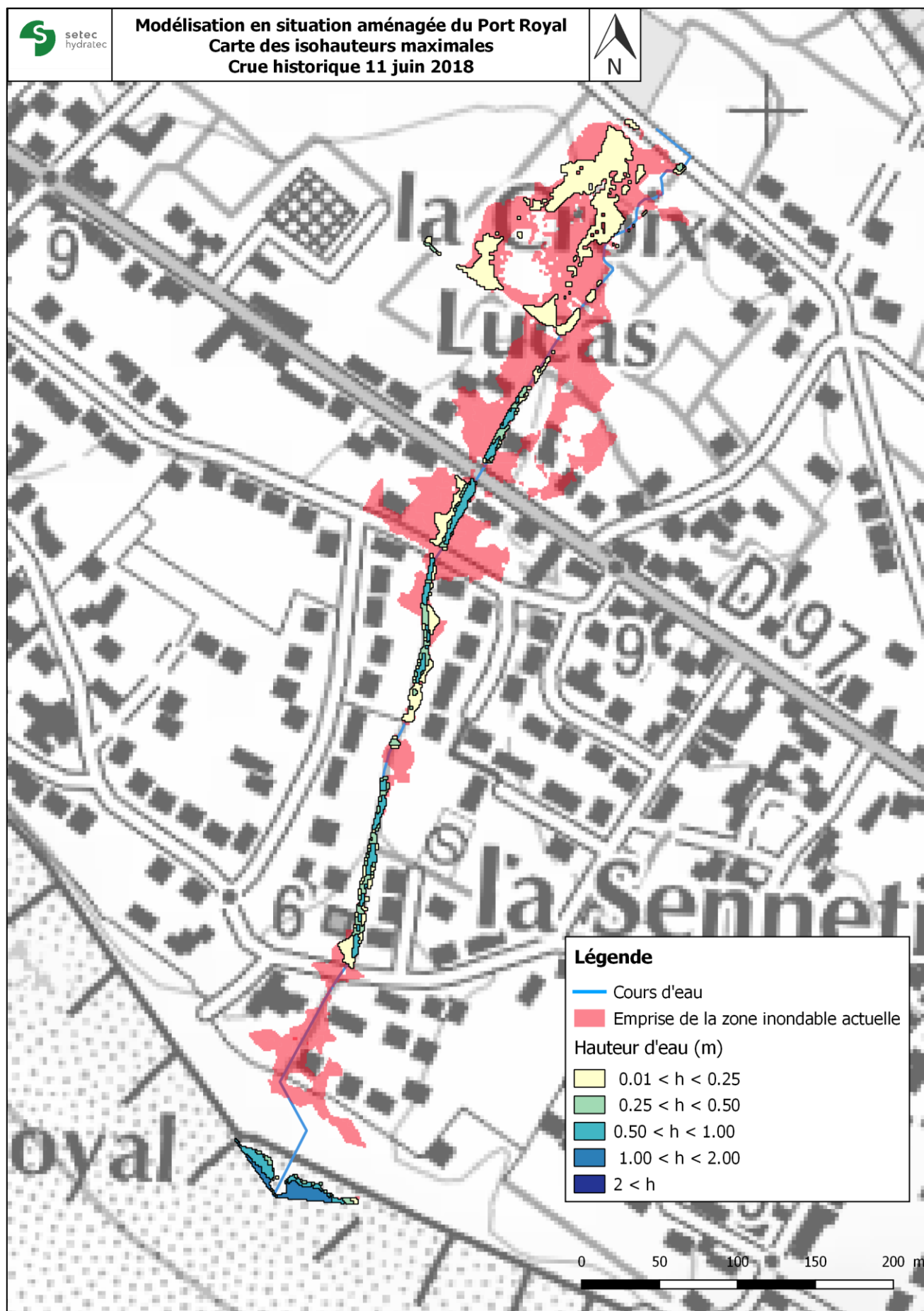


Figure 72 : Profil en long des lignes d'eau maximales sur le Port Royal entre la situation actuelle et projet







5.11.2 Impacts hydrauliques du scénario retenu sur le Pontreau

La figure suivante reporte le profil en long des lignes d'eau modélisées sur le Pontreau sur un linéaire de 1000 m pour la situation actuelle et pour la situation projet avec le scénario d'aménagement retenu et pour les événements suivants : une crue trentennale et une crue centennale couplées à une marée de vives hautes (coefficient 95) et la crue historique du 11 juin 2018.

Le gain hydraulique de chaque scénario est évalué par la différence des hauteurs d'eau maximales modélisées entre la situation actuelle et la situation projet.

Les aménagements de restauration morpho-écologique n'ont pas été modélisés. Compte-tenu du court linéaire restauré, l'impact hydraulique de ces travaux est négligeable.

L'analyse de ces données amène aux commentaires suivants :

- La présence de la zone de rétention au chemin des Perrières permet d'écarter l'hydrogramme de crue. L'effet de rétention par l'ouvrage ferroviaire est donc de moindre ampleur ;
- Un abaissement net de la ligne d'eau est visible au niveau de l'ouvrage de franchissement de la route du Bois des Tréans. Cet ouvrage n'est plus ennoyé par l'aval en situation aménagée ;
- En amont de la route de la Bernerie, l'écoulement reste débordant pour la crue trentennale en situation aménagée. Néanmoins, l'ampleur et l'étendue de la zone inondable est réduite : abaissement de la ligne d'eau de 48 cm pour une crue trentennale ;
- En aval de l'ouvrage ferroviaire, l'écoulement est contenu dans son lit pour la crue trentennale, et s'approche du débit à plein bord pour la crue centennale. Les remodelages hydromorphologiques en situation aménagée améliorent les capacités d'écoulement sur ce secteur ;
- Aucun bâtiment n'est inondé pour l'ensemble des événements simulés.

	Q30	Q100	Crue 2018
Gain hydraulique <i>Rue du Bois des Tréans</i>	85 cm	83 cm	79 cm
Gain hydraulique <i>Route de la Bernerie</i>	48 cm	51 cm	38 cm
Gain hydraulique <i>Rue du pré long</i>	48 cm	44 cm	48 cm
Gain hydraulique <i>Impasse de l'Hermitage des dunes</i>	40 cm	36 cm	43 cm
Bâtiments inondés	Aucun	Aucun	Aucun

Tableau 41 : Gain hydraulique du scénario d'aménagement retenu pour le cours d'eau de Port Royal et pour différents régimes de crue

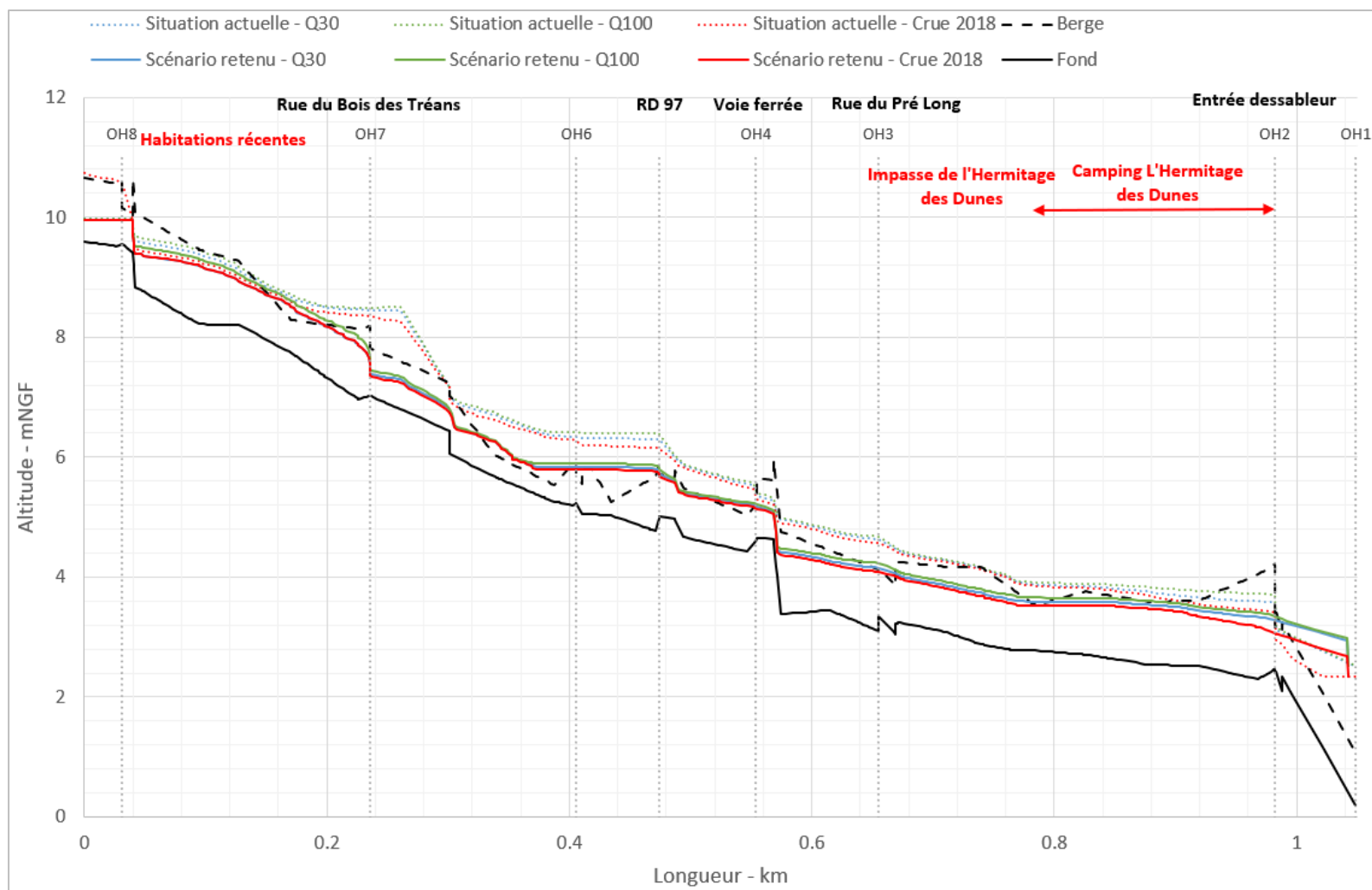
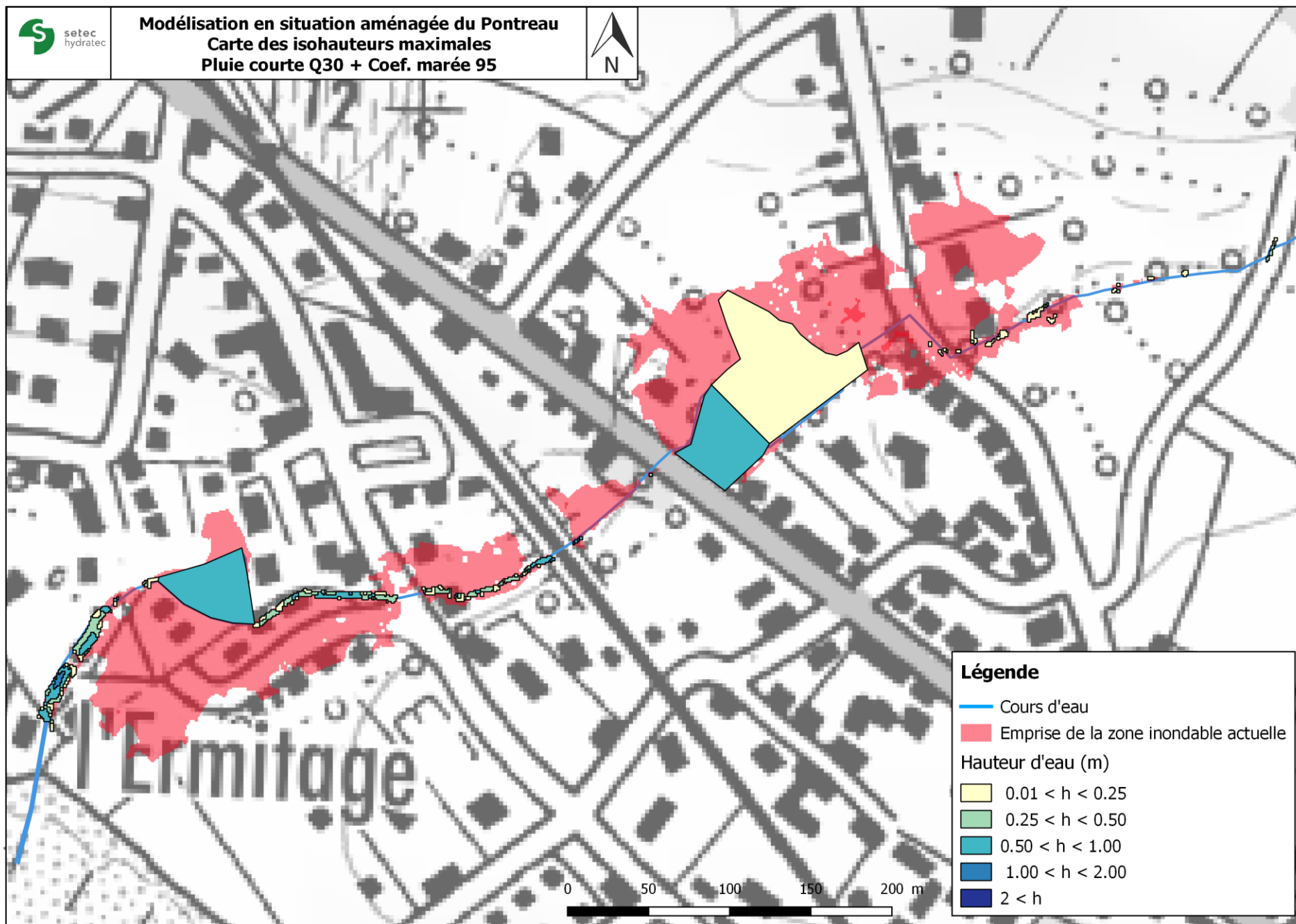
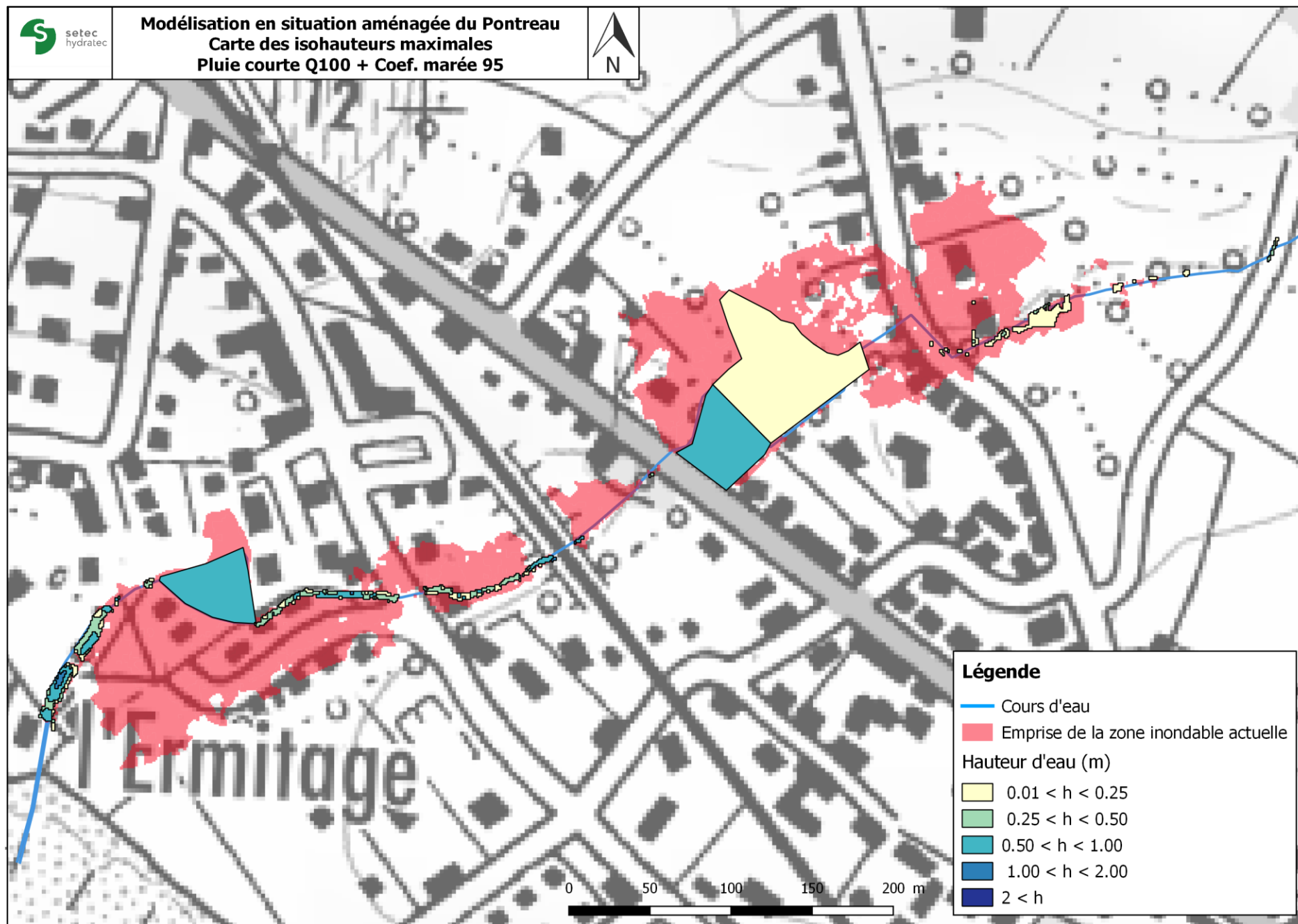
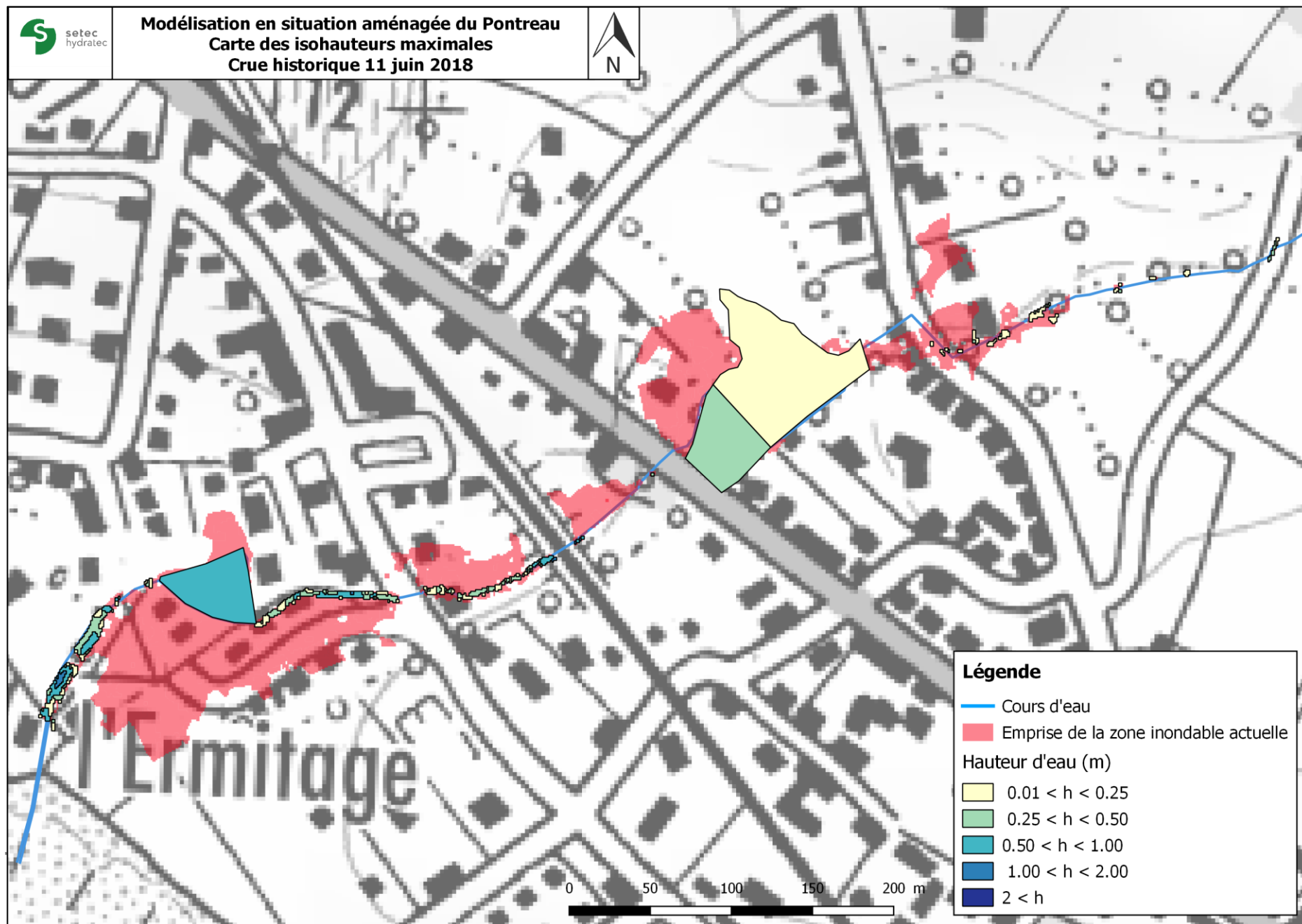


Figure 73 : Profil en long des lignes d'eau maximales sur le Pontreau entre la situation actuelle et projet







5.12 IMPACTS HYDRAULIQUES SUR LES ECOULEMENTS EN ETIAGE

5.12.1 En phase travaux

Les débits étant faibles pendant les périodes estivale et automnale, l'impact sur le débit du cours d'eau pendant la phase travaux sera faible car il n'y aura pas de dérivation des eaux.

5.12.2 En phase définitive

Pour les aménagements de restauration morphologiques des cours d'eau, les écoulements en régimes hydrologiques ordinaires seront diversifiés (reconstitution de matelas alluvial, alternance de radier/mouille).

Sur les autres aménagements hydrauliques, les écoulements en régime ordinaire ne seront pas modifiés.

5.13 INCIDENCES SUR LA QUALITE DES EAUX SUPERFICIELLES

5.13.1 En phase travaux

Le remodelage fonctionnel du lit sur certains secteurs est de nature à disperser des Matières En Suspension (MES) en phase chantier. Ce risque est toutefois limité du fait :

- De la période d'intervention choisie, où les débits du cours d'eau sont faibles ;
- Du faible taux d'envasement présent sur ces deux cours d'eau.

La pollution superficielle des eaux peut être également d'origine accidentelle en cas d'incidents sur les engins évoluant sur les chantiers.

Comme décrit plus loin, des mesures seront prévues en phase chantier afin de limiter au maximum les risques de survenance des pollutions ainsi que leur étendue dans le cas où elles ne peuvent être empêchées.

5.13.2 En phase définitive

Le rétablissement d'écoulements plus naturels, diversifiés et courants sur substrats grossiers décolmatés est de nature à favoriser les processus d'autoépuration des eaux et de participer donc à l'amélioration de la qualité physico-chimique des eaux superficielle, tout comme le développement des fonctionnalités de type zones humides en lit majeur.

5.14 INCIDENCES SUR LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES

En phase aménagée, aucun prélèvement en nappe n'est prévu, ni aucun aménagement en sous-sol. En absence de modification significative du profil en long des cours d'eau, les impacts sur le niveau d'eau de la nappe seront négligeables.

5.15 INCIDENCES SUR LE TRANSPORT SEDIMENTAIRE

5.15.1 En phase travaux

Le cheminement des engins pendant la période des travaux sera privilégié en sommet de berges quand cela est possible.

Néanmoins, compte tenu du contexte urbain et de l'absence de bande riveraine, un cheminement des engins sera prévu directement dans le lit. Ce cheminement pourra favoriser la mise en mouvement des sédiments en phase chantier. Des mesures d'évitements seront proposées pour les MES.

5.15.2 En phase définitive

Aucun obstacle au transport sédimentaire n'est supprimé, remplacé ou envisagé.

Les remodelages de berges prévus n'impacteront pas le transport sédimentaire dans le fond des cours d'eau.

Les tronçons de cours d'eau restaurés auront à la suite des travaux la possibilité de véhiculer librement les sédiments qui lui parviennent de l'amont en évitant le colmatage des substrats gravelo-pierreux reconstitués.

5.16 INCIDENCE SUR LES ESPACES PROTEGES ET LES SITES NATURA 2000

Les aménagements envisagés sur les deux cours d'eau ne sont pas situés sur des espaces protégés ou des sites Natura 2000.

Deux sites Natura 2000 et une ZNIEFF de type 2 situés en domaine maritime longent la côte et reçoivent les eaux des deux cours d'eau. Les projets d'aménagement en phase définitive n'auront pas d'impact sur la qualité des eaux superficielles et n'auront pas d'incidence sur les espaces protégés et les sites Natura 2000 existant.

5.17 IMPACTS SUR LE MILIEU NATUREL ET LA BIODIVERSITE

5.17.1 En phase travaux

Le projet peut être considéré comme traumatisant à court terme pour le milieu naturel pour certains aménagements lorsque :

- Le cheminement des engins de chantier se fait directement dans le lit mineur ;
- Le matelas alluvial existant des habitats et des biocénoses associées sont supprimés ou comblés, avant la reconstitution d'un nouveau matelas alluvial.

Des mesures spécifiques seront prises par l'entreprise pour la protection du milieu naturel afin d'empêcher toute atteinte physique ou chimique des sols et afin d'éviter toute pollution des eaux superficielles et souterraines pendant la durée des travaux.

5.17.2 En phase définitive

Les aménagements de restauration morphologique prévus dans la zone péri-urbaine viseront à offrir des variables hydrauliques compatibles avec la vie aquatique afin d'améliorer la biodiversité du milieu naturel. La formation d'un matelas alluvial granulaire

constituera un support d'habitat diversifié. Dans ces conditions, les travaux de restauration envisagés dans la zone péri-urbaine auront un impact positif sur le milieu naturel.

Dans la zone urbaine, les milieux sont fortement anthropisés. Les aménagements prévus en zone urbaine visent à redonner au cours d'eau un espace de fonctionnalité plus important en ayant recourt à des techniques minérales (gabion) ou végétales (terrassment). En ce sens, les aménagements prévus en zone urbaine auront un impact neutre ou positif sur le milieu existant.

5.18 IMPACTS SUR LES ZONES HUMIDES

5.18.1 En phase travaux

Les zones humides présentent en bordure du cours d'eau feront l'objet d'un inventaire :

- La parcelle enherbée en aval de la Rue des grands prés (Port Royal) ;
- Les parcelles présentent en amont du chemin des Perrières (Pontreau).

Le tracé des engins et les accès pour les travaux seront limités dans les zones humides.

5.18.2 En phase définitive

Les aménagements prévus à proximité des zones humides favoriseront le développement des fonctionnalités de type zones humides avec le renforcement du caractère humide des terrains riverains du fait de l'augmentation de la fréquence de débordement des cours d'eau en lit majeur et de l'amélioration des connexions des cours d'eau avec leurs annexes hydrauliques (notamment sur le Pontreau).

5.19 EVALUATION A PRIORI DE L'EFFICIENCE PROBABLE DES PROJETS D'AMENAGEMENT

Il apparaît opportun d'évaluer a priori l'efficacité du projet de restauration, c'est-à-dire son efficacité en termes de qualité de réponse aux objectifs de restauration au regard des moyens techniques, financiers et humains devant être mis en œuvre pour les atteindre.

Dans le cas présent, le linéaire de restauration prévu :

- sur le cours d'eau de Port Royal reste local (inférieur à 100 fois la largeur du lit). L'échelle d'intervention est donc négligeable ;
- sur le cours d'eau du Pontreau est supérieur à 100 fois la largeur du lit. L'échelle d'intervention est donc significative et doit permettre d'atteindre une réelle efficacité des travaux de restauration par une réponse générale significative des indicateurs biologiques.

L'efficacité peut être appréhendée dans un premier temps par le score d'efficacité probable sur la base :

- De la valeur du score géodynamique du cours d'eau présenté précédemment (puissance spécifique, érodabilité des berges, apports solides) ;
- De l'emprise foncière disponible pour réaliser la restauration ;
- De la qualité physico-chimique de l'eau.

Note	0	2,5	5	10
Paramètre				
Puissance spécifique	< 10 W/m ²	10-30 W/m ²	30-100 W/m ²	> 100 W/m ²
Érodabilité des berges	Nulle	Faible	Moyenne	Forte
Potentiel d'apports solides	Nul	Faible	Moyen	Fort
Emprise disponible	1 largeur de lit	1 à 3 L	3 à 10 L	> 10 L
Qualité de l'eau	Mauvaise	Médiocre	Passable	Bonne

Il apparaît selon cette approche que les aménagements de restauration du Pontreau présente un niveau d'efficacité relativement faible compte tenu :

- De la faible puissance spécifique (< 10 W/m²) ;
- De la faible érodabilité des berges (matériaux fins cohésifs) ;
- Des apports solides en provenance de l'amont à priori faibles ;
- De l'emprise disponible (lit mineur actuel uniquement) ;

Les dispositions prévues par ces aménagements sont toutefois de nature à garantir de réels gains écologiques :

- Reconstitution intégrale du substrat alluvial, favorable au développement des biocénoses aquatiques et à l'amélioration de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau (oxygénation de l'eau, autoépuration...) ;
- Diversification des écoulements et des habitats piscicoles sur l'ensemble du linéaire ;
- Relèvement de la nappe d'accompagnement et amélioration des connexions lit mineur/lit majeur au bénéfice du fonctionnement des zones humides riveraines.

Les gains écologiques attendus sont jugés significatifs pour le niveau d'investissement qu'implique le programme de travaux.

5.20 COMPATIBILITE DES PROJETS AVEC LES DOCUMENTS DE GESTION

5.20.1 Compatibilité avec le SDAGE Loire-Bretagne

Le site du projet est couvert par le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) du bassin Loire-Bretagne **2016-2021, approuvé le 18 novembre 2015**.

Le SDAGE intègre les objectifs environnementaux définis par la Directive Cadre sur l'Eau (DCE), qui sont :

- l'atteinte du bon état des eaux en 2021,
- la non-détérioration des eaux de surface et des eaux souterraines,
- la réduction ou la suppression des rejets toxiques,
- le respect des normes et objectifs dans les zones où existe déjà un texte réglementaire ou législatif national ou européen.

Afin de répondre à ces objectifs, 9 orientations fondamentales ont été retenues. Afin de juger de la compatibilité du projet avec les orientations fondamentales du SDAGE, celles-ci sont reprises ci-dessous avec les dispositions associées prévues dans le cadre du projet.

Objectifs fondamentaux du SDAGE 2016-2021	Projet
<p>OF1 Repenser les aménagements de cours d'eau</p> <p>Cet objectif du SDAGE vise à prévenir toute détérioration des milieux, restaurer les cours d'eau dégradés ; favoriser la prise de conscience des maîtres d'ouvrage et des habitants et améliorer la connaissance des phénomènes et de l'effet attendu des actions engagées.</p>	<p>Les projets ont pour visée de recréer un habitat d'accueil pour les populations des milieux aquatiques, valoriser la biodiversité. De plus, la réduction du risque inondation s'inscrit dans le principe de prévention lors de la conception du projet.</p>
<p>OF2 Réduire la pollution par les nitrates</p> <p>Le SDAGE a pour objectif de lutter contre l'eutrophisation marine due aux apports du bassin versant de la Loire, et de protéger les eaux contre la pollution par les nitrates à partir de sources agricoles), la suivante concerne les dispositifs d'incitation.</p>	<p>/</p>
<p>OF 3 Réduire la pollution organique et bactériologique</p> <p>Le SDAGE a pour objectif de réduire les pollutions issues des rejets des collectivités et des industries, mais aussi de l'agriculture.</p>	<p>/</p>
<p>OF 4 Maîtriser et réduire la pollution par les pesticides</p> <p>La maîtrise de la pollution par les pesticides est un enjeu environnemental, pour atteindre les objectifs de la directive cadre sur l'eau inscrit dans les objectifs du SDAGE.</p>	<p>/</p>
<p>OF 5 Maîtriser et réduire les pollutions dues aux substances dangereuses</p> <p>L'objectif du SDAGE est de réduire les substances dangereuses qui ont des effets potentiels multiples sur l'environnement et la santé humaine tels que les micropolluants</p>	<p>/</p>
<p>OF 6 Protéger la santé en protégeant la ressource en eau</p> <p>L'objectif du SDAGE est de protéger la santé humaine en surveillant la qualité physico-chimique des eaux superficielles et souterraines</p>	<p>/</p>

Objectifs fondamentaux du SDAGE 2016-2021	Projet
<p>OF 7 Maîtriser les prélèvements d'eau</p> <p>La situation contrastée du bassin Loire-Bretagne incite à moduler la maîtrise des prélèvements en fonction des déficits constatés sur les territoires. Le SAGE veut ajuster ces objectifs sur la base d'une analyse des conditions hydrologiques, des milieux, des usages et du changement climatique</p>	<p>Une analyse des contraintes liés au contexte, climatique, hydraulique, hydrologiques et des usages a été réalisée et intégrée dans le projet</p>
<p>OF8 Préserver les zones humides</p> <p>L'objectif comprend :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La préservation des zones humides pour pérenniser leurs fonctionnalités - La préservation des zones humides dans les projets d'installations, ouvrages, travaux et activités 	<p>Les projets intègrent les enjeux liés aux zones humides et prévoit la plantation d'espèces caractéristiques des zones humides (ensemencement et plantations). Ils visent donc l'amélioration des fonctionnalités et de la biodiversité des zones humides présentes sur le site par le relèvement de la nappe alluviale et l'augmentation de la fréquence de débordement favorables au renforcement du caractère humide des terrains riverains</p>
<p>OF 9 Préserver la biodiversité aquatique</p> <p>L'objectif comprend :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la préservation et la restauration de la fonctionnalité des milieux aquatiques continentaux et littoraux ainsi que la biodiversité, - la préservation de la continuité écologique pour atteindre les objectifs environnementaux des masses d'eau, concilier lutte contre les émissions à effet de serre et l'atteinte du bon état, - la gestion des ressources vivantes en assurant la sauvegarde des espèces - Le contrôle des espèces envahissantes 	<p>Les projets améliorent la continuité écologique des milieux aquatiques et l'état écologique global des cours d'eau et des sites. Des principes de précautions tels que des pêches de sauvegarde sont mis en place pour sauvegarder les espèces piscicoles pendant la phase de travaux.</p>

Tableau 5-42 : Compatibilité du projet avec le SDAGE 2016-2021

5.20.2 Compatibilité des projets avec le SAGE Baie de Bourgneuf

Les cours d'eau de Port Royal et du Pontreau appartiennent au SAGE de la Baie de Bourgneuf et du Marais breton.

Le SAGE révisé a été approuvé en **mai 2014**. L'Association pour le Développement du bassin versant de la Baie de Bourgneuf est la structure porteuse du SAGE.

Les principales dispositions identifiées dans le cadre des projets envisagés sur les cours d'eau de Port Royal et du Pontreau sont les suivants.

- Inondations – submersion marines
 - Disposition 18 – préserver et aménager les zones d'expansion des crues ;
 - Disposition 19 – améliorer la gestion des eaux pluviales en zone urbaine ;
- Cours d'eau du bocage
 - Disposition 42 – Mettre à jour la connaissance sur l'hydromorphologie des cours d'eau et notamment sur les obstacles à la continuité écologique ;
 - Disposition 43 – Restaurer la qualité fonctionnelle du cours d'eau ;
- Zones humides
 - Préserver et restaurer les zones humides agricoles ;

La politique de Pornic Agglo s'inscrit tout à fait dans la démarche du SAGE Baie de Bourgneuf. Plus spécifiquement, le présent programme d'aménagements de Pornic Agglo est essentiellement concerné par les enjeux cités précédemment du SAGE.

5.20.3 Compatibilité des projets avec le plan de gestion des risques d'inondation mentionné à l'article L.566-7

Les cours d'eau de Port Royal et du Pontreau ne font pas l'objet d'un PPRI.

Les projets sont donc compatibles à la réalisation des objectifs mentionnés à l'article L.566-7 du Code de l'Environnement.

5.20.4 Contribution des projets à la réalisation des objectifs visés à l'article L.211-11

a) Dispositions prévues dans l'article L.211-1

L'article L211-1 précise que la gestion équilibrée et durable de la ressource en eau doit prendre en compte les adaptations nécessaires au changement climatique afin d'assurer :

- La prévention des inondations et la préservation des écosystèmes aquatiques, des sites et des zones humides,
- La protection des eaux et la lutte contre toute pollution,
- La restauration de la qualité de ces eaux et leur régénération,
- Le développement, la mobilisation, la création et la protection de la ressource en eau,
- La valorisation de l'eau comme ressource économique,
- La promotion d'une utilisation efficace, économe et durable de la ressource en eau,
- Le rétablissement de la continuité écologique au sein des bassins hydrographiques.

Cette gestion équilibrée doit permettre en priorité de satisfaire les exigences de la santé, de la salubrité publique, de la sécurité civile et de l'alimentation en eau potable de la population.

Elle doit également permettre de satisfaire ou concilier, lors des différents usages, activités ou travaux, les exigences :

- De la vie biologique du milieu récepteur, et spécialement de la faune piscicole et conchylicole,
- De la conservation et du libre écoulement des eaux et de la protection contre les inondations,
- De l'agriculture, des pêches et des cultures marines, de la pêche en eau douce, de l'industrie, de la production d'énergie, en particulier pour assurer la sécurité du système électrique, des transports, du tourisme, de la protection des sites, des loisirs et des sports nautiques ainsi que de toutes autres activités humaines légalement exercées.

b) Contribution du projet à la prévention des inondations

En phase définitive les projets, de par leur nature et de leurs objectifs, réduiront les débits de crue en améliorant les capacités d'écoulements des cours d'eau et les rejets en mer, en augmentant les zones d'expansion et en créant des zones de rétention.

Les zones d'expansion des crues favoriseront l'inondabilité des parcelles riveraines des cours d'eau et participera à renforcer les fonctions de laminage des crues en lit majeur au bénéfice de secteurs à enjeux humains et matériels plus en aval ou sur le secteur.

c) Contribution du projet à la préservation des écosystèmes aquatiques

Les projets d'aménagement participent à la préservation des écosystèmes aquatiques, et renforce également les fonctionnalités écologiques des milieux humides connexes.

d) Contribution du projet à la protection des eaux et la lutte contre la pollution

Le projet doit assurer : *"la protection des eaux et la lutte contre toute pollution par déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects de matières de toute nature et plus généralement par tout fait susceptible de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux en modifiant leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques ou bactériologiques, qu'il s'agisse des eaux superficielles, souterraines ou des eaux de la mer dans la limite des eaux territoriales"*.

En phase définitive les projets, de par leur nature et leurs objectifs, réduiront les débits de crue et le risque d'inondation.

e) Contribution du projet à la restauration de la qualité des eaux et leur régénération

Les projets contribuent à la restauration de la qualité des eaux et leur régénération.

f) Contribution du projet au développement, mobilisation, création et protection de la ressource en eau

Sans objet.

g) Contribution du projet à la promotion d'une utilisation efficace, économe et durable de la ressource en eau

Sans objet.

h) Contribution du projet au rétablissement de la continuité écologique au sein des bassins hydrographiques

Les projets améliorent la situation sur les secteurs suivants :

- Rétablissement de la continuité en aval de l'ouvrage de la rue des grands prés (Port Royal) ;
- Resserrement des écoulements dans l'ouvrage ferroviaire (Pontreau) ;

Les projets n'améliorent la situation au niveau des exutoires :

- Conservation de l'émissaire actuel présentant une chute et un busage important ;
- Remplacement des clapets-anti-retour (Pontreau).

i) Respect des exigences de santé, salubrité publique, sécurité civile et alimentation en eau potable

Sans objet.

j) Respect des exigences de la vie biologique du milieu récepteur, et spécialement de la faune piscicole

Les milieux récepteurs présentent un état dégradé. Les aménagements envisagés ont été pensés de façon à être compatible avec les exigences de la vie biologique existante.

k) Respect des exigences de la conservation et du libre écoulement des eaux et de la protection contre les inondations

Les projets respectent les exigences de conservation et de libre écoulement des eaux et permettent de réduire les risques d'inondation (notamment pour la crue trentennale, crue dimensionnante pour le projet).

l) Respect des exigences de l'agriculture, des pêches et des cultures marines, de la pêche en eau douce, de l'industrie, de la production d'énergie, en particulier pour assurer la sécurité du système électrique, des transports, du tourisme, de la protection des sites, des loisirs et des sports nautiques ainsi que de toutes autres activités humaines légalement exercées

Sans objet.

5.20.5 Contribution des projets aux objectifs de qualité prévus par l'article D.211-10

Le projet ne va pas à l'encontre des objectifs de qualité fixés par l'article D211-10 du code de l'environnement puisque les impacts du projet sont plutôt positifs vis-à-vis de la qualité physico-chimique des eaux.

A ce titre, la reconstitution du substrat alluvial pour certains aménagements, favorable au développement des biocénoses aquatiques, répond aux objectifs de qualité prévue par l'article D211-10 du code de l'environnement.

Cette participation vaut également pour le volet hydrobiologique (IBGN) du fait des incidences positives du projet sur la qualité des eaux et des habitats aquatiques.

5.21 ANALYSE DES EFFETS CUMULES DU PROJET AVEC D'AUTRES PROJETS CONNUS

5.21.1 Présentation succincte des projets connus

Il n'y a pas de projet connu situé à proximité de la zone des travaux.

5.21.2 Analyse des effets cumulés

Sans objet.

5.22 MESURES CORRECTIVES OU COMPENSATOIRES ENVISAGEES POUR LIMITER LES INCIDENCES POTENTIELLES DES PROJETS ET ASSURER UNE SURVEILLANCE DES INSTALLATIONS

5.22.1 Respect de la période d'intervention

Les travaux seront effectués à l'étiage en fin de période estivale, début de période automnale, facilitant ainsi la réalisation des travaux de terrassement et évitant les périodes de hautes eaux.

Le choix de cette période permet également d'éviter la période de reproduction de la faune présents sur les sites.

5.22.2 Travaux hors d'eau

Les travaux seront réalisés en situation de très basses eaux voire en assec, de façon à limiter le départ des fines dans les cours d'eau et limiter les risques de fuites et transfert de laitance de béton et/ou d'hydrocarbures vers le milieu naturel.

Par mesure de précaution, un dispositif anti-MES (massif granulaire ou filtre à paille par exemple) sera mis en place sur le cours d'eau en aval de la zone d'intervention pendant toute la durée du chantier.

5.22.3 Limitation des risques de pollution

Le rejet accidentel d'hydrocarbures dans l'eau est le principal accident potentiel.

Afin d'en limiter les impacts s'il se produit, le maître d'ouvrage élaborera au préalable un plan d'intervention qui comprendra les modalités de l'identification de l'accident pour les premières personnes intervenant sur les lieux, les consignes de sécurité à respecter, la liste des personnes et organismes à prévenir, et les moyens d'action à mettre en œuvre.

Les entreprises disposeront sur le chantier de barrages flottants pour retenir les hydrocarbures dans l'eau et d'une pompe pour les récupérer. Une quantité suffisante de produits absorbants d'éventuels produits dangereux pour le milieu naturel devra également être présente et facilement accessible sur le site.

Les terres souillées seront évacuées vers une filière d'élimination adaptée.

La neutralisation de la source de la pollution comprendra les étapes suivantes :

- Contenir et arrêter le déversement ;

- Empêcher la propagation du polluant sur le sol en mettant en place des barrages pour fixer le polluant avec de la terre, du sable et des produits absorbants ou gélifiants ;
- Neutraliser le produit avec l'aide de spécialistes, car l'emploi de certains produits est dangereux et le respect des consignes de sécurité est impératif.

En cas de pollution, le chef de chantier devra informer au plus tôt les services de l'OFB ou la gendarmerie la plus proche.

Il est préconisé l'emploi d'huiles végétales et biodégradables dans les circuits hydrauliques des engins de chantier pour limiter les risques de pollution des milieux naturels.

Une quantité suffisante de produits absorbants d'éventuels produits dangereux pour le milieu naturel devra être présente et facilement accessible sur la zone d'intervention.

Le remplissage de carburants des engins de chantiers se fera sur une zone étanche éloignée du cours d'eau.

Le stockage des huiles et hydrocarbures sera réalisé dans une cuve éloignée du ruisseau pour limiter les risques de pollution accidentelle.

L'entretien, la réparation, le ravitaillement et le lavage des véhicules, engins ou matériel devra se faire sur des surfaces étanches permettant la récupération des liquides polluants.

Il est par ailleurs interdit de réaliser les vidanges et autres entretiens avec rejet dans les cours d'eau.

5.22.4 Gestion des déchets

Tous les déchets de chantier et matériaux excédentaires seront évacués en ISDI.

Aucun matériel ou déchet de quelque nature que ce soit ne sera abandonné par l'entreprise sur l'emprise du chantier.

5.22.5 Limitation des risques de mortalité piscicole – pêche de sauvegarde

Une pêche de sauvegarde piscicole est préconisée sur l'ensemble du linéaire d'intervention.

D'une façon générale, l'entreprise sera tenue pour responsable de tout dommage sur l'environnement et devra donc en assumer les conséquences.

5.22.6 Propreté et remise en état des lieux

L'entreprise assurera le nettoyage quotidien nécessaire des salissures, terres et détritiques apportés sur les voies d'accès, les zones ouvertes au public et dans les propriétés riveraines concernées par le chantier.

L'entreprise prendra toutes les dispositions nécessaires pour les rétablissements provisoires d'accès privés et routiers lors de l'exécution du chantier. Toutes les dégradations des circulations dues aux engins travaillant sur le chantier seront remises en état aux frais de l'entrepreneur.

6 MOYENS DE SUIVI ET DE SURVEILLANCE, MOYENS D'INTERVENTION EN CAS D'INCIDENT OU D'ACCIDENT

6.1 MOYENS D'ENTRETIEN

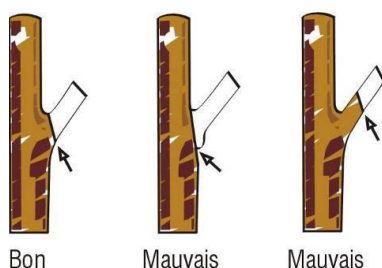
6.1.1 Entretien de la végétation herbacée

La végétation herbacée des risbermes aménagées pourra faire l'objet d'une fauche des hélrophytes une fois par an avant l'hiver (emploi de produits phytosanitaires proscrit), dans une logique d'une part de pleine expression de la végétation hygrophile et de la faune associée au printemps et en été, et d'amélioration d'autre part des écoulements de crue en période de hautes eaux.

6.1.2 Entretien de la végétation arborée

L'entretien de la végétation arborée consistera à moyen terme (5 à 10 ans) à entretenir la ripisylve reconstituée en bordure du cours d'eau par des opérations de coupes et recépages sélectifs.

L'entretien des milieux arborés plantés avec des essences locales sera réalisé par taille douce, afin de les préserver au maximum.



Les coupes seront effectuées sur des branches de moins de 5 cm de diamètre pour une cicatrisation rapide, sans toucher aux parties les plus âgées dont l'entame limite les capacités de l'arbre à redémarrer.

La quantité de branches à supprimer doit être limitée à quelques branches par an afin d'éviter la prolifération des rejets et donc l'accroissement de l'entretien.

En tout état de cause, l'entretien des haies et des lisières boisées à l'épaveuse doit être proscrit. Cette technique crée en effet des blessures sur les arbres et empêche la fermeture des plaies.

Le lamier à disque peut être utilisé pour les longs linéaires, mais l'élagage reste la technique la plus douce pour conduire et maîtriser la croissance des arbres.

L'entretien de la strate arborée sera limité à **1 fois par an**, en période de repos végétatif des arbres (de décembre à février).

Compte tenu du volume à entretenir, une valorisation des produits de taille (branches et feuilles) doit être envisagée.

Ces derniers pourront ainsi être valorisés par broyage pour réaliser un paillage végétal au sein des espaces verts (massifs) de la commune (broyés sur place avec un broyeur mobile ou exportés et traités sur une plateforme de broyage).

6.2 MOYENS DE SUIVI

6.2.1 Proposition du protocole de suivi

Le protocole de suivi proposé est dans la continuité dans la méthodologie mise en place pour l'évaluation de l'état de référence des deux cours d'eau.

Ce suivi consiste à suivre les compartiments suivants :

- Qualité de l'eau : températures, oxygène dissous, taux de saturation, pH, conductivité, matière en suspension et carbone organique dissous ;
- Invertébrés : protocole de prélèvements de macroinvertébrés avec calcul de l'indice I2M2 ;

Le suivi de la fonctionnalité des zones humides sur le secteur amont devra également être assuré par la Maîtrise d'Ouvrage.

6.3 MOYENS D'INTERVENTION EN CAS D'ACCIDENT OU D'INCIDENT

6.3.1 Cadre législatif

Conformément à l'article L.211-5 du code de l'environnement,

« Le préfet et le maire intéressés doivent être informés, dans les meilleurs délais par toute personne qui en a connaissance, de tout incident ou accident présentant un danger pour la sécurité civile, la qualité, la circulation ou la conservation des eaux.

La personne à l'origine de l'incident ou de l'accident et l'exploitant ou, s'il n'existe pas d'exploitant, le propriétaire sont tenus, dès qu'ils en ont connaissance, de prendre ou faire prendre toutes les mesures possibles pour mettre fin à la cause de danger ou d'atteinte au milieu aquatique, évaluer les conséquences de l'incident ou de l'accident et y remédier.

Le préfet peut prescrire aux personnes mentionnées ci-dessus les mesures à prendre pour mettre fin au dommage constaté ou en circonscrire la gravité et, notamment, les analyses à effectuer.

En cas de carence, et s'il y a un risque de pollution ou de destruction du milieu naturel, ou encore pour la santé publique et l'alimentation en eau potable, le préfet peut prendre ou faire exécuter les mesures nécessaires aux frais et risques des personnes responsables.

Le préfet et le maire intéressés informent les populations par tous les moyens appropriés des circonstances de l'incident ou de l'accident, de ses effets prévisibles et des mesures prises pour y remédier.

Les agents des services publics d'incendie et de secours ont accès aux propriétés privées pour mettre fin aux causes de danger ou d'atteinte au milieu aquatique et prévenir ou limiter les conséquences de l'incident ou de l'accident.

Sans préjudice de l'indemnisation des autres dommages subis, les personnes morales de droit public intervenues matériellement ou financièrement ont droit au remboursement, par la ou les personnes à qui incombe la responsabilité de l'incident ou de l'accident, des frais exposés par elles. A ce titre, elles peuvent se constituer partie civile devant les juridictions pénales saisies de poursuites consécutives à l'incident ou à l'accident. »

6.3.2 Evaluation des risques d'incident ou d'accident

Les risques d'incidents ou d'accidents concernés par le sujet du dossier sont liés essentiellement à la pollution accidentelle du cours d'eau ou du milieu naturel environnant (fuite de carburant ou autre).

6.3.3 Moyens d'intervention en cas d'incident ou d'accident

En cas de pollution accidentelle, les actions ci-après seront appliquées par les équipes en place :

- Absorption du polluant par épandage de matériaux absorbants (kit de dépollution dans chaque engin de chantier),
- Confinement de la pollution par un système gonflable au droit des zones de ralentissement des écoulements (amont immédiat du filtre aval),
- Etanchéification de la fuite ou collecte du polluant par un contenant étanche, avant l'évacuation de la source de cette pollution
- Purge des sols souillés et évacuation vers une décharge agréée, conformément à la réglementation en vigueur, et suivi de la destination finale des sols souillés.

7 LES ELEMENTS GRAPHIQUES, PLANS OU CARTES UTILES A LA COMPREHENSION DES PIECES DU DOSSIER

Voir annexes 1 et 2.

VERSION DE TRAVAIL

8 CHIFFRAGE FINANCIER DE L'OPERATION

8.1 PHASAGE DES TRAVAUX

Le phasage des travaux a été hiérarchisé par priorité. Il a été considéré quatre temporalités : très court terme (2021), court terme (2022), moyen terme (2023) et long terme (2024).

Le lancement des travaux sera précédé par une année préliminaire pour le déroulement des études de maîtrise d'œuvre, pour la réalisation des investigations complémentaires et des dossiers réglementaires et pour la consultation des entreprises de travaux.

8.2 ALLOTISSEMENT/MARCHE ET ESTIMATION DES COUTS

Après échange avec la Maîtrise d'Ouvrage, le scénario d'aménagement retenu a été découpé en différents marchés à plusieurs lots ou à lot unique à travers un plan pluriannuel.

Pour certains marchés, la maîtrise d'œuvre est réalisée en interne par la Maîtrise d'Ouvrage.

Les tableaux ci-dessous présentent les allotissements et les marchés pour les temporalités considérées.

Les coûts indiqués correspondent aux coûts des travaux incluant les investigations complémentaires, la maîtrise d'œuvre et l'installation de chantier.

L'estimation financière pour chaque aménagement est détaillée dans l'annexe 3.

		N°aménagement	Travaux	Linéaire restauré - ml	Proposition de marché et d'allotissement et coûts associés	Maîtrise d'œuvre réalisée par Pornic Agglo	
Très court terme 2021	Port Royal	Aménagement 1	Bassin de rétention du Pont de Terre		Opération "Eaux pluviales"		
		Aménagement 2	Déviation du réseau d'eaux pluviales				
		Aménagement 3	Remplacement des parapets en béton (a) (En cours de réalisation)		Marché A (lot unique) : VRD (a) 8 000 € HT	Marché A : Oui Marché B : Non Marché C : Oui	
		Aménagement 4	Modification de l'ouvrage - Rue de Port Royal (b) (A programmer)		Marché B (lot unique) : Ouvrage (b) 129 000 € HT		
	Pontreau	Aménagement 1	Changement de clapets anti-retour (c) (A programmer)		Marché C (lot unique) : Ventellerie (c) 40 000 € HT		
Court terme 2022	Port Royal	Aménagement 5	Remodelage hydromorphologique entre la rue des Moutiers et la rue de Port Royal (d)	300	Marché A : 848 000 € Lot 1 : Ouvrages (j) + (m) 130 500 € HT Lot 2 : Restauration (d) + (e) + (f) + (g) + (h) + (i) + (k) + (l) 717 500 € HT		Marché A : Non
		Aménagement 6	Remodelage hydromorphologique – Rue des Grands Prés (e)	95			
	Pontreau	Aménagement 4	Remodelage hydromorphologique entre la route de la Bernerie et le camping (f)	250			
		Aménagement 2	Remodelage hydromorphologique – camping (g)	100			
		Aménagement 3	Création d'une zone d'expansion – camping (h)				
		Aménagement 7	Rétablissement du lit d'origine en fond de vallée – Chemin des Perrières (i)	241			
		Aménagement 7	Réfection de l'ouvrage – Chemin des Perrières (j)				
		Aménagement 5	Remodelage hydromorphologique et création d'une zone d'expansion – Route de la Bernerie (k)	121			
		Aménagement 6	Remise à ciel ouvert – Route du Bois des Tréans (l)	67			
		Aménagement 6	Redimensionnement du l'ouvrage – Route du Bois des Tréans (m)				
Moyen terme 2023-2024	Pontreau	Aménagement 8	Rétablissement du lit d'origine en fond de vallée en amont de la route bleue (n)	277	Marché A (lot unique) : Restauration (n) + (o) 125 000 € HT	Marché A : Oui	
		Aménagement 11	Rétablissement du lit d'origine en fond de vallée en aval de la route bleue (o)	650			
		Aménagement 9	Bassin de rétention des eaux pluviales – Bois Sauvín		Opération "Eaux pluviales"		
		Aménagement 10	Bassin de rétention des eaux pluviales – Bois des Tréans				

Tableau 43 : Plan pluriannuel de travaux sur les cours d'eau du Pontreau et du Port Royal

9 ANNEXES

Liste des annexes :

- Annexe 1 : plans des aménagements envisagés sur le cours d'eau de Port Royal
- Annexe 2 : plans des aménagements envisagés sur le cours d'eau du Pontreau
- Annexe 3 : estimation financière détaillée
- Annexe 4 : déclaration d'existence de l'ouvrage de franchissement de la rue de Port Royal sur le cours d'eau de Port Royal
- Annexe 5 : déclaration d'existence de l'ouvrage de franchissement de la rue du Bois des Tréans sur le cours d'eau du Pontreau
- Annexe 6 : déclaration d'existence de l'ouvrage de franchissement du chemin des Perrières sur le cours d'eau du Pontreau
- Annexe 7 : demande d'étude au cas par cas pour le remodelage de berges en gabion sur le cours d'eau de Port Royal