

ETUDE HYDROLOGIQUE, HYDRAULIQUE ET HYDRO-SEDIMENTAIRE DE LA LAITA AMONT

Rapport technique

Réf.: A1523-1317-M-RE2-V3

Date: Oct. 2018



**Client: SYNDICAT MIXTE ELLE –
ISOLE – LAITA**



Page blanche

Signatures

	Nom	Société
Préparé par	Jean-Baptiste Libaud, Lydie Denis, Amandine Rega, Nicolas Chini	ACRI-IN
Contrôlé par	Matthieu Jouan, Isabelle Lesprit	ACRI-IN
Autorisé par	Roger Delmas	ACRI-IN

Version

Version	Contenu	Auteurs
27/07/2018	Rapport d'étude - version initiale	NCH
26/09/2018	Prise en compte des remarques du SMEIL	NCH

Liste de diffusion

Destinataire	Organisme/Service	Nombre d'exemplaire	Pour	
			Action	Consultation
Pierre Timmerman	SMEIL	1		

Synthèse

La Syndicat Mixte Ellé-Isole-Laïta a entrepris de mener une réflexion globale sur la gestion hydraulique de la partie amont de l'estuaire de la Laïta.

Cette réflexion est motivée par les éléments suivants :

- la vulnérabilité des enjeux présents sur la zone d'étude face à l'aléa d'inondation ;
- la présence en aval de la ville de Quimperlé d'un certain nombre de contraintes hydrauliques pouvant agir sur les débordements et la durée des inondations.

Le site d'études a fait l'objet de plusieurs études visant à caractériser les écoulements au niveau de Quimperlé. Les premières études réalisées dans les années 1990 ont permis de représenter correctement les conditions de courants et de transports/dispersion de polluants dans la partie aval de l'estuaire.

Plus récemment des études orientées sur la gestion du risque d'inondation de la basse-ville de Quimperlé ont été conduites. Elles ont permis de quantifier les pics de crues et de cartographier les zones inondées. Toutefois, ces modélisations ne représentent pas correctement l'ensemble des écoulements de l'estuaire et ne permettent pas de rendre compte des processus maritimes qui interagissent avec la propagation de l'onde de crue dans l'estuaire. En particulier, les hauteurs du niveau simulées ne représentent pas correctement les phases de marée descendante.

La présente étude vise à mettre à jour ces modélisations et doit servir d'aide à la décision pour la définition de solutions d'aménagement.

La définition du fonctionnement hydraulique de l'estuaire amont est réalisée dans le cadre de la présente étude sur la base d'une modélisation hydraulique des écoulements de la Laïta entre la confluence et l'embouchure de l'estuaire. La mise en place de l'outil de modélisation s'appuie sur :

- une actualisation de la topo-bathymétrie du lit mineur de l'estuaire ; cette actualisation a conduit à l'intégration dans le Litto3D des sondes mesurées dans le lit
- des données de forçages réalistes aux frontières du domaine avec les données historiques de débits fournis par le SPC Vilaine et côtiers bretons et les conditions maritimes récupérées auprès d'Ifremer ;
- des campagnes de mesures in situ permettant le calage et la validation du modèle sur plusieurs événements caractéristiques (crue vingtennale, crue quinquennale et période d'étiage) ;

L'outil de modélisation a également été mis en œuvre afin de réaliser la cartographie de la crue extrême au sens de la circulaire du 16 juillet 2012 relative à la mise en œuvre de la phase « cartographie » de la directive européenne relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation ; Une adaptation de l'outil de modélisation a été réalisée afin de tenir compte des pertes de charges induites par les ouvrages situés en amont de la confluence.

L'inventaire des verrous hydrauliques situés dans la partie amont de la Laïta a permis de définir des solutions d'aménagement en vue de réduire l'aléa inondation dans la basse ville de Quimperlé. Ces solutions concernent :

- Abaissement de la cote du lit majeur de la Laïta au droit du pont ferroviaire ;
- Suppression des remblais se situant en rive droite de la Laïta ;

- Aménagement des Guerns ;
- Curage de la Laïta ;
- Suppression des atterrissements situés en amont immédiat du viaduc
- Retrait des bois en rives et des embâcles dans le cours d'eau.

Ces solutions sont étudiées d'un point de vue hydraulique à l'aide de l'outil de modélisation, mais également en tenant compte des contraintes réglementaires et financières, et en identifiant les coûts environnementaux sur la qualité de l'eau et de la biodiversité. L'évaluation du cadre réglementaire et le chiffrage des coûts est effectué à un niveau avant-projet sommaire.

Cette analyse multicritère permet de mettre en avant les solutions d'aménagements répondant aux attentes du projet, ou bien d'écarter celles qui ne respectent les critères de sélections.

Le croisement des critères aléa et coûts permet de rejeter la solution de curage dont l'effet sur l'aléa est trop faible pour compenser les coûts environnementaux et financiers induits par cette solution.

Les travaux concernant l'aménagement du pont ferroviaire ou bien encore le retrait des remblais n'ont qu'un effet limité sur l'aléa inondation. Toutefois, ces travaux ont un effet sur la qualité de l'eau et la biodiversité en augmentant la superficie du lit majeur. A noter toutefois les contraintes réglementaires pour les travaux sur le pont SNCF.

Le traitement des Guerns n'a qu'une faible incidence sur l'aléa inondation. Il présente toutefois des aspects non négligeables pour la qualité de l'eau et la biodiversité, sans présenter de forts coûts.

Enfin des travaux d'élagages en rive gauche présentent essentiellement un intérêt paysager, sans incidence sur l'aléa d'inondation.

Table des matières

1	INTRODUCTION	1
1.1	CONTEXTE DE L'ÉTUDE	1
1.2	OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	1
1.3	PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE	2
1.4	DONNÉES GÉNÉRALES SUR L'HYDRAULIQUE	3
1.5	BATHY-TOPOGRAPHIE DE LA LAÏTA AMONT	3
1.6	INVENTAIRES DES VERROUS HYDRAULIQUES	4
1.7	PRÉSENTATION DES CONDITIONS OCÉANIQUES GÉNÉRALES	5
1.7.1	Les niveaux marins	5
1.7.2	La marée astronomique au Pouldu	5
1.7.2.1	Valeurs extrêmes	6
1.7.3	La courantologie marine	6
2	MORPHOLOGIE DE LA LAÏTA	7
2.1	PRÉSENTATION DE LA CAMPAGNE DE MESURES	7
2.1.1	Généralité	7
2.1.2	Méthodologie	9
2.1.2.1	Positionnement	9
2.1.2.2	Cartographie bathymétrique	10
2.1.3	Moyen nautique	11
2.2	COMPARAISON AVEC LES DONNÉES LITTO3D®	13
2.3	PRODUCTION D'UNE CARTOGRAPHIE UNIFIÉE DU LIT DE LA LAÏTA	14
2.3.1	Méthodologie	14
2.3.2	Résultats	14
2.4	ÉLÉMENTS MARQUANTS DU LIT DE LA LAÏTA AMONT	15
2.4.1	Zone entre la confluence et le méandre de Québlen	15
2.4.1.1	Les quais du Quimperlé	16
2.4.1.2	Les zones de prairies	17
2.4.1.3	Le rétrécissement au niveau de la voie ferroviaire	17
2.4.1.4	Les remblais en lit majeur	18
2.4.2	Zone entre le méandre de Québlen et le port de Véchène	18
3	MODELISATION HYDRAULIQUE	20
3.1	PRÉSENTATION DE L'OUTIL DE MODÉLISATION	20
3.2	PRÉSENTATION DE LA GRILLE DE CALCUL	20
3.2.1	Emprise du domaine	20
3.2.2	Prise en compte des singularités du domaine	21
3.2.2.1	Représentation du lit mineur	21
3.2.2.2	Prise en compte des piles de ponts	21
3.2.2.3	Prise en compte des piles de ponts en amont de la confluence	22
3.2.3	Prise en compte des berges des cours d'eau en amont de la confluence	23
3.2.4	Synthèse sur les caractéristiques principales du modèle	23
3.3	DONNÉES D'ENTRÉE	23
3.3.1	Topo bathymétrie	23
3.3.2	Conditions maritimes	24
3.3.3	Conditions amont	24
3.3.4	Les paramètres numériques	24
	Le pas de temps	24

Choix du coefficient de frottement-----	25
Choix de la modélisation de la turbulence-----	25
3.4 RÉSULTATS-----	25
3.4.1 Mesures utilisées pour la calibration et validation -----	25
3.4.1.1 Données SPC-----	25
3.4.1.2 Données complémentaires-----	25
3.4.1.3 Evènements utilisés pour la calibration/validation du modèle numérique -----	28
3.4.2 Simulations de calibration -----	28
3.4.2.1 Calage du modèle avec les niveaux enregistrés au marégraphe du Pouldu-----	28
3.4.2.2 Calage du modèle avec les niveaux enregistrés au limnigraphe de Place Charles de Gaulle	29
3.4.2.3 Calage du modèle avec les niveaux enregistrés lors de la campagne complémentaire-	30
3.4.2.4 Calage du modèle avec les courants enregistrés lors de la campagne complémentaire	30
3.4.2.5 Validation du modèle pour les crues de fin décembre 2013 et de janvier 2014 -----	31
 4 CARTOGRAPHIE DE LA CRUE MILLENALE -----	 33
4.1 DÉTERMINATION DES DÉBITS MILLÉNAUX-----	33
4.1.1 Rappel sur les débits extrêmes estimés pour l’Isole et l’Ellé -----	33
4.1.1.1 Eléments réglementaires PPRI (2004) -----	33
4.1.1.2 Autres estimations -----	33
4.1.2 Méthodologie de détermination des débits millénaux -----	34
4.1.2.1 Extrapolation des débits à partir des données bibliographiques -----	34
4.1.2.2 Application de la méthode SHYREG -----	35
4.1.2.3 Synthèse -----	35
4.2 MODÉLISATION DES NIVEAUX CENTENNAUX-----	36
4.2.1 Données d’entrée-----	36
4.2.2 Comparaison avec les résultats PPRI-----	37
4.3 MODÉLISATION DES NIVEAUX MILLÉNAUX -----	38
4.3.1 Cartes des niveaux-----	38
4.3.1.1 Crue enveloppe maximale : 700m ³ /s -----	39
4.3.1.2 Crue enveloppe minimale : 570m ³ /s-----	40
4.3.2 Cartes des hauteurs d’eau -----	40
 5 PROPOSITION DES AMENAGEMENTS SUR LE SECTEUR AMONT DE LA LAÏTA -----	 43
5.1 INVENTAIRES DES AMÉNAGEMENTS -----	43
5.2 INDICATEURS CONSIDÉRÉS -----	43
5.3 PRÉSENTATION DES AMÉNAGEMENTS PROPOSÉS -----	43
5.3.1 Abaissement de la cote du lit majeur de la Laïta au droit du pont ferroviaire-----	43
5.3.2 Suppression des remblais se situant sur la rive droite de la Laïta.-----	44
5.3.3 Aménagement des guerns -----	44
5.3.4 Curage de la Laïta -----	46
5.3.5 Suppression des atterrissements situés en amont immédiat du viaduc -----	47
5.3.6 Retrait des bois en rives et des embâcles dans le cours d’eau -----	47
 6 MODELISATION D’AMENAGEMENTS -----	 48
6.1 AMÉNAGEMENTS SIMULÉS -----	48
6.1.1 Aménagement des Guerns -----	48
6.1.2 Curage du lit mineur de la Laïta. -----	49
6.1.3 Suppression des remblais sur la rive droite et aménagement du lit majeur au niveau du pont SNCF.	49
6.2 CONDITIONS HYDRODYNAMIQUES CONSIDÉRÉES-----	50

6.2.1	Caractérisation des débits	51
6.2.2	Caractérisation des niveaux marins	53
6.3	INCIDENCE SUR UNE CRUE BIENNALE	53
6.3.1	En conditions de vive eau	53
6.3.2	En conditions de pleine mer 10 ans	53
6.3.3	En conditions de pleine mer 100 ans	54
6.3.4	Synthèse sur la crue biennale	55
6.4	INCIDENCE SUR UNE CRUE QUINQUENNALE	55
6.4.1	En conditions de vive eau	55
6.4.2	En conditions de pleine mer 10 ans	56
6.4.3	En conditions de pleine mer 100 ans	57
6.4.4	Synthèse sur la crue quinquennale	58
6.5	INCIDENCE SUR UNE CRUE DÉCENNALE	58
6.5.1	En conditions de vive eau	58
6.5.2	En conditions de pleine mer 10 ans	59
6.5.3	En conditions de pleine mer 100 ans	60
6.5.4	Synthèse sur la crue décennale	60
6.6	INCIDENCE SUR UNE CRUE VINGTENNALE	61
6.6.1	En conditions de vive eau	61
6.6.2	En conditions de pleine mer 10 ans	61
6.6.3	En conditions de pleine mer 100 ans	62
6.6.4	Synthèse sur la crue vingtennale	63
6.7	INCIDENCE DES AMÉNAGEMENTS POUR DES CRUES HISTORIQUES	64
6.7.1	Crue de décembre 2013	64
6.7.2	Crue de janvier 2014	65
6.8	SYNTHÈSE SUR LES INCIDENCES DES AMÉNAGEMENTS SUR LES NIVEAUX	65
7	CADRE REGLEMENTAIRE ET ENVIRONNEMENTAUX	67
8	ESTIMATION DES COÛTS	79
8.1.1	Principe d'estimation sommaire des coûts	79
8.1.2	Abaissement de la cote du lit majeur de la Laïta au droit du pont ferroviaire	79
8.1.3	Suppression des remblais se situant sur la rive droite de la Laïta.	79
8.1.4	Aménagement des guerns	79
8.1.5	Curage de la Laïta	80
8.1.6	Retrait des bois en rives et des embâcles dans le cours d'eau	80
9	CARACTERISATION DE L'OCCUPATION DU TERRITOIRE	81
9.1	IDENTIFICATION DES ENJEUX	81
9.2	DONNÉES UTILISÉES	81
9.3	RÉSULTATS	82
10	ANALYSE MULTICRITERE	92
	ANNEXE A - PROFILS BATHY-TOPOGRAPHIQUES	94

Liste des figures

Figure 1 : Cartes de localisation de la zone d'étude (fond de carte SCAN25® et BD Carthage®) -----	2
Figure 2 : Eléments singuliers présents sur le lit majeur de la Laïta (fond de carte SCAN25®) -----	4
Figure 3 : Plan de positionnement du levé bathymétrique du lit mineur de la Laïta (fond de carte SCAN25® et Litto3D®) -----	7
Figure 4 : Plan de positionnement des levés topographiques réalisés en janv. 2017 (fond de carte SCAN25® et Litto3D®) -----	8
Figure 5 : Plan de positionnement des levés topographiques réalisés en sept. 2017 (fond de carte BD ORTHO®) -----	9
Figure 6 : embarcation prête à partir en opération sur la Laïta -----	12
Figure 7 : comparaison entre les données avant et après filtrage (données transmises par IGN), profil du transect à droite -----	13
Figure 8 : Comparaison entre les mesures topographiques et les données Litto3D® -----	14
Figure 9 : Position des profils topo-bathymétriques (Fond de carte BD ORTHO®) -----	15
Figure 10 : Topographie du lit de la Laïta Amont (Fond de carte IGN SCAN25®) -----	16
Figure 11 : Recensement des aménagements réalisés depuis le XVe siècle sur les cours d'eau (Pennec et Gouriou, 2001) -----	17
Figure 12 : Topobathymétrie de la Laïta au niveau des Guerns (fond de carte IGN SCAN25®) -----	19
Figure 13 : Emprise du domaine de calcul (fond de carte image ESA Sentinel 2) -----	21
Figure 14 : Représentation du maillage au niveau du pont ferroviaire (fond de carte BD ORTHO®). -----	22
Figure 15 : Schématisation des buses -----	22
Figure 16 : Base de données MARC (Ifremer) -----	24
Figure 17 : Position des capteurs mis en œuvre des mesures complémentaires -----	26
Figure 18 : Mesures de profils verticaux de courant dans le lit mineur au droit des Guerns. -----	27
Figure 19 : Caractérisation de l'événement du 4 au 6 février 2017, en rouge : limnigramme de Charles de Gaulle, en bleu : débit Isole, en vert : débit Ellé -----	28
Figure 20 : Comparaison modèle/mesure au marégraphe du Pouldu -----	29
Figure 21 : Comparaison modèle/mesure au limnigraphe Charles de Gaulle. -----	29
Figure 22 : Comparaison modèle/mesure au limnigraphe complémentaire. -----	30
Figure 23 : Comparaison modèle/mesure des vitesses. -----	31
Figure 24 : Comparaison modèle/mesure au limnigraphe Charles de Gaulle. -----	31
Figure 25 : Ajustement de la loi log – normal aux données PPRI (2004) -----	34
Figure 26 : Limnigramme de la crue millénale pour Ellé et Isole – Methode : log-normale -----	36
Figure 27 : Limnigramme de la crue millénale pour Ellé et Isole – Methode : SHYREG -----	36
Figure 28 : Limnigramme de la crue centennale pour Ellé et Isole -----	37
Figure 29 : Comparaison entre niveaux retenus pour le PPRI et les résultats de la modélisation -----	38

Figure 30 : Niveau maximal modélisé dans la basse ville de Quimperlé pour une crue millénaire de 700m ³ /s -----	39
Figure 31 : Niveau maximal modélisé dans la basse ville de Quimperlé pour une crue millénaire de 570m ³ /s -----	40
Figure 32 : Cartes des hauteurs d'eau maximales : crue 570m ³ /s (fond de carte IGN Scan 25)-----	41
Figure 33 : Cartes des hauteurs d'eau maximales : crue 700m ³ /s (fond de carte IGN Scan 25)-----	42
Figure 34 : Photographie historique du lit de la Laïta au niveau du pont ferroviaire (source Structurae)-----	44
Figure 35 : Localisation des canaux-----	46
Figure 36 : Bathymétrie utilisée pour l'aménagement des Guerns.-----	48
Figure 37 : Bathymétrie modélisée pour l'aménagement du lit mineur de la Laïta. -----	49
Figure 38 : Bathymétrie modélisée pour la suppression des remblais en lit mineur-----	50
Figure 39 : Scénario de débits biennaux -----	51
Figure 40 : Scénario de débits quinquennaux -----	51
Figure 41 : Scénario de débits décennaux -----	52
Figure 42 : Scénario de débits vingtennaux -----	52
Figure 43 : Incidence des aménagements pour une crue biennale et en conditions de vive eau – au niveau de la confluence -----	53
Figure 44 : Incidence des aménagements pour une crue biennale et en conditions PM 10 ans – au niveau de la confluence-----	54
Figure 45 : Incidence des aménagements pour une crue biennale et en conditions de PM 100 ans – au niveau de la confluence -----	54
Figure 46 : Incidence des aménagements pour une crue quinquennale et en conditions de vive eau – au niveau de la confluence -----	56
Figure 47 : Incidence des aménagements pour une crue quinquennale et en conditions PM 10 ans – au niveau de la confluence -----	57
Figure 48 : Incidence des aménagements pour une crue quinquennale et en conditions de PM 100 ans – au niveau de la confluence -----	57
Figure 49 : Incidence des aménagements pour une crue décennale et en conditions de vive eau – au niveau de la confluence -----	59
Figure 50 : Incidence des aménagements pour une crue décennale et en conditions de PM 10 ans – au niveau de la confluence -----	59
Figure 51 : Incidence des aménagements pour une crue décennale et en conditions de PM 100 ans – au niveau de la confluence -----	60
Figure 52 : Incidence des aménagements pour une crue vingtennale et en conditions de vive eau – au niveau de la confluence -----	61
Figure 53 : Incidence des aménagements pour une crue vingtennale et en conditions PM 10 ans – au niveau de la confluence -----	62
Figure 54 : Incidence des aménagements pour une crue vingtennale et en conditions de PM 100 ans – au niveau de la confluence -----	63

Figure 55 : Incidence des aménagements sur la crue de janvier 2014– au niveau de la confluence-----	64
Figure 56 : Incidence des aménagements sur la crue de janvier 2014– au niveau de la confluence-----	65
Figure 57 : Logements occupés en RDC concernés par le PPRI-----	86
Figure 58 : Activités économiques en RDC concernées par le PPRI -----	87
Figure 59 : Enjeux concernés par le PPRI -----	88
Figure 60 : Logements inondés lors de la crue de 2000-----	89
Figure 61 : Activités économiques inondées lors de la crue de 2000-----	90
Figure 62 : Enjeux inondés lors de la crue de 2000-----	91

Paramètres géodésiques

Projection : LAMBERT-93 – RGF93

Ellipsoïde: GRS 80

Major semi-axis	6378137.000
Inverse flattening	298.257222101

Projection LAMBERT-93

Latitude d'origine	46°30'N
Méridien central	3° E / Greenwich
False Easting, X ₀	700 000 m
False Northing, Y ₀	6 600 000 m

Altimétrie

Les altitudes topographiques et bathymétriques sont référencées par rapport au NGF.

Page blanche

1 Introduction

1.1 Contexte de l'étude

La Syndicat Mixte Ellé-Isole-Laïta a entrepris de mener une réflexion globale sur la gestion hydraulique de la partie amont de l'estuaire de la Laïta.

Cette réflexion est motivée par les éléments suivants :

- la vulnérabilité des enjeux présents sur la zone d'étude face au risque d'inondation ;
- la présence en aval de la ville de Quimperlé d'un certain nombre de contraintes hydrauliques pouvant agir sur les débordements et la durée des inondations.

La définition du fonctionnement hydraulique de l'estuaire amont doit conduire à l'établissement de solutions d'aménagement permettant de réduire la vulnérabilité des enjeux présents sur la zone d'étude.

Le site d'études a fait l'objet de plusieurs études visant à caractériser les écoulements au niveau de Quimperlé. Les premières études réalisées dans les années 1990 ont permis de représenter correctement les conditions de courants et de transports/dispersion de polluants dans l'estuaire.

Plus récemment des études orientées sur la gestion du risque d'inondation de la basse-ville de Quimperlé ont été conduites. Elles ont permis de quantifier les pics de crues et de cartographier les zones inondées. Toutefois, ces modélisations ne représentent pas correctement l'ensemble des écoulements de l'estuaire et ne permettent pas de rendre compte des processus maritimes qui interagissent avec la propagation de l'onde de crue dans l'estuaire. En particulier, les hauteurs du niveau simulées ne représentent pas correctement les phases de marée descendante.

La présente étude vise à mettre à jour ces modélisations et doit servir d'aide à la décision pour la définition de solutions d'aménagement.

1.2 Objectifs de l'étude

Les objectifs de la présente étude peuvent être rappelés de façon synthétique suivant les trois points suivants :

- établir un état des lieux de la dynamique estuarienne dans une zone d'étude qui s'étend depuis la basse ville de Quimperlé jusqu'au port de la Véchène,
- identifier les contraintes hydrauliques influant sur les écoulements estuariens,
- proposer et évaluer des solutions d'aménagements pour réduire le risque d'inondation.

1.3 Présentation de la zone d'étude

La Laïta est formée à Quimperlé, par la jonction de deux cours d'eau, l'Ellé et l'Isolé. Les bassins versants de ces deux cours d'eau couvrent une superficie de 885 km² et drainent toutes les eaux du centre et de l'Est de la Montagne Noire Bretonne (P.Y. BERTHOUX, 1964).

La Laïta Amont telle que définie dans le cadre de cette étude s'étend sur environ 5 km de linéaire entre la confluence de l'Ellé et de l'Isolé et le site du Port de la Véchène.

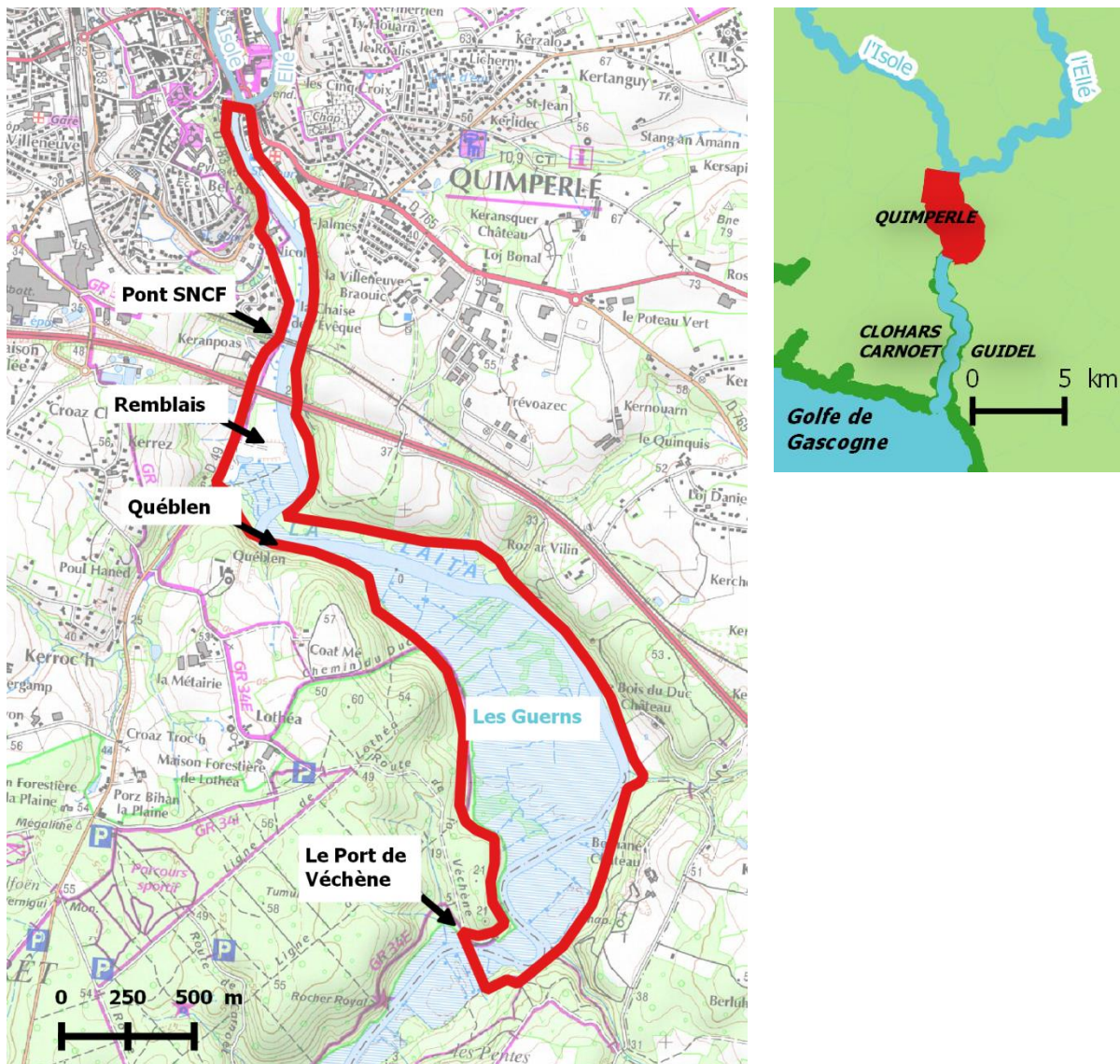


Figure 1 : Cartes de localisation de la zone d'étude (fond de carte SCAN25® et BD Carthage®)

Dans la zone d'étude, la Laïta circule dans un lit mineur d'une vingtaine de mètres de large. Le lit majeur est bordé par un plateau d'une cinquantaine de mètres d'altitude. La morphologie du lit majeur est constituée d'une plaine alluviale dont la largeur varie entre 50m et 600m.

1.4 Données générales sur l'hydraulique

Au niveau de la Laïta, l'influence de la marée saline se fait ressentir jusqu'à Coatroual à 6.5 km en amont de l'embouchure. La marée dynamique peut générer des variations du niveau de l'eau jusqu'à Quimperlé.

Le signal de marée est symétrique en mer et se raidit en remontant dans l'estuaire, jusqu'à devenir totalement asymétrique. Le flot devient alors beaucoup plus court et la vidange de l'estuaire se poursuit pendant le début de celui-ci. La renverse s'effectue lorsque le flot devient supérieur au flux de vidange de la rivière. Le jusant dure environ 8 à 8h30 selon les coefficients de marée. La brièveté du flot (environ 4h) engendre des courants relativement forts qui peuvent atteindre 4 à 5 noeuds dans le bas-estuaire (OLIVIERO, 1978).

1.5 Bathy-topographie de la Laïta Amont

Dans la zone d'étude, le lit de la Laita se décompose en trois grands secteurs :

- Partie urbanisée de la commune de Quimperlé ;
- Guerns 1, une première zone d'extension latérale du lit majeur
- Guerns 2, une seconde zone d'extension latérale du lit majeur

En général, dans la zone d'étude, le lit mineur conserve une largeur constante. Les levés topo bathymétriques ont pu montrer l'existence de méandres avec des creusements importants du lit.

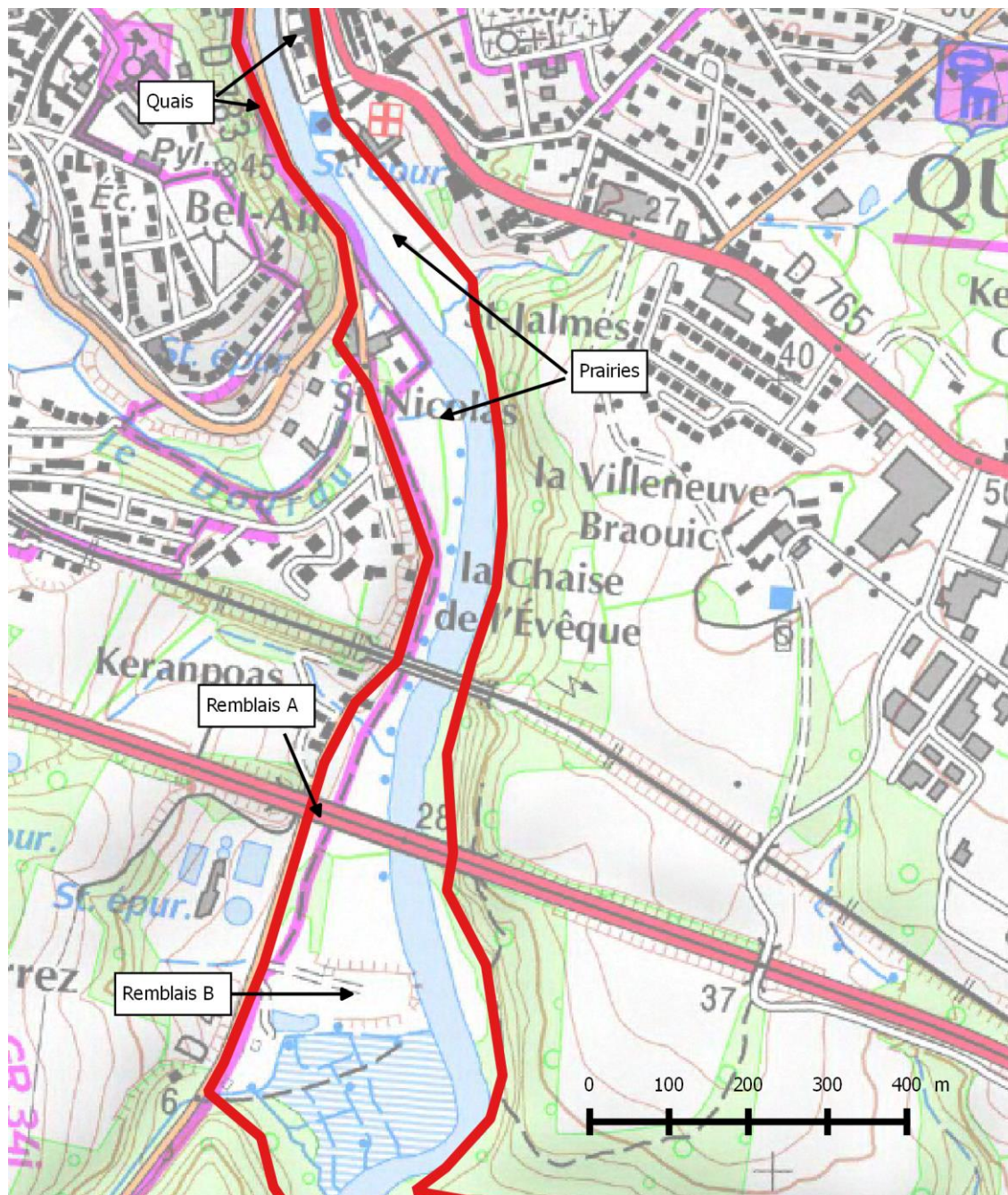


Figure 2 : Eléments singuliers présents sur le lit majeur de la Laïta (fond de carte SCAN25®)

1.6 Inventaires des verrous hydrauliques

Dans la zone d'étude, on peut citer trois verrous hydrauliques modifiant la morphologie du lit mineur :

- Le pont ferroviaire ; datant de 1862, il dispose de sept (7) arches et deux (2) piles sont directement implantées dans le lit mineur de la Laïta ;
- Les deux méandres présents le long du cours d'eau au niveau du port de Véchène et de Québlen, au niveau desquels le lit de la rivière se réduit ;

- Les deux remblais situés sur la rive droite au niveau du pont la RN165.

1.7 Présentation des conditions océaniques générales

1.7.1 Les niveaux marins

Les variations du niveau marin à l'embouchure de la Laïta sont principalement liées à la superposition de deux phénomènes physiques principaux :

- la marée astronomique ;
- la marée atmosphérique.

La marée astronomique correspond à la variation induite par la propagation d'ondes gravitaires générées par l'attraction gravitationnelle des astres (principalement le Soleil et la Lune). Ces ondes sont régies par des phénomènes déterministes et il est donc possible de proposer des prédictions pour les variations du niveau marin induites par la marée astronomique. Ces prédictions sont obtenues par recombinaison du signal de marée à partir de constantes harmoniques estimées à l'aide d'observations in situ. On notera ici que les constantes harmoniques sont calculées à partir de niveaux marins ayant fait l'objet d'un filtrage afin d'extraire du signal observé la partie haute fréquence (liée au clapot ou aux seiches dans les ports). Typiquement, l'analyse harmonique est réalisée sur un signal échantillonné avec un pas horaire.

La marée atmosphérique est, quant à elle, liée à des variations du champ de pression atmosphérique. Ces variations ont un caractère aléatoire et peuvent être prévues à court terme à l'aide d'outils informatiques capables de résoudre certains principes de conservation.

La marée observée est la superposition de ces deux phénomènes. La différence entre l'observation et la prédiction astronomique du niveau marin prend le nom de :

- surcote si le niveau observé est supérieur au niveau prédit ;
- décote si le niveau observé est inférieur au niveau prédit.

D'autres phénomènes locaux peuvent également induire des variations du niveau marin. Sur un littoral exposé aux vagues, le niveau marin moyen peut être modifié. Cette modification est liée à l'énergie qui est véhiculée par les vagues et qui peut être échangée avec le milieu lorsque les fonds marins remontent. Ces variations sont de l'ordre de 10 à 20 % de la hauteur des vagues déferlantes.

Dans un port, des phénomènes de résonance peuvent également être observés. Ce phénomène, lié à la pénétration d'un forçage extérieur et à la géométrie du port, prend le nom de seiche. Ces ondes sont plus longues que celles associées aux vagues, tout en étant plus courtes que les ondes composant le signal de marée astronomique. Elles sont de l'ordre de quelques minutes à quelques dizaines de minutes. Elles peuvent induire des variations du niveau marin de plusieurs centimètres à quelques décimètres.

1.7.2 La marée astronomique au Pouldu

Les niveaux caractéristiques associés à la marée astronomique sont calculés par le SHOM (RAM ,2016). Les données au Pouldu sont reproduites ci-dessous (Tableau 1) :

Tableau 1 : Niveau caractéristique de la marée astronomique au Pouldu (SHOM, 2016)

	PHMA	PMVE	PMME	NM	BMME	BMVE	PBMA
m ZH	5.70	5.15	4.10	3.06	2.10	1.00	0.27
m IGN69	2.78	2.23	1.18	0.14	-0.82	-1.92	-2.65

La marée est de type semi-diurne avec une succession de marées de vive eau et de morte eau sur une période de 15 jours, environ.

Le marnage, différence de niveau entre une haute mer et une basse mer, en marée de vive eau, atteint 4.15 m.

En période de morte eau, le marnage s'établit à 2.00 m.

1.7.2.1 Valeurs extrêmes

Les niveaux extrêmes ont fait l'objet d'une première estimation en 1994 par le SHOM (Simon, 1994), avant d'être réactualisés par le CETMEF et le SHOM en 2012. Ces valeurs ont fait l'objet d'une récente mise à jour (CEREMA, 2017).

Pour le port de Concarneau à proximité du Pouldu, les niveaux des pleines mers de période de retour de 10 et 100 ans sont respectivement estimés à 3.40 mNGF et 3.61 mNGF.

Au marégraphe de Port Tudy, ces niveaux extrêmes sont estimés respectivement à 3.32 mNGF et 3.56 mNGF.

1.7.3 La courantologie marine

Les courants au large de la Laïta sont directement liés à la dynamique induite par la marée astronomique.

Lors du flot, les courants sont principalement orientés vers le Nord-Ouest. Les vitesses sont de l'ordre de 0.5m/s. Le long du littoral, les courants sont parallèles à la côte et deviennent faibles.

Lors du jusant, la mer se retire et les courants sont principalement orientés vers le Sud Est.

Les vagues, par transfert d'énergie de la zone de déferlement, peuvent induire des courants le long de la côte. L'intensité de ces courants dépend non seulement de la hauteur des vagues mais également de leur angle d'incidence par rapport à la côte. La direction du courant dépend quant à elle de la bathymétrie littorale et des singularités du trait de côte.

A l'embouchure de la Laïta, le courant de flot est plus court et plus intense que le courant de jusant. La phase de la marée montante dure environ 4h contre 8h pour la phase de marée descendante (DHI, 2002).

2 Morphologie de la Laïta

2.1 Présentation de la campagne de mesures

2.1.1 Généralité

Afin de caractériser la morphologie de la Laïta, le levé topo-bathymétrique a été réalisé. Ce levé a été réalisé en deux temps.

Un premier levé au sondeur monofaisceau a été effectué du 22/11/2016 au 26/11/2016. Il couvre l'ensemble de la Laïta depuis la confluence de l'Isole et l'Ellé, jusqu' au port de Guidel. Le levé ne couvre pas la partie mesurée par Litto3D. Le positionnement altimétrique est réalisé en temps réel à l'aide d'un GPS RTK.

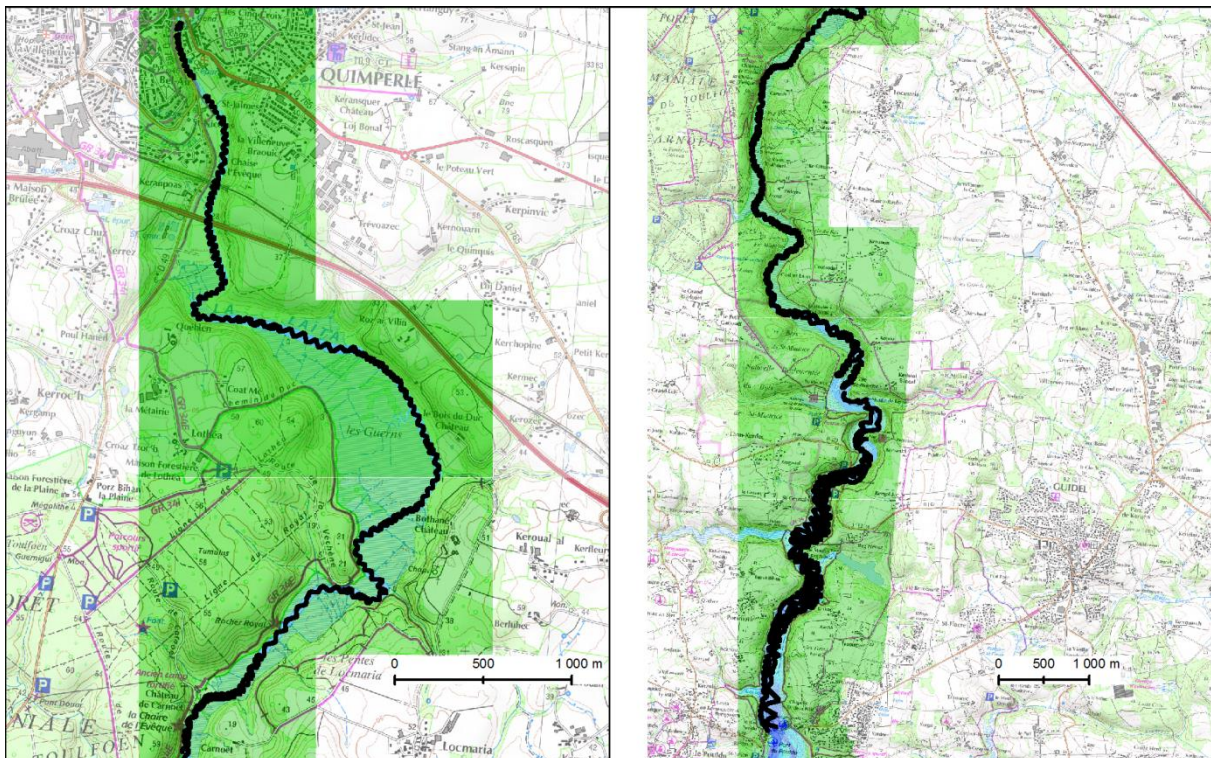


Figure 3 : Plan de positionnement du levé bathymétrique du lit mineur de la Laïta (fond de carte SCAN25® et Litto3D®)

Dans un second temps, un levé topographique le long des différents profils a été réalisé en janvier 2017. Ce jeu de données a été complété en septembre 2017 pour densifier le nombre de sondes au niveau de la confluence de l'Isole et de l'Ellé, mais également au niveau de la confluence entre la Laïta et le Doudu.

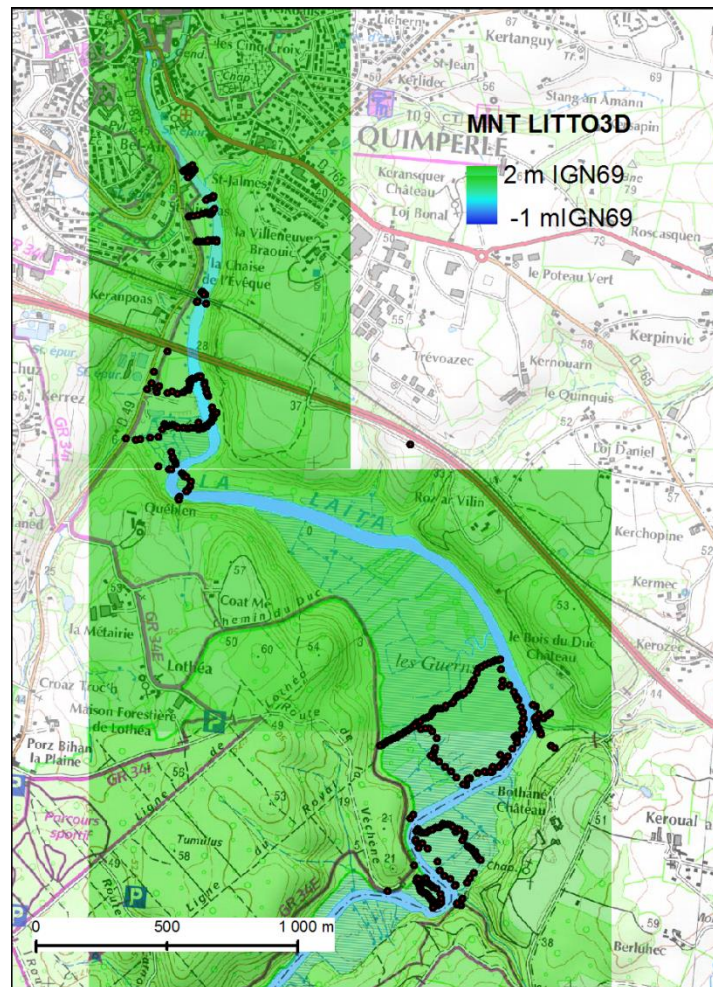


Figure 4 : Plan de positionnement des levés topographiques réalisés en janv. 2017 (fond de carte SCAN25® et Litto3D®)



Figure 5 : Plan de positionnement des levés topographiques réalisés en sept. 2017 (fond de carte BD ORTHO®)

2.1.2 Méthodologie

Dans un premier temps, le travail a consisté à rechercher les points géodésiques existants afin de pouvoir installer la base fixe de positionnement GPS en mode RTK sur un point connu avec une très bonne précision. Dans un second temps, le sondeur a été utilisé afin d'obtenir une couverture bathymétrique sur l'ensemble de l'aire d'étude.

2.1.2.1 Positionnement

2.1.2.1.1 Principe de base

Le positionnement des mesures géophysiques a été réalisé à l'aide d'un récepteur GPS RTK (Real Time Kinematic – *cinématique temps réel*) de type Trimble R7 permettant d'obtenir une précision centimétrique en planimétrie et en altimétrie. Cette technique nécessite l'utilisation de deux stations GPS.

La première station GPS est installée sur un site de référence connu. Les coordonnées x,y,z doivent être de précisions centimétriques. Cette station de base émet des corrections en direction d'une seconde station GPS embarquée à bord du navire.

La procédure d'installation et d'utilisation mise en œuvre est la suivante :

1. Installation de la base fixe sur un point connu situé au plus proche de la zone de mesures.

2. Entrée des données fournies correspondantes au point connu. Le point de référence doit présenter une incertitude inférieure à 5cm et doit être exploitable directement par un GPS. Un point situé en hauteur, ou masqué par de la végétation ou des bâtiments ne peut pas être utilisé. Dans le cas où aucun point proche de la zone d'étude ne répondrait à ces exigences, un point de référence doit être créé via un autre point connu et ce par cheminement. Les calculs d'incertitudes des points créés ne doivent pas dépasser les 5cm de précision.
3. Lancement de l'émission UHF vers le GPS mobile situé sur le navire.
4. Tests de réception sur l'ensemble du secteur d'étude.
5. Enregistrement des données.
6. Afin de pallier les pertes de signaux, les données de la base fixe sont enregistrées en permanence pendant les mesures, ainsi que celles du GPS mobile sur une carte mémoire interne aux GPS. Ceci permet de corriger les données en post-traitement (PPK) avec le logiciel Trimble TGO. Cette méthode permet d'obtenir les informations requises pour l'obtention d'un positionnement centimétrique.

2.1.2.1.2 Mise en œuvre sur le site d'étude

Afin d'identifier les points géodésiques connus à proximité du site d'étude, ACRI-IN a consulté la liste des bornes géodésiques existantes, auprès des services de l'IGN.

La première journée sur le terrain (20/11/2016) a permis d'accéder à certaines de ces bornes géodésiques. A partir de ces bornes, dont le positionnement et le nivellement sont connus de façon très précises, de nouveaux points géodésiques situés en bord de rivière ont été créés par cheminement. Ces points sont uniformément répartis le long du linéaire à lever, afin de pouvoir y installer la base fixe de la station GPS en mode émission UH. La distance maximale entre deux points géodésiques nouvellement créés a été calculée de façon à ce que le récepteur GPS situé sur l'embarcation soit toujours en mesure de capter le signal de la base émettrice.

Durant les différentes journées d'acquisition, la hauteur d'eau a en outre été enregistrée au niveau de l'échelle limnimétrique de la Place Charles de Gaule à Quimperlé et de l'échelle marégraphique du Pouldu.

2.1.2.2 Cartographie bathymétrique

2.1.2.2.1 Levé monofaisceau

La bathymétrie de la Laïta est relativement complexe et la présence de nombreux bancs de sable ne permet pas d'assurer la sécurité du matériel de mesure de type multifaisceau. D'autre part la profondeur relativement faible du cours d'eau (de l'ordre de 1.5m) nécessite la mise en œuvre d'une large ouverture de bande ce qui altère la qualité des résultats obtenus.

Pour ces deux raisons, il a été choisi de réaliser le levé de la partie lit mineur de la Laïta depuis le Pouldu jusqu'à la confluence entre l'Isole et l'Elle à l'aide d'un sondeur monofaisceau.

Le sondeur est associé au logiciel hydrographique Hypack/Hysweep permettant le suivi, l'enregistrement et le traitement des mesures et de la navigation.

La vitesse du son dans l'eau étant un élément fondamental pour la qualité des mesures bathymétriques, des profils de célérité ont été réalisés régulièrement à l'aide d'une sonde EasyCast de la marque YSI. Dès la sortie de l'eau, les données sont transférées via Bluetooth vers le logiciel d'acquisition Hypack.

2.1.2.2 Observations et corrections des niveaux

Le choix de l'utilisation d'un GPS en mode RTK réside dans la possibilité d'obtenir des positions planimétriques et altimétriques avec une précision centimétrique. De plus, ce mode d'acquisition permet une correction en temps réel des variations altimétriques du GPS mobile par rapport à une altitude fixe et connue, et par rapport à une référence altimétrique locale également connue (altitude du zéro hydrographique). Cette altitude fixe et connue se situe au niveau de la base GPS qui émet en temps réel les corrections à appliquer au porteur (GPS mobile) via une émission radio.

Ces variations altimétriques sont définies de la sorte :

La base GPS (fixe) présente une hauteur ellipsoïdale (H_e) connue et constante, et est en liaison radio avec le GPS mobile. Le récepteur mobile présente une hauteur ellipsoïdale variable (variation du niveau du niveau de la rivière) qui est rattachée au niveau zéro NGF – IGN69. Ce zéro géographique présente également une hauteur ellipsoïdale connue et constante, dont la valeur est intégrée au GPS mobile (configuration en interne). La variation de la hauteur ellipsoïdale du GPS mobile par rapport au niveau zéro NGF – IGN69 est donc observable et enregistrable à chaque instant du levé. Cette variation correspond au niveau de la rivière qui est de ce fait corrigé en temps réel.

2.1.2.3 Traitement des données bathymétriques

Le traitement des données a été réalisé à partir du logiciel d'acquisition et de traitement hydrographique Hypack/Hysweep. Ce logiciel permet de visualiser en trois dimensions l'ensemble des données et de retirer les sondes aberrantes ou tout autre artefact lié à l'environnement (turbidité ou bois flottant par exemple).

2.1.3 Moyen nautique

Le navire d'acquisition utilisé lors du levé bathymétrique sur la Laïta est le semi-rigide « Acr'Irez » de la société ACRI-IN, en conformité avec la législation. Cette embarcation, de par son faible tirant d'eau, est particulièrement bien adaptée au travail en estuaire. Le matériel scientifique a été fixé sur perches de part et d'autre du navire. L'équipage naviguant est composé d'un pilote et d'un ingénieur chargé de l'acquisition.

Principales caractéristiques du semi-rigide « Acr'Irez » :

Longueur hors tout	5,20 m
Largeur hors tout	2,40 m
Puissance	1 moteur 50ch
Capacité électrique bord	Groupe électrogène de chantier: 5KVA



Figure 6 : embarcation prête à partir en opération sur la Laïta

2.2 Comparaison avec les données LITTO3D®

Les levés topographiques réalisés sont comparés aux mesures réalisées dans le cadre de Litto3D®. La donnée Litto3D dans la zone des Guerns présente une densité de 1 point par m².

Les données Litto3D font l'objet d'un traitement permettant de filtrer la végétation pour offrir un modèle numérique de l'élévation du sol.

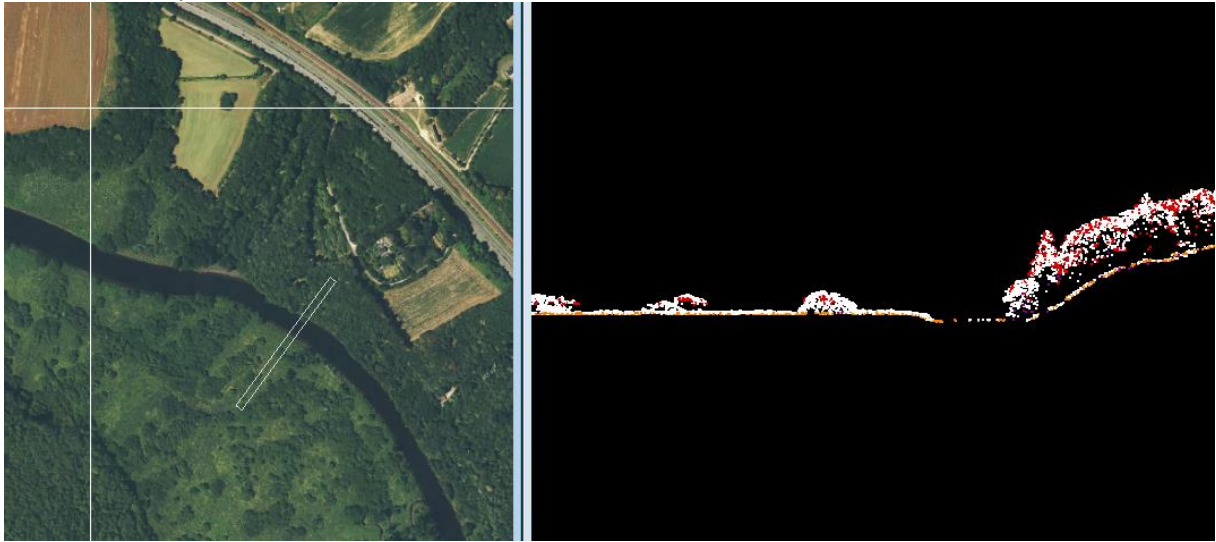


Figure 7 : comparaison entre les données avant et après filtrage (données transmises par IGN), profil du transect à droite

Les points classés en sol sont bien les points à l'altitude minimale sous la zone de végétation.

Le Figure 8 présente les résultats de comparaison entre les mesures faites à partir de la topographie de janvier 2017 et le Litto3D. Les données Litto3D® ont été interpolées bilinéairement en chaque point de mesures topographiques. De cette analyse les points topographiques réalisés dans le lit mineur ont été retirés de l'analyse.

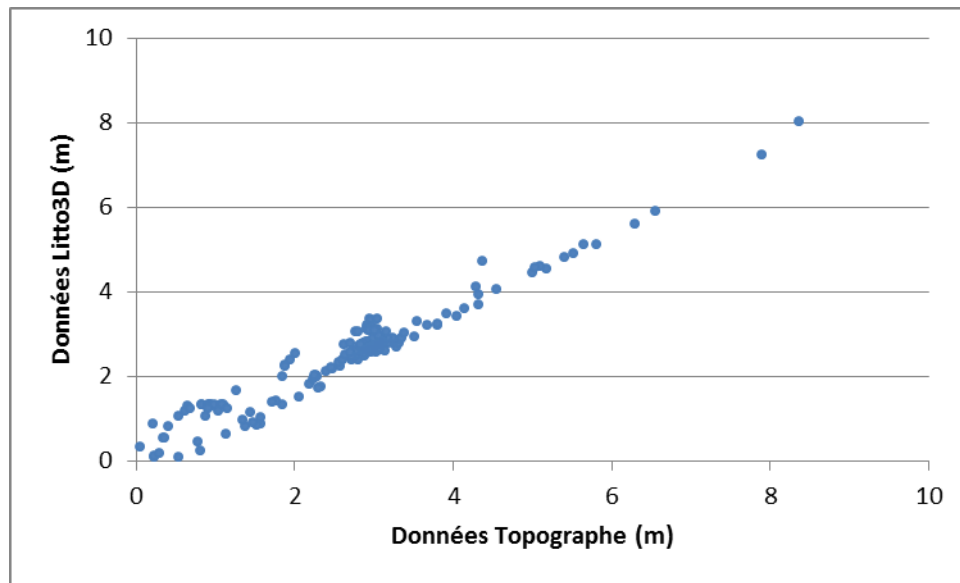


Figure 8 : Comparaison entre les mesures topographiques et les données Litto3D®

On note qu'en général les écarts sont en moyennes de l'ordre 0.1m. Les mesures in situ et les données Litto3D® sont consistantes et on peut considérer Litto3D® comme source de données d'entrée pour l'analyse des écoulements dans la partie amont de la Laïta.

2.3 Production d'une cartographie unifiée du lit de la Laïta

2.3.1 Méthodologie

Le travail d'intégration du lit mineur dans le Litto3D® a nécessité la réalisation des étapes suivantes :

1. Détermination de la polygone délimitant le lit de la Laïta
2. Constitution d'un maillage type Delaunay
3. Lissage de la surface
4. Détermination des isobathes
5. Echantillonnage des isobathes
6. Projection des isobathes sur le maillage du Litto3D
7. Sauvegarde des résultats au format ASC

2.3.2 Résultats

Le travail de projection de la bathymétrie sur la grille Litto3D a permis de produire une cartographie de l'ensemble du lit de la Laïta.

Les mesures réalisées le long des radiales et présentées sur la figure suivante sont fournies en annexe.

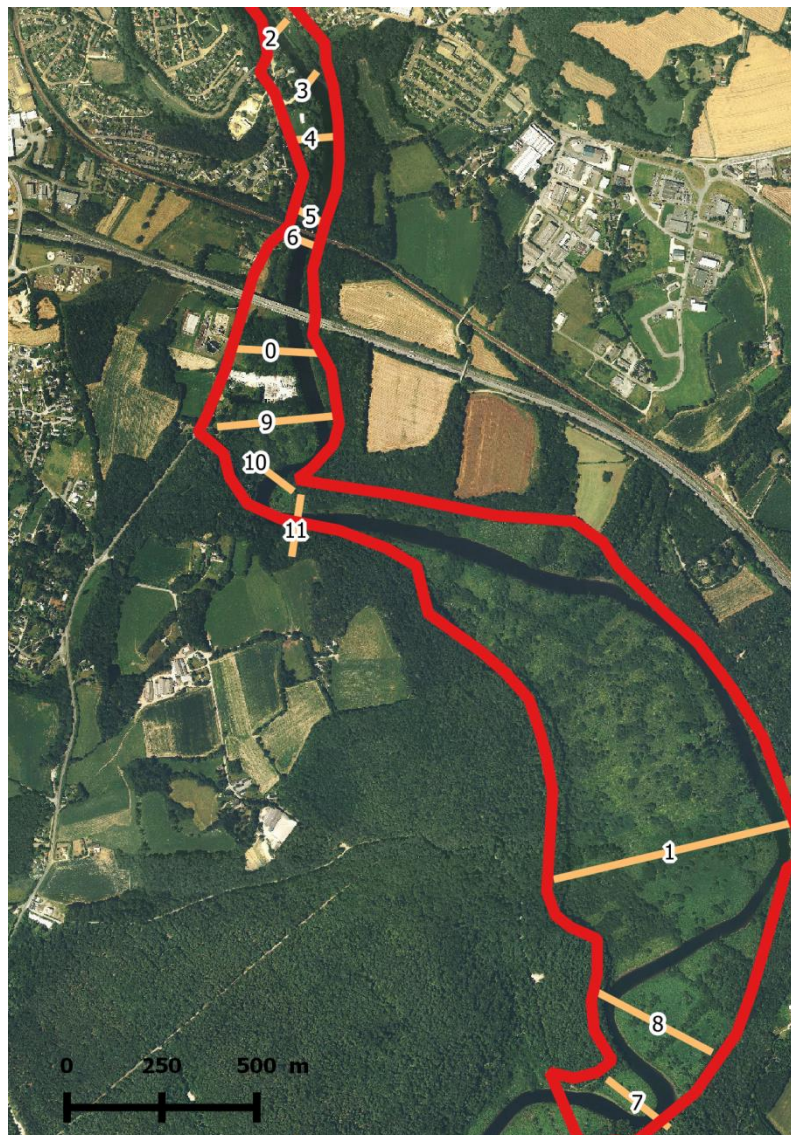


Figure 9 : Position des profils topo-bathymétriques (Fond de carte BD ORTHO®)

2.4 Éléments marquants du lit de la Laïta Amont

2.4.1 Zone entre la confluence et le méandre de Québlen

Cette partie de la Laïta correspond à la partie urbanisée. Elle s'étend depuis la confluence de l'Isolle et de l'Ellé jusqu' un premier méandre dit de Québlen situé environ à 1 500 m en aval de la confluence.

Dans cette partie, le cours de la Laïta est relativement rectiligne. Le méandre se développe au bénéfice d'un thalweg du plateau bordant la rive gauche de la Laïta.

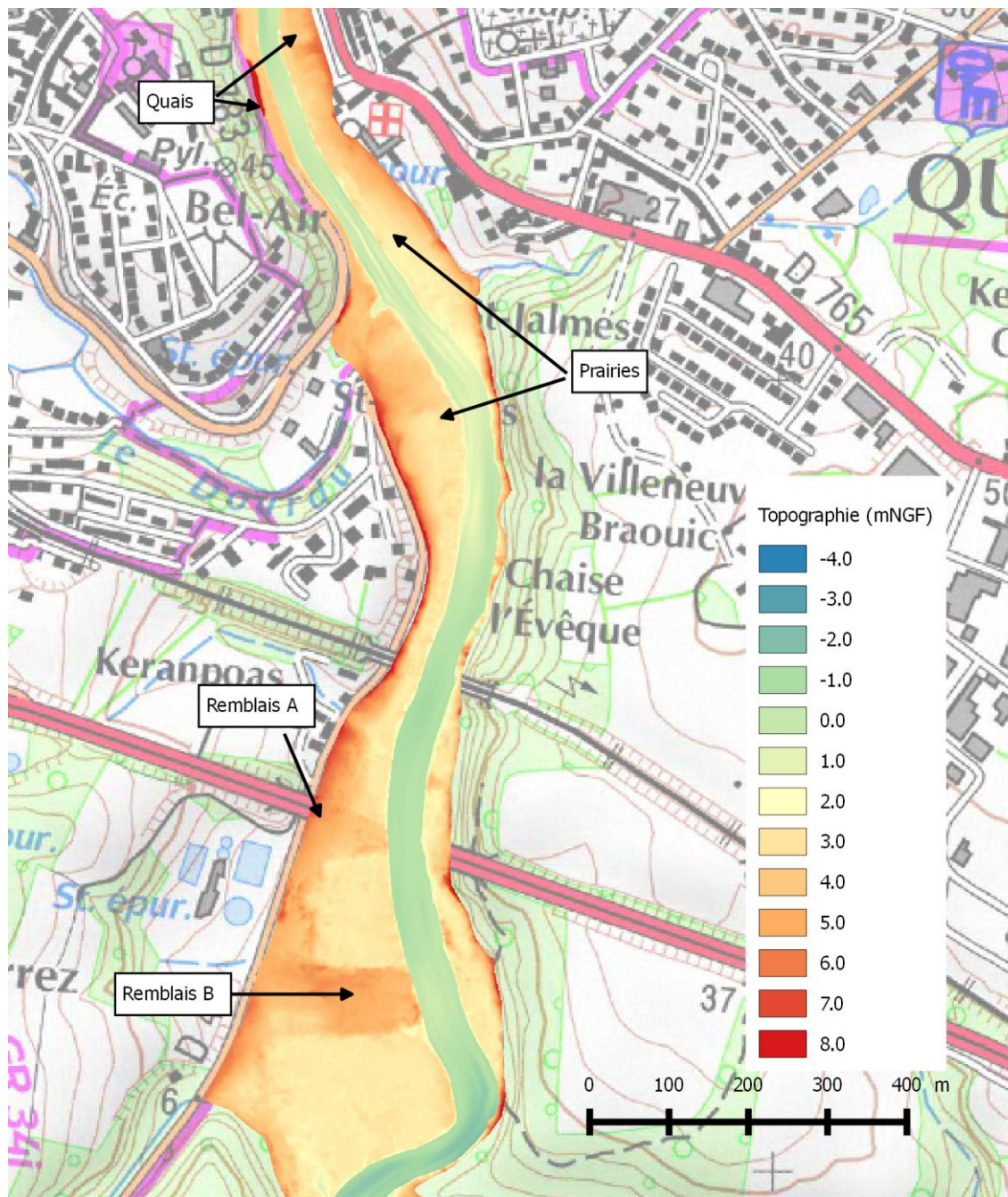


Figure 10 : Topographie du lit de la Laïta Amont (Fond de carte IGN SCAN25 ®)

Le lit majeur de cette zone est essentiellement marqué par la présence de zones urbanisées (présence de quais, de remblais et d'habitations, pont ferroviaire) mais également de zones plus naturelles avec la présence de prairies dans la partie amont en rive gauche et rive droite, et des Guerns.

2.4.1.1 Les quais du Quimperlé

La topographie du lit majeur de la confluence a connu des aménagements à partir de la deuxième moitié du XVe siècle qui ont conduit à un rétrécissement de la Laïta. Ce rétrécissement a été réalisé principalement en trois étapes :

- Création successive de deux digues en rive gauche entre le XVe et la fin du XVIIe siècle ;

- Construction en rive droite du quai Brizeux à la fin du XVIIe siècle ;
- Construction en rive gauche du Quai Surcouff à la fin du XVIIIe siècle.

Les quais Surcouff et Brizeux se situent à une altitude variant entre 3.3 mNGF et 4 mNGF.

La Figure 11 propose une représentation graphique des éléments précédemment décrits (numéro 7 à 9).



Figure 11 : Recensement des aménagements réalisés depuis le XVe siècle sur les cours d'eau
(Pennec et Gouriou, 2001)

Les lits des cours d'eau alimentant la Laïta ont également connus de nombreux aménagements depuis le XVe siècle. On notera en particulier les rétrécissements réalisés sur les cours d'eau par le comblement et l'urbanisation de zones marécageuses entre le XVIIe siècle et le XIXe siècle.

2.4.1.2 Les zones de prairies

A aval des quais, le lit majeur de la Laïta est constitué de prairies se développant :

- En rive gauche sur une superficie de 7 000 m² d'une longueur de 250 m sur 40 m de large et pour une élévation de l'ordre de 2.5 mNGF ; cette prairie correspond à un petit affluent de la Laïta, dont le bassin versant est inférieur à 4 ha ; la partie en aval de cette prairie est bordée par le plateau dominant la rive gauche de la Laïta. En aval de la prairie, la végétation devient plus dense avec la présence de nombreux arbres.
- En rive droite, par la prairie Saint Nicolas, qui s'étend sur une superficie de 1,5 ha ; la largeur de la prairie est de l'ordre de 100 m pour une longueur de 320 m ; l'élévation moyenne de la zone est de 2.8 mNGF.

2.4.1.3 Le rétrécissement au niveau de la voie ferroviaire

Le lit majeur atteint sa largeur minimale au niveau de la voie ferroviaire, soit 1 000 m en aval de la confluence. Le lit à cet endroit ne dépasse pas 90 m.

2.4.1.4 Les remblais en lit majeur

Dans le lit majeur, deux zones de remblais sont identifiables. Ils modifient la morphologie du lit majeur et réduisent la section du cours d'eau.

Le premier remblai se situe sous le pont de la voie express RN165, soit 1 250 m en aval de la confluence. Il date de la construction du pont dans les années 1980. Il occupe une superficie de 3 200 m² sur la rive droite de la Laïta, et s'élève sur environ 1.30 m au-dessus du terrain naturel. Le volume total de ce remblai est de l'ordre de 4 200 m³. Au droit de ce remblai, la largeur du lit majeur est de 75 m.

Le second remblai de l'ordre 15 000 m³ se situe également en rive droite de la Laïta environ 1 500 m en aval de la confluence. Ce remblai est aujourd'hui occupé par une entreprise spécialisée dans la vente de matériaux de construction. Ce remblai date également de la construction de la RN 165. Toutefois, il apparaît à partir des informations disponibles auprès des anciens exploitants des sablières, que ce site a été utilisé pour le stockage de granulats prélevés dans la Laïta.

2.4.2 Zone entre le méandre de Québlen et le port de Véchène

Suite au méandre de Québlen, le lit majeur s'élargit pour atteindre 700 m.

Il est caractérisé par une terrasse alluviale de l'ordre de 50 ha. Connue sous le nom de Guerns, cette zone est constituée d'alluvions holocènes constituées de sables et de vases. L'épaisseur de la couche sédimentaire atteint plusieurs mètres.

L'élévation des Guerns est en moyenne comprise entre 2,5 et 4 m NGF. Ceux-ci sont submergés lors des pleines mers de vive eau ou en cas de crue des cours d'eau alimentant la Laïta.

Les Guerns ont été longtemps entretenus pour des activités agricoles (pâturage, maraichage). Les agriculteurs maintenaient le réseau complexe de canaux. Depuis les années 1970, les Guerns ont progressivement été abandonnés et le milieu s'est progressivement refermé par l'invasion de saules, de roseaux et de nombreuses autres herbacées.

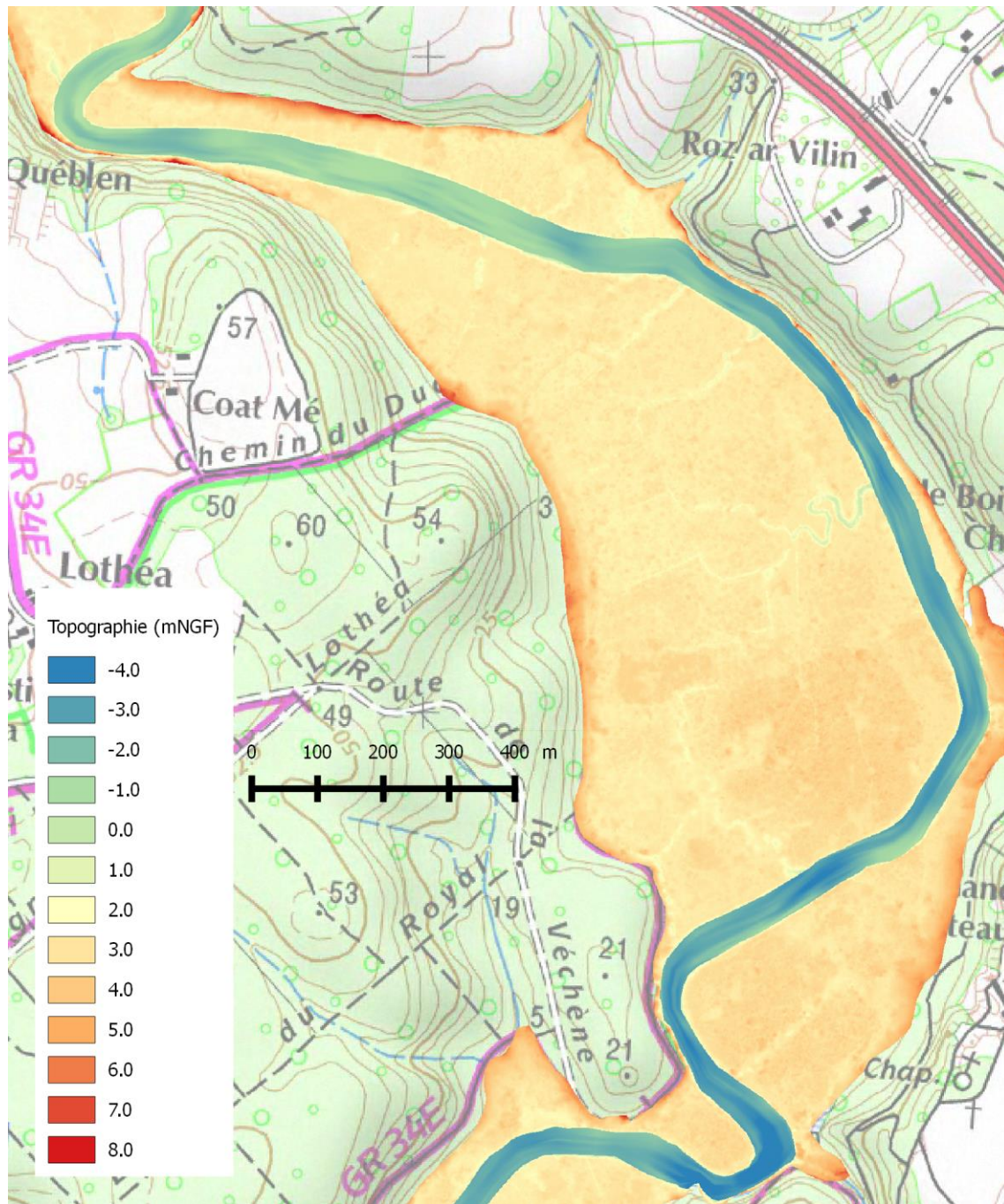


Figure 12 : Topobathymétrie de la Laïta au niveau des Guerns (fond de carte IGN SCAN25®)

3 Modélisation hydraulique

3.1 Présentation de l'outil de modélisation

Afin de simuler numériquement les écoulements dans la Laïta, la chaîne de calcul TELEMAC (version 6.2) a été choisie. Cette chaîne de calcul contient :

- TELEMAC2D, un module résolvant les équations de Saint-Venant pouvant être mis en œuvre pour la modélisation des ondes de marée et de surcotes ;

La chaîne de calcul est développée par EDF R&D et disponible librement pour la communauté scientifique. Ces deux points assurent d'une part de bénéficier des compétences en hydraulique du groupe EDF, internationalement reconnues, et d'avoir accès aux sources du code afin de mieux répondre aux spécificités de la zone d'étude.

L'ensemble des modules de calculs se fonde sur une même bibliothèque aux éléments finis permettant une résolution des équations sur un maillage non structuré. Cette approche permet d'adapter la résolution du maillage en fonction des caractéristiques géométriques de l'étude, tout en respectant le principe de conservation de la masse.

TELEMAC2D, en résolvant les équations de Saint Venant, permet de modéliser les composantes horizontales des courants intégrés sur la verticale et les hauteurs de la colonne d'eau. Cette modélisation tient compte des processus de propagation, de convection, de dispersion, de frottement sur le fond. De plus, le module permet de prendre en compte un certain nombre de sources ponctuelles. Le paramétrage du frottement peut être uniforme ou variable spatialement et temporellement. Le module peut prendre en compte des singularités telles les siphons, les seuils, des ponts. Des forces volumiques peuvent également être imposées dans les équations du mouvement. Plusieurs options existent enfin pour la fermeture turbulente des équations.

Les calculs sont réalisés sur un calcul scientifique opérant sous un système d'exploitation LINUX.

3.2 Présentation de la grille de calcul

3.2.1 Emprise du domaine

Le domaine de calcul du modèle s'étend sur un périmètre étendu afin de tenir compte des forçages maritimes et des estimations de débits réalisées au niveau des stations limnigraphiques de situant en amont de la confluence.

Le domaine de calcul s'étend vers l'amont jusqu'aux stations hydrométriques :

- L'Isole à Quimperlé [Place des Anciennes Fonderies], situé environ 560m en amont de la confluence ;
- L'Ellé à la Station Arzano [Ty Nadan - aval pont], localisé à 10 km en amont de la confluence.

Vers l'aval, le modèle s'étend en mer afin de tenir compte des forçages marins liés à la marée astronomique et aux surcotes induites par le vent et la pression atmosphérique.

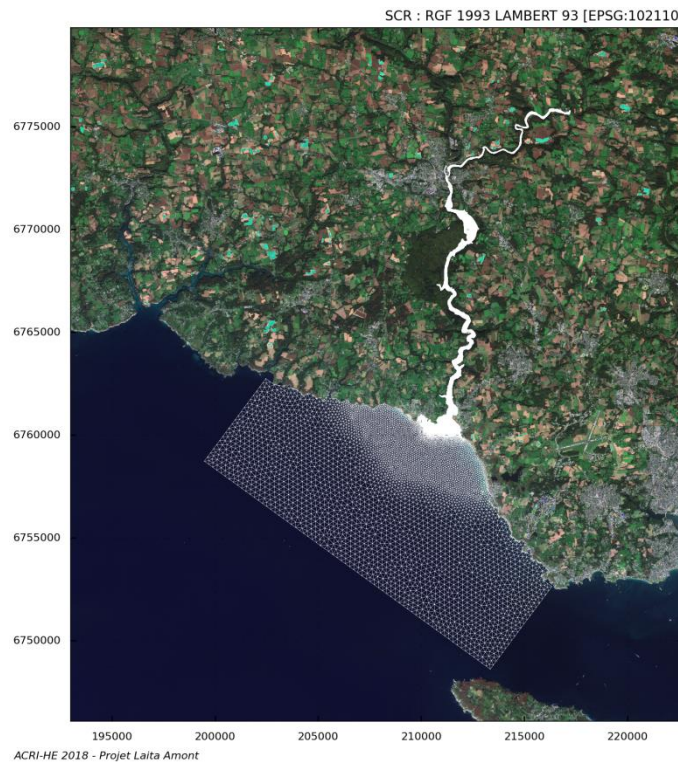


Figure 13 : Emprise du domaine de calcul (fond de carte image ESA Sentinel 2)

La partie urbaine de la basse ville de Quimperlé n'est pas incluse dans le domaine de calcul.

3.2.2 Prise en compte des singularités du domaine

3.2.2.1 Représentation du lit mineur

Le lit mineur dans le domaine est représenté par un maillage structuré disposant de profils représentés par 6 nœuds de calcul et une distance inter-profiles de 15 m.

3.2.2.2 Prise en compte des piles de ponts

Les piles du pont ferroviaire sont prises en compte dans le maillage sous la forme d'îles. Ainsi deux îles sont insérées dans le lit mineur de la Laïta. Afin de permettre un écoulement entre les piles un nombre minimal entre les ouvrages doit être imposé. Quatre nœuds sont ainsi placés entre les piles, nécessitant de réduire localement la taille des éléments.



Figure 14 : Représentation du maillage au niveau du pont ferroviaire (fond de carte BD ORTHO®).

3.2.2.3 Prise en compte des piles de ponts en amont de la confluence

Les ponts se situant dans le long des cours d'eau dans la partie urbanisée de Quimperlé sont représentés dans le domaine de calcul par le biais de buses.

Les ouvrages traversants sont modélisés à l'aide de la routine Fortran « BUSES ». Cette dernière permet de traiter les ouvrages pouvant passer en charge. La direction des flux est calculée automatiquement.

Le débit dans la buse est donné par la formule suivante (cas où l'écoulement va de 1 vers 2) :

$$Q = S_{12} \sqrt{\frac{2g (\text{cote amont} - \text{cote aval})}{CS_2 + CE_1 + L_{12}}}$$

Avec : S_{12} : Section de la conduite
 CS_2 : coefficient de perte de charges en sortie
 CE_1 : coefficient de perte de charges en entrée
 L_{12} : coefficient de perte de charge linéique

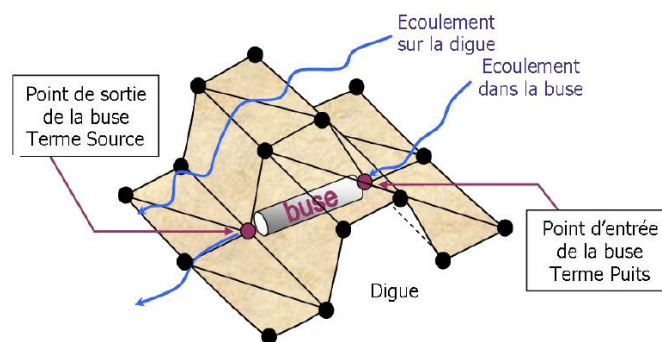


Figure 15 : Schématisation des buses

La liste suivante fournit la liste des ouvrages qui sont inclus dans le domaine de calcul en tenant compte des buses pour représenter les arches entre les piles de pont :

- Sur l'Elle ;
 - Pont de Bourgneuf
 - Pont de rue de l'Elle (Pont Lovignon)
- Sur l'Isole
 - Pont du Moulin de la Ville

Le pont de l'Isole (ou pont salé) a été réaménagé et ne présente plus de pile de pont. Son tablier a également été aménagé pour devenir quasi transparent pour les écoulements. Ce pont n'est pas inclus dans le modèle.

3.2.3 Prise en compte des berges des cours d'eau en amont de la confluence

Afin de modéliser les crues extrêmes dans la partie urbanisée de Quimperlé, en amont de la confluence, il est nécessaire de prendre en compte les ouvrages présents sur les berges des cours d'eau, qui peuvent être franchies par débordement.

Afin de tenir compte de ces débordements, des termes sources de quantité de matière sont inclus dans le modèle. Dès que le niveau dans le cours d'eau dépasse la cote de la berge, un débit critique est utilisé pour estimer la quantité de masse qui passe par-dessus les ouvrages de protection.

Ces hypothèses ne sont appliquées que dans la partie urbanisée de Quimperlé en amont de la confluence, lorsque des quais sont présents. En particulier, le parc situé en amont du Pont de Lovignon est intégré dans le domaine de calcul.

3.2.4 Synthèse sur les caractéristiques principales du modèle

Le maillage du modèle est constitué de 77628 éléments triangulaires et de 41285 nœuds.

La taille des mailles varie entre 2 m dans les parties les plus restreintes des cours d'eau et 15 m pour le lit majeur et à l'embouchure de la Laïta. Au large la résolution spatiale est de l'ordre de 250 m.

3.3 Données d'entrée

3.3.1 Topo bathymétrie

Les données Litto3D® et les données bathymétriques du lit mineur, hydrographié dans le cadre de cette mission, sont interpolées bilinéairement sur la grille du maillage.

Dans les deux cours d'eau Isole et Ellé, il est supposé que les cours d'eau présente une pente du fond uniforme entre la confluence et les deux stations de jaugeage situées en amont. La pente est calculée à partir des données cotes disponibles au niveau de la confluence et la cote NGF du zéro de l'échelle limnigraphique.

Les données historiques des levés topographiques dans les deux affluents ont permis de valider cette approche.

3.3.2 Conditions maritimes

Le modèle est forcé, aux frontières maritimes, en vitesse et hauteur avec des données issues du modèle régional de l'IFREMER à une résolution spatiale de 250 m (<https://marc.ifremer.fr/>). Ce code MARS est utilisé dans sa version 2D, il fournit et archive les hauteurs et courants sur la zone.

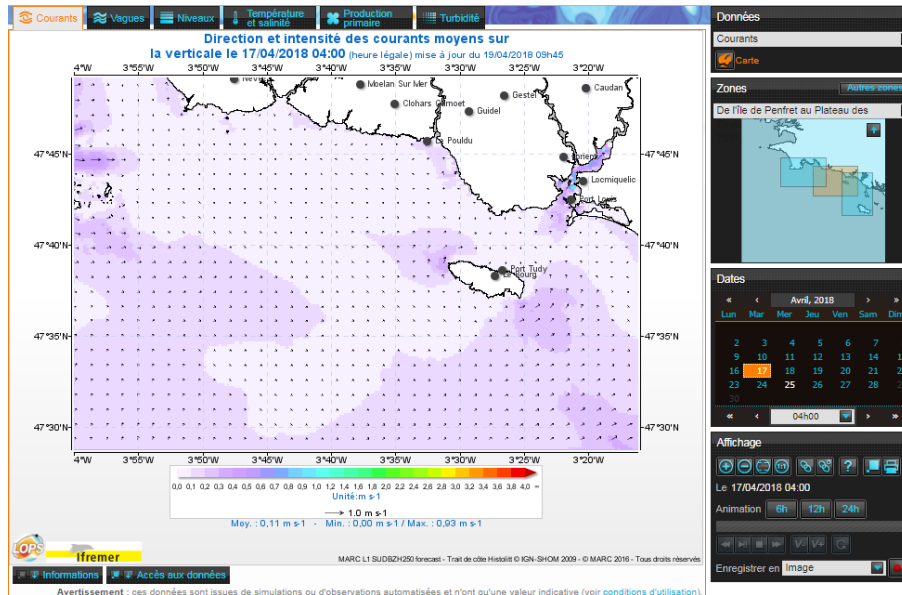


Figure 16 : Base de données MARS (Ifremer)

Les vitesses et hauteur issues de cette base de données sont bilinéairement interpolées en espace et linéairement en temps.

3.3.3 Conditions amont

Les conditions en amont sont issues des stations de jaugeage fournies par le SPC Vilaine et côtiers bretons :

- Sur l'Isle : la station Place des Anciennes Fonderies à Quimperlé, situé environ 560m en amont de la confluence ;
- Sur l'Ellé : la Station Ty Nadan – aval point à Arzano .

Les données horaires de débits sont fournies au modèle. Ce dernier réalise une interpolation linéaire à chaque pas de temps pour estimer la valeur du débit à imposer.

3.3.4 Les paramètres numériques

Le pas de temps

Le pas de temps des simulations est de 2s, compte tenu de la taille des mailles.

Choix du coefficient de frottement

Ce paramètre doit faire l'objet d'une calibration. Il permet d'ajuster les résultats pour reproduire fidèlement les hauteurs malgré les incertitudes sur les données de forçages amont, aval et la bathymétrie du modèle.

La contrainte de frottement est modélisée par l'intermédiaire d'une loi quadratique faisant intervenir un coefficient de frottement de type Strickler. Ce paramètre est variable en espace variant entre $20 \text{ m}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1}$, pour tenir compte de la végétation sur le lit majeur, 30 à $35 \text{ m}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1}$ dans la partie maritime, et dans certaines sections de la Laïta des valeurs plus importantes de 40 à $60 \text{ m}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1}$ sont imposées. Ces valeurs ont été déterminées lors de la phase de calibration du modèle numérique.

Choix de la modélisation de la turbulence

La viscosité turbulente du modèle est estimée à l'aide du modèle de Elder, qui permet d'estimer la viscosité à partir des gradients longitudinaux et transversaux des vitesses horizontales.

3.4 Résultats

3.4.1 Mesures utilisées pour la calibration et validation

3.4.1.1 Données SPC

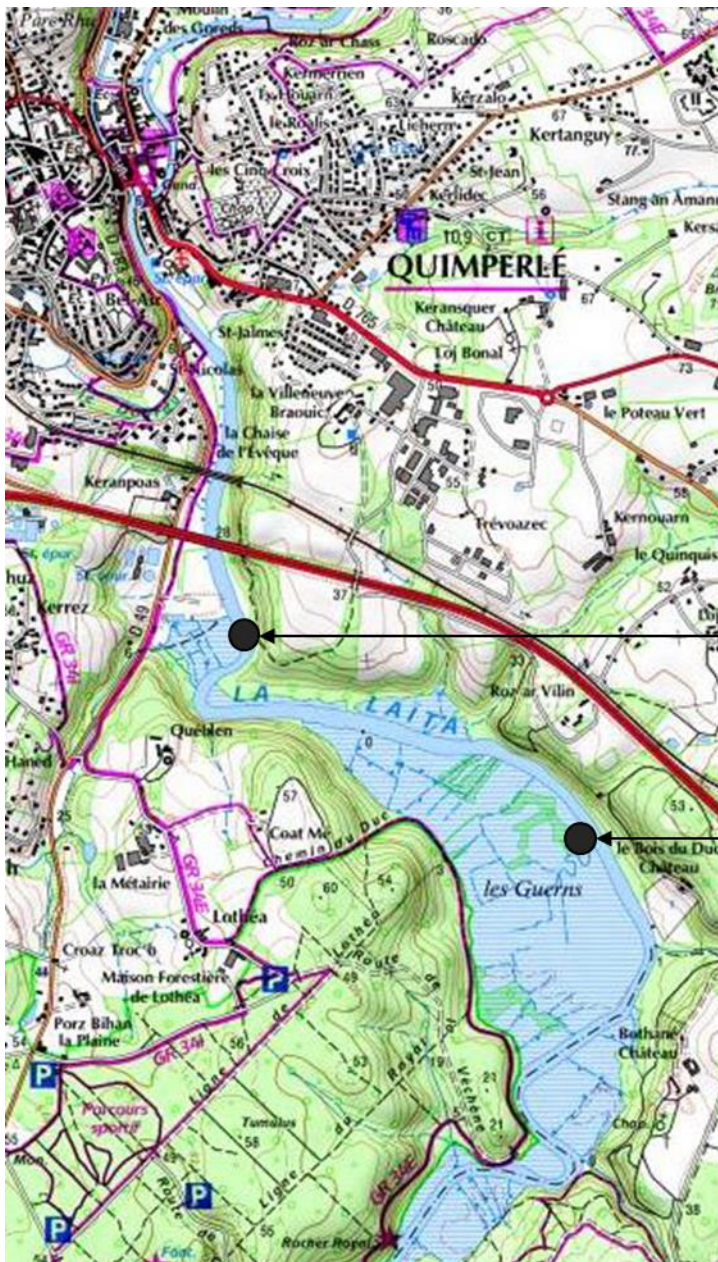
Les paramètres du modèle sont ajustés pour représenter les hauteurs enregistrées au niveau des points de mesures suivants :

- Le marégraphe du Pouldu
- Le limnigraphe Charles de Gaulle à Quimperlé

3.4.1.2 Données complémentaires

Au cours de la mission, deux capteurs ont été déployés dans la zone d'étude afin de fournir des données complémentaires en hauteur et vitesse.

Il s'agit d'une sonde de pression placée au niveau de la zone de remblai en aval du pont ferroviaire et d'un profileur de vitesse Doppler (ADCP RDI 600kHz) immergé au niveau des Guerns.



Sonde de pression

ADCP

Figure 17 : Position des capteurs mis en œuvre des mesures complémentaires

Ces capteurs ont permis d'acquérir des données entre le 25/01/2017 et le 26/02/2017

- Un limnigraphe placé dans le cadre de la mission en aval du pont ferroviaire entre le 25/01/2017 et le 26/02/2017 ;
- Un courantomètre (ACDP) placé dans le cadre de la mission au niveau des Guerns entre le 25/01/2017 et le 26/02/2017.

Current data [Jan/Feb]

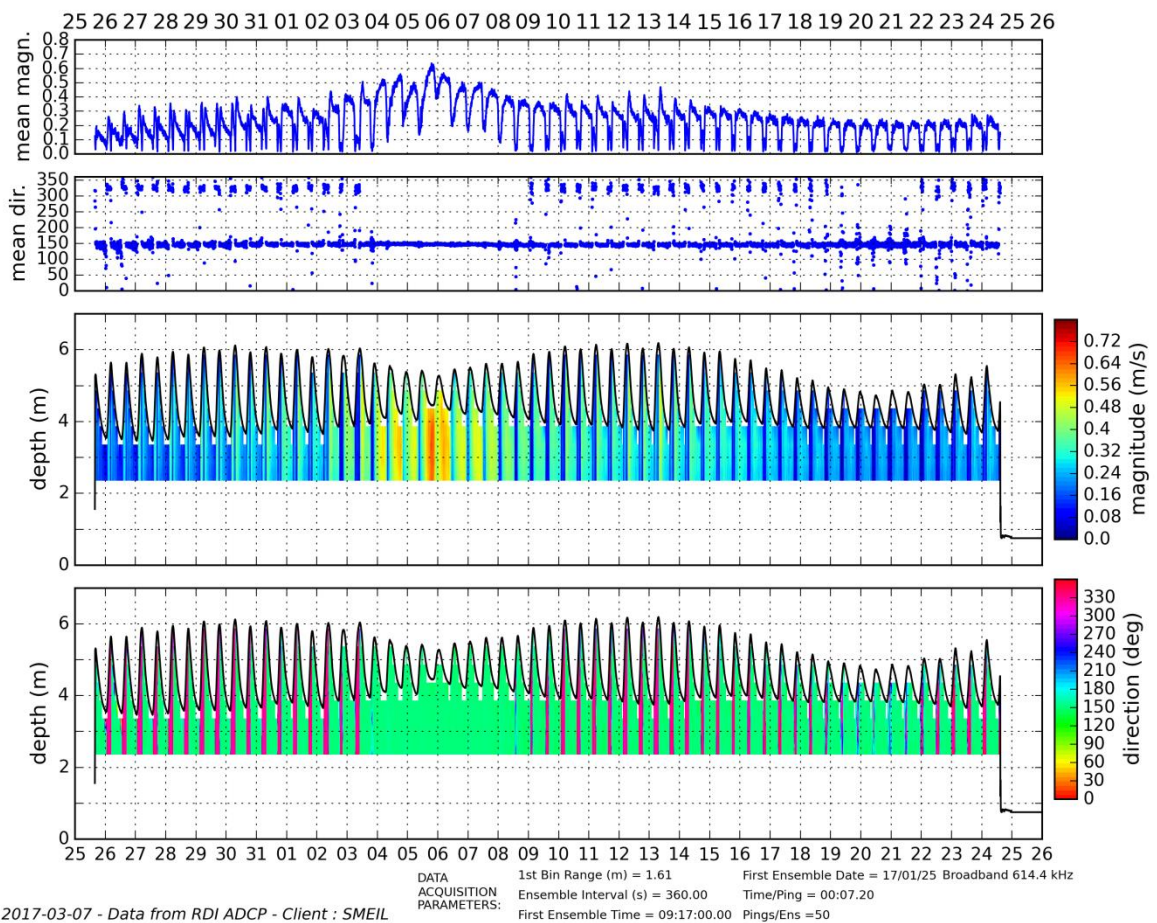


Figure 18 : Mesures de profils verticaux de courant dans le lit mineur au droit des Guerns.

Les mesures de courants mettent en évidence l'oscillation des courants entre le flot et le jusant au cours de la marée. On note une dissymétrie entre flot et jusant. Les courants de flot durent moins longtemps que les courants de jusant. Les vitesses sont relativement comparables entre flot et jusant, de l'ordre de 0.3m/s. On note également que la durée du flot n'est significative qu'en période de vive eau. En période de morte eau, - la renverse de courant ne se produit pas (le 06/03/2017) ou que très furtivement (20/02/2017).

Au cours de la campagne, les conditions hydrologiques du bassin versant ont été relativement calmes et un seul événement significatif a pu être enregistré. Ce dernier s'est produit 4 au 6 février 2017.

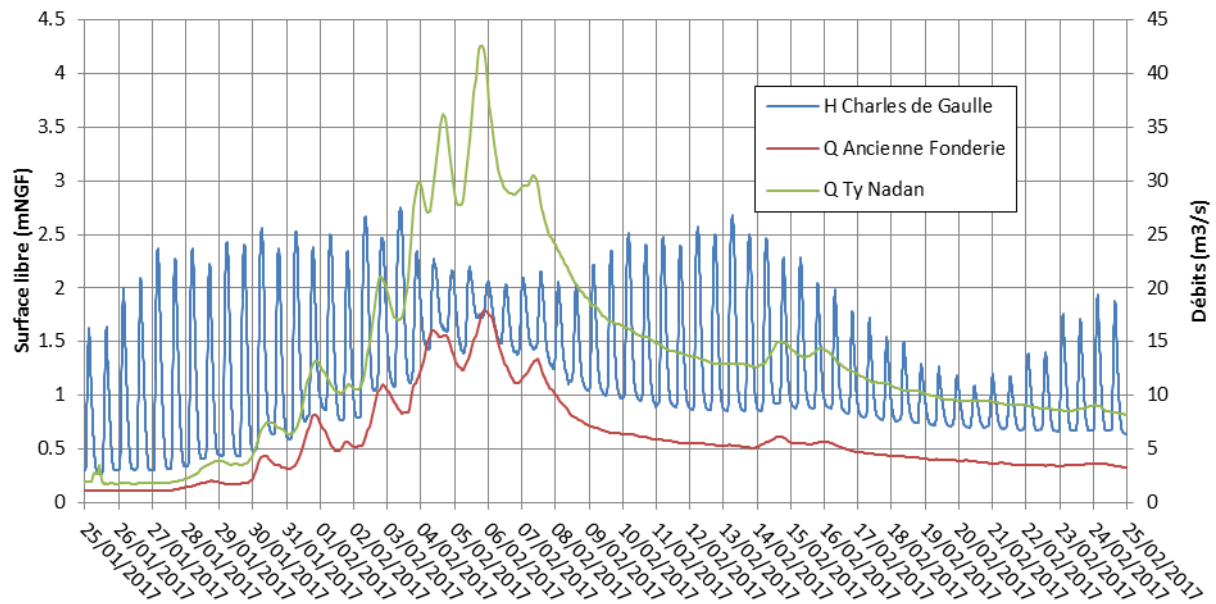


Figure 19 : Caractérisation de l'événement du 4 au 6 février 2017, en rouge : limnigramme de Charles de Gaulle, en bleu : débit Isole, en vert : débit Ellé

Lors de cet événement, les débits horaires maximaux aux stations Ty Nadan et Anciennes Fonderies sont respectivement de $42.6 \text{ m}^3/\text{s}$ et $17.8 \text{ m}^3/\text{s}$. Ces débits enregistrés lors de cet événement sont inférieurs aux débits biennaux.

Le coefficient de marée entre le 4 et le 6 février 2017 variait entre 53 et 57, signifiant que la crue s'est produite lors d'une marée de morte eau.

Lors de cette crue, on note que les courants au niveau des Guerns sont uniquement orientés vers l'aval aussi bien lors du flot que lors du jusant. Les courants sont plus intenses lors du jusant avec des vitesses de l'ordre 0.7 m/s .

3.4.1.3 Evènements utilisés pour la calibration/validation du modèle numérique

La période du 25/01/2017 au 10/02/2017 : calibration sur un cycle de marée de vive eau/morte eau et tenant compte d'une crue significative de la Laïta

La période du 20/12/2013 au 06/01/2014 : validation sur un cycle de marée de vive eau/morte eau et tenant compte d'une crue de période de retour de 20 ans.

3.4.2 Simulations de calibration

3.4.2.1 Calage du modèle avec les niveaux enregistrés au marégraphe du Pouldu

La comparaison des niveaux d'eau observés au marégraphe du Pouldu et modélisés est présentée en Figure 20. On peut noter que le modèle numérique permet de reproduire fidèlement les niveaux marins observés.

Les erreurs sur le niveau de pleine mer est de l'ordre de 0.05 m . Pour la marée basse, on note qu'entre le 2-8 février 2017, le modèle sous-estime les niveaux de basses mers de l'ordre de 0.1 m .

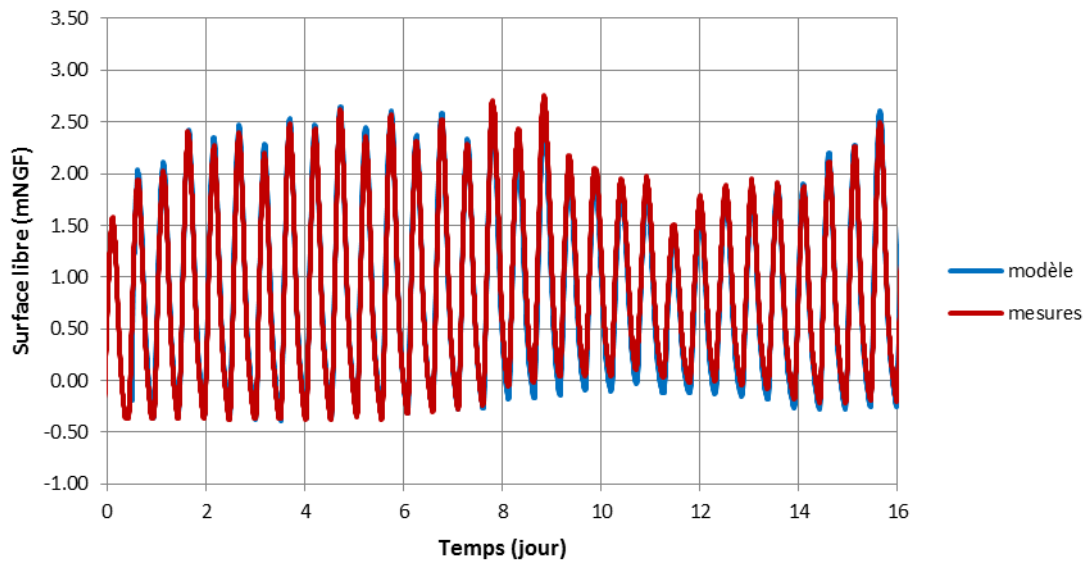


Figure 20 : Comparaison modèle/mesure au marégraphe du Pouldu

3.4.2.2 Calage du modèle avec les niveaux enregistrés au limnigraphe de Place Charles de Gaulle

Au niveau du limnigraphe de Place Charles de Gaulle, et pour la période de simulation, le modèle représente correctement les niveaux en période d'étiage avant le 01/02/2017. En particulier les niveaux de basses mers sont bien représentés par le modèle (Figure 21).

En période de crue, le modèle permet de reproduire fidèlement les niveaux observés lors des pleines mers. Toutefois, le modèle a tendance à surestimer les niveaux lors des basses mers de l'ordre de 0.1m.

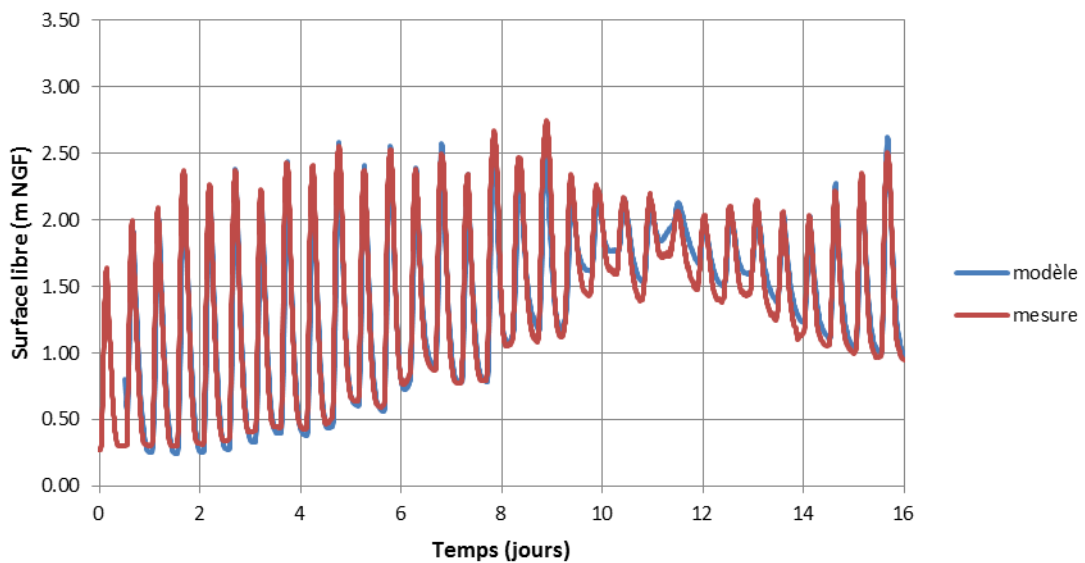


Figure 21 : Comparaison modèle/mesure au limnigraphe Charles de Gaulle.

3.4.2.3 Calage du modèle avec les niveaux enregistrés lors de la campagne complémentaire

Les mesures collectées en aval du pont sont comparées aux résultats du modèle (Figure 22). Cette comparaison permet de mettre en évidence que les données issues de la modélisation sont en accord avec les observations in situ au niveau de la zone des remblais situés en rive droite de la Laïta.

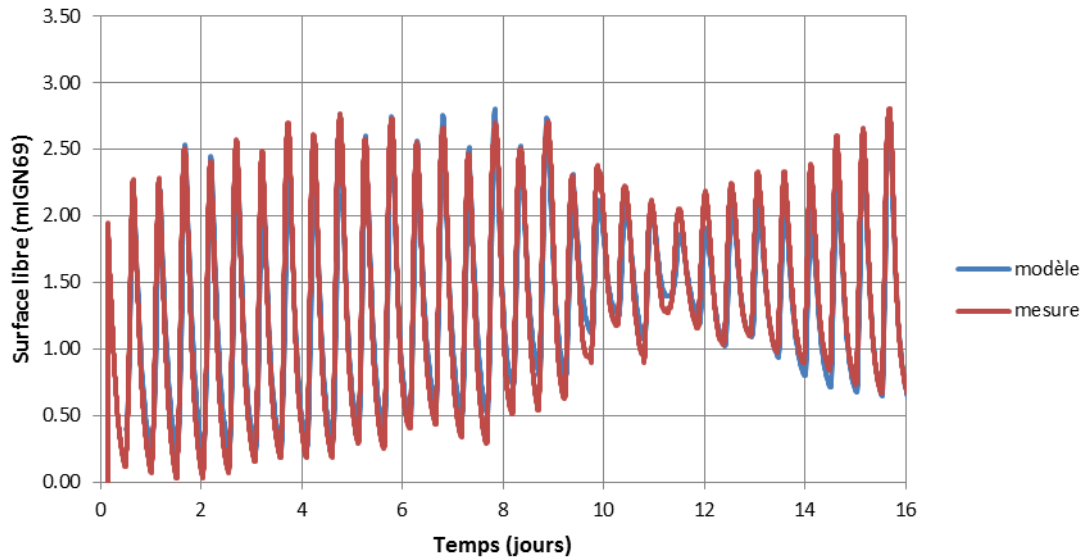


Figure 22 : Comparaison modèle/mesure au limnigraphe complémentaire.

3.4.2.4 Calage du modèle avec les courants enregistrés lors de la campagne complémentaire

Le courant moyen sur la verticale est estimé à partir des données collectées par l'ADCP et est comparé au résultat du modèle numérique.

On constate que dans l'ensemble le modèle numérique reproduit correctement les vitesses observées. Les deux pics de vitesse lors de la crue sont toutefois sous-estimés par le modèle d'environ 0.2m/s, soit environ 30%, dans les cas extrêmes. En fin de simulation, on note que le modèle reproduit correctement les vitesses observées.

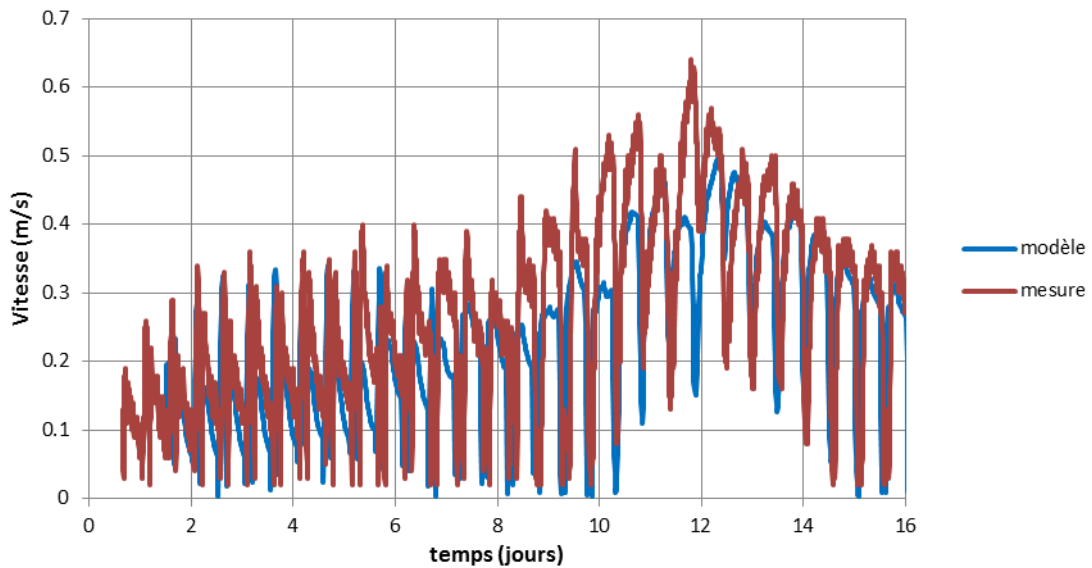


Figure 23 : Comparaison modèle/mesure des vitesses.

3.4.2.5 Validation du modèle pour les crues de fin décembre 2013 et de janvier 2014

Les précédentes simulations ont permis de montrer que le modèle numérique 2D permet de reproduire correctement les niveaux sur un cycle de marée morte eau vive et pour différentes conditions de débits des deux cours d'eau. Afin de valider la calibration du modèle, ce dernier est mis en œuvre pour simuler les crues historiques de la fin 2013. La période de simulation contient deux pics de crue de période de retour d'environ 20 ans.

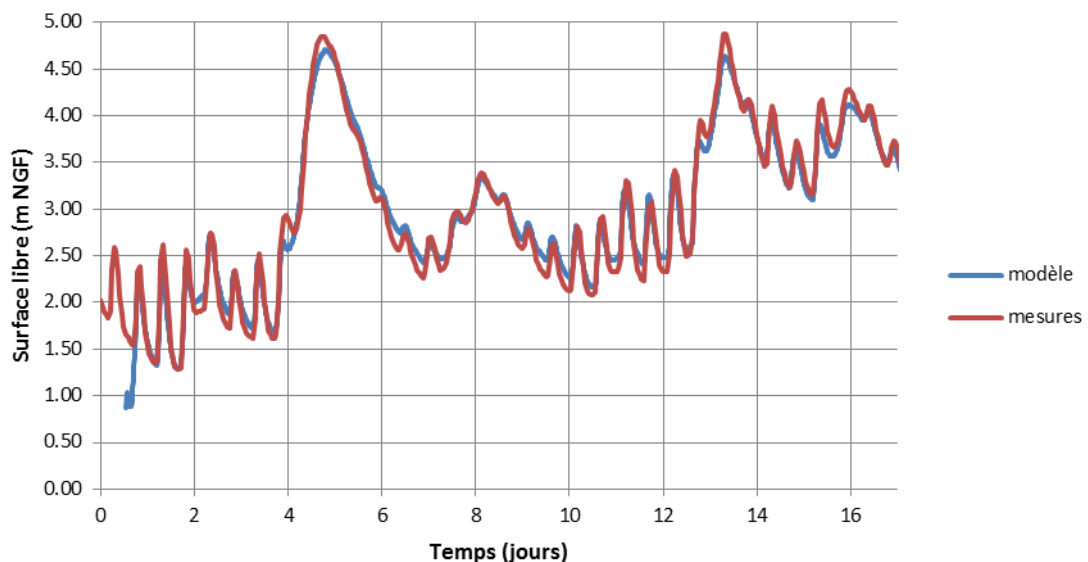


Figure 24 : Comparaison modèle/mesure au limnigraphe Charles de Gaulle.

La Figure 24 présente la comparaison entre le modèle et les mesures collectés au niveau du limnigraphe Charles de Gaulle. On constate que le modèle reproduit correctement le signal observé. Les pics de

crues sont sous-estimés de 0.1m. La décrue est relativement bien reproduite, bien que les niveaux lors des marées basses soient légèrement surestimés de 0.08m.

Dans l'ensemble le modèle permet de reproduire correctement les niveaux observés pour les deux pics de crues de période de retour de 20 ans.

4 Cartographie de la crue millénaire

4.1 Détermination des débits millénaireux

4.1.1 Rappel sur les débits extrêmes estimés pour l'Isole et l'Ellé

4.1.1.1 Éléments réglementaires PPRI (2004)

L'estimation des débits centennaux pour les cours d'eau Isole et Ellé a été réalisée dans le cadre de l'étude de caractérisation de l'aléa Inondation (ISL, 2004) en appliquant différentes méthodes d'extrapolation des événements extrêmes à partir des données disponibles :

Tableau 2 : Débits (m³/s) décennaux et centennaux estimés dans le cadre du PPRI (ISL, 2004)

Méthode	Q10 Isole	Q10 Ellé	Q100 Isole	Q 100 Ellé
Ajustement Gumbel	64	150	100	240
ajustement Log Normal	81	167	156	320
méthode du Gradex	-	-	200	330-350
hydrogramme unitaire	-	-	190	275

Les débits retenus sont ceux fournis par la méthode du Gradex : 200m³/s pour l'Isole et 330m³/s pour l'Elle.

4.1.1.2 Autres estimations

Dans le cadre de l'étude réalisée par SOGREAH en 2011 pour la SMEIL, les débits extrêmes issues de la banque hydro sont fournies.

Tableau 3 Débits (m³/s) pour différentes périodes de retour fournis par SOGREAH (2011)

Station	fréquence	biennale	quinquennale	décennale	vicennale	cinquantennale	centennale
J4813010 (Isole à Quimperlé)	QJ (m ³ /s)	27.00 [24.00;31.00]	41.00 [37.00;48.00]	51.00 [45.00;60.00]	60.00 [53.00;72.00]	71.00 [63.00;87.00]	non calculé
	QIX (m ³ /s)	37.00 [33.00;42.00]	56.00 [50.00;65.00]	68.00 [61.00;81.00]	80.00 [71.00;96.00]	96.00 [84.00;120.0]	non calculé
J4742010 (Ellé à Ty Nadan)	QJ (m ³ /s)	64.00 [58.00;71.00]	94.00 [85.00;110.0]	110.0 [100.0;130.0]	130.0 [120.0;160.0]	160.0 [140.0;190.0]	non calculé
	QIX (m ³ /s)	79.00 [71.00;89.00]	120.0 [110.0;140.0]	140.0 [130.0;170.0]	170.0 [150.0;200.0]	200.0 [180.0;240.0]	non calculé

4.1.2 Méthodologie de détermination des débits millénaux

4.1.2.1 Extrapolation des débits à partir des données bibliographiques

La loi log normal mise en œuvre lors de l'étude réglementaire du PPRI (ISL, 2004) est extrapolée pour fournir l'estimation des débits millénaux.

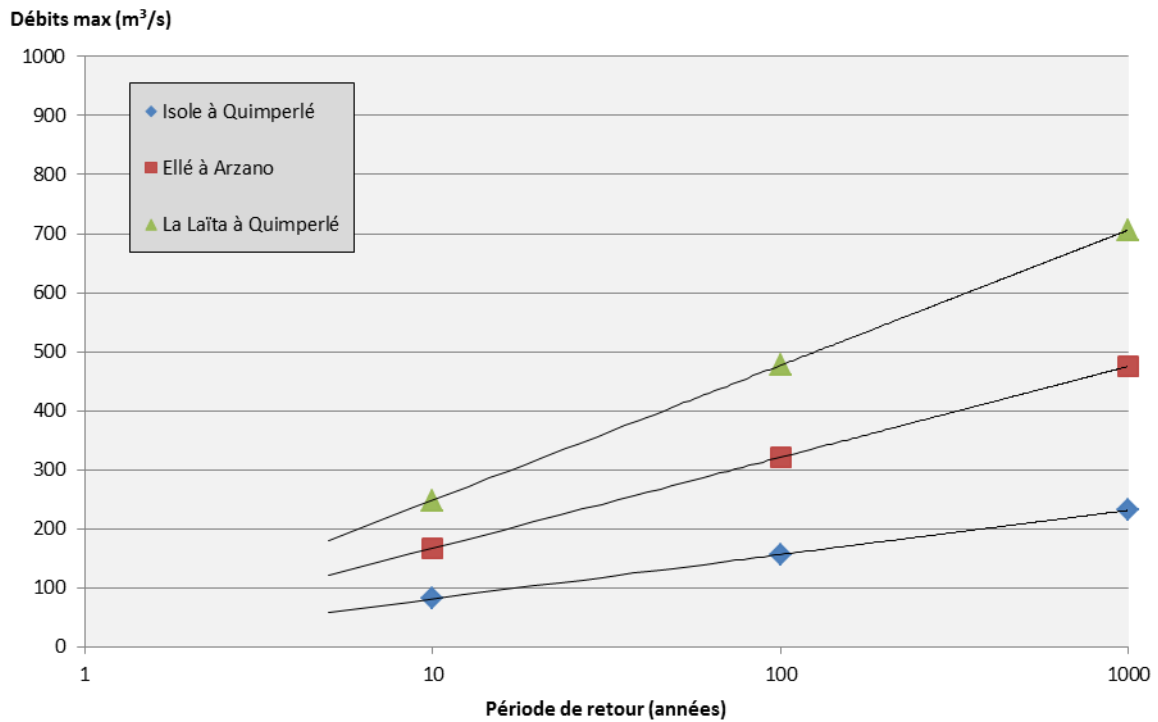


Figure 25 : Ajustement de la loi log – normal aux données PPRI (2004)

Tableau 4 : Débits millénaux estimés par extrapolation des données PPRI (2004)

Station Période de retour (années)	Débit max de pointe (m³/s)		
	Isole à Quimperlé	Ellé à Arzano	La Laïta à Quimperlé
5			
10	81	167	248
20			
50			
100	156	321	477
1000	231	475	706

Dans le Tableau 4, les débits estimés pour la Laïta sont la somme des débits estimés pour l'Ellé et l'Isole.

4.1.2.2 Application de la méthode SHYREG

La méthode SHYREG de l'IRSTEA fournit une méthode d'estimation de l'aléa hydrologique, basée sur la régionalisation (prise en compte homogénéisée des caractéristiques locales) de paramètres de modèles (générateur de pluie et modélisation hydrologique). Cette régionalisation implique la prise en compte de variables locales pouvant influencer le régime hydrologique naturel de surface et consécutif à une précipitation.

- En prenant $t=24h$, on a respectivement pour la Q_{1000} :
 - Isole: $236m^3/s$
 - Ellé: $412m^3/s$
 - Laïta: $569m^3/s$

La présence d'éléments perturbateurs au ruissellement de surface comme des ouvrages de type barrages, le karst, l'influence de la fonte nivale ou d'un bassin versant particulièrement urbain peut faire baisser la fiabilité de la donnée. La notice « indice de confiance » de la méthode SHYREG / IRSTEA fournit une analyse des incertitudes associées aux différents bassins versant. Il en ressort que pour le bassin « Vilaine - côtiers bretons » les indices de confiance sont bons.

4.1.2.3 Synthèse

Les méthodes mises en œuvre pour estimer les débits millénaux fournissent un intervalle compris entre $569m^3/s$ et $706m^3/s$.

On note que les valeurs obtenues par cette méthode SHYREG sont proches des valeurs estimées pour la crue centennale dans le cadre du PPRI. La différence est inférieure à 10% entre débits centennaux et millénaux.

La méthode fondée sur l'extrapolation de la loi log-normale mise en œuvre pour le PPRI fournit une valeur de débits pouvant être considérées comme une borne limite maximale.

Il est choisi de représenter la cartographie des zones inondées pour ces deux estimations de débits. Ces cartographies sont réalisées en tenant compte de la concomitance entre Isole et Ellé.

La durée des crues correspond aux hypothèses prises dans le cas du PPRI, à savoir une crue durant 24h.

Les Figure 26 et Figure 27 présentent les limnigraphes considérés pour représenter la cartographie des niveaux atteints pour une crue millénales.

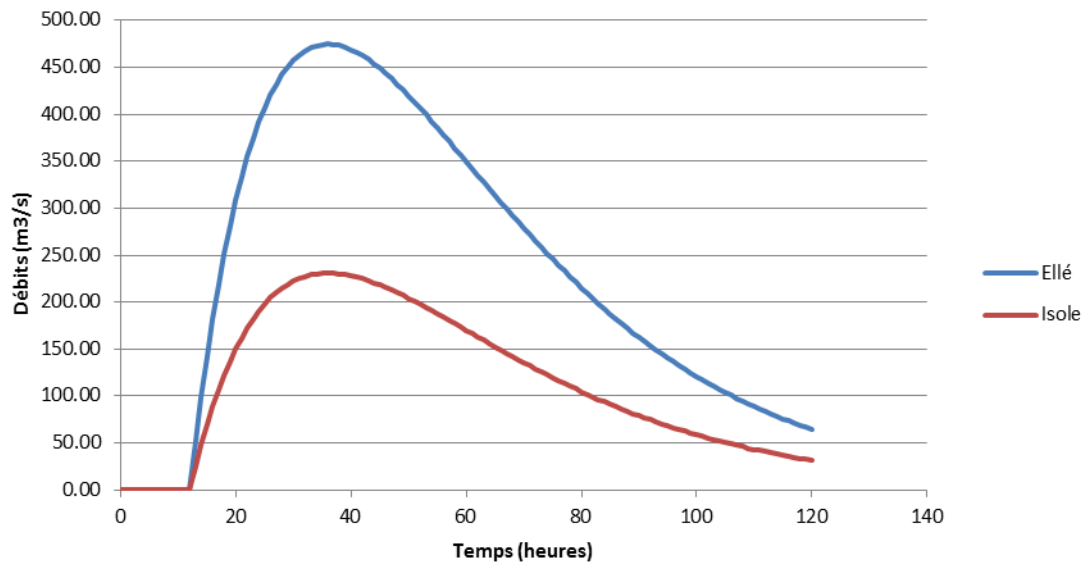


Figure 26 : Limnigramme de la crue millénale pour Ellé et Isole – Methode : log-normale

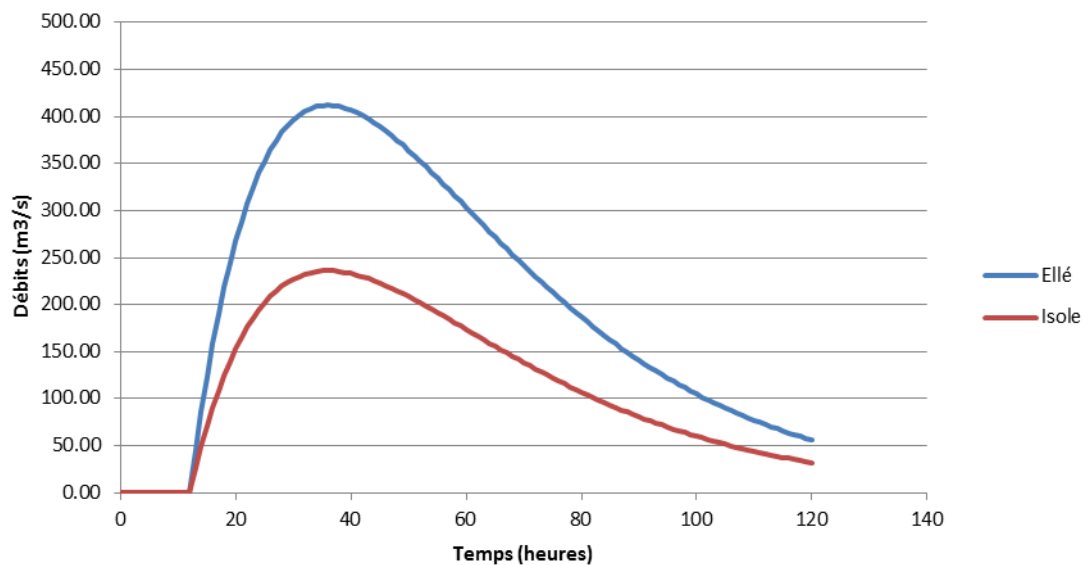


Figure 27 : Limnigramme de la crue millénale pour Ellé et Isole – Methode : SHYREG

4.2 Modélisation des niveaux centennaux

4.2.1 Données d'entrée

Le modèle numérique de la Laïta est mis en œuvre pour représenter les niveaux dans les cours d'eau au niveau de la commune de Quimperlé, à partir des hypothèses retenues dans le cadre du PPRI.

Les débits de pic de l'Ellé et de l'Isole sont respectivement de 330 m³/s et 200m³/s. La Figure 28 fournit les limnigrammes imposés en entrée du modèle.

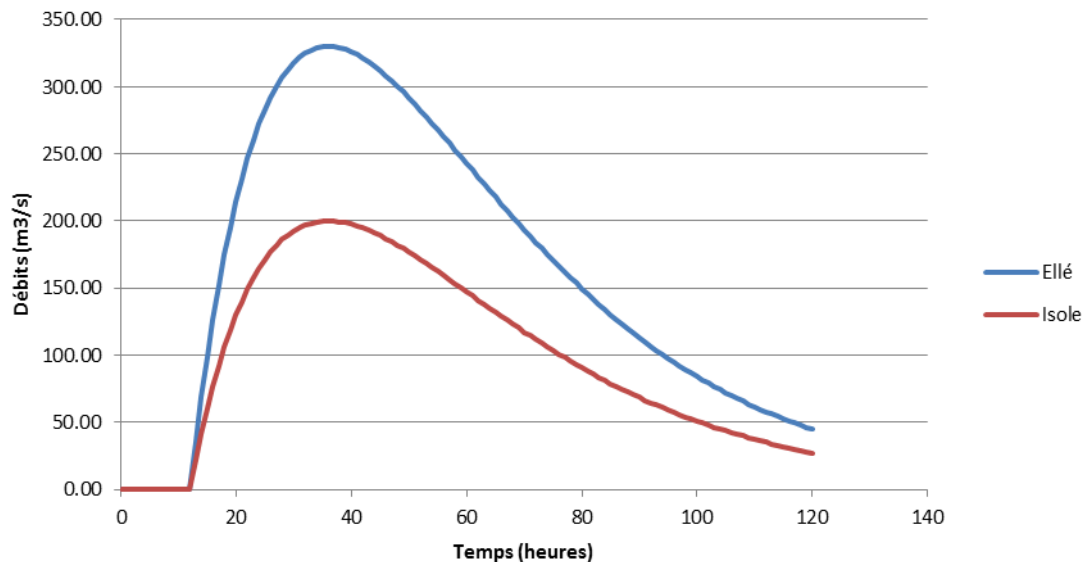


Figure 28 : Limnigramme de la crue centennale pour Ellé et Isole

4.2.2 Comparaison avec les résultats PPRI

Ce paragraphe fournit une comparaison entre les hauteurs simulées par le modèle construit dans le cadre de la présente mission et les résultats obtenus lors des études relatives à la caractérisation de l'aléa centennial réalisée dans le cadre du PPRI des communes de Quimperlé et Tréméven (ISL, 2004).

La Figure 29 fournit la comparaison dans la basse ville de Quimperlé entre les niveaux maximaux atteints lors de la simulation et les niveaux retenus dans lors de la délimitation du PPRI (2004).

On note que dans l'ensemble sur l'Ellé, les différences fluctuent autour entre dix et vingt centimètres. Les écarts les plus importants se situent dans la partie amont de l'Ellé, où l'on note que le modèle sous-estime de 0.24m la cote retenue pour le PPRI.

Les écarts sont plus importants au niveau de l'Isole. Pour ce cours d'eau, les écarts sont de l'ordre de 1m dans la partie amont. Ces écarts sont essentiellement imputables aux travaux réalisés sur le cours d'eau depuis la mise en place du zonage du PPRI pour la commune de Quimperlé. En particulier, on note l'effet du remplacement du seuil situé en amont du pont du Moulin de la Ville. Ce seuil est remplacé par un clapet mobile. Dans la simulation ce clapet est considéré transparent pour les écoulements.

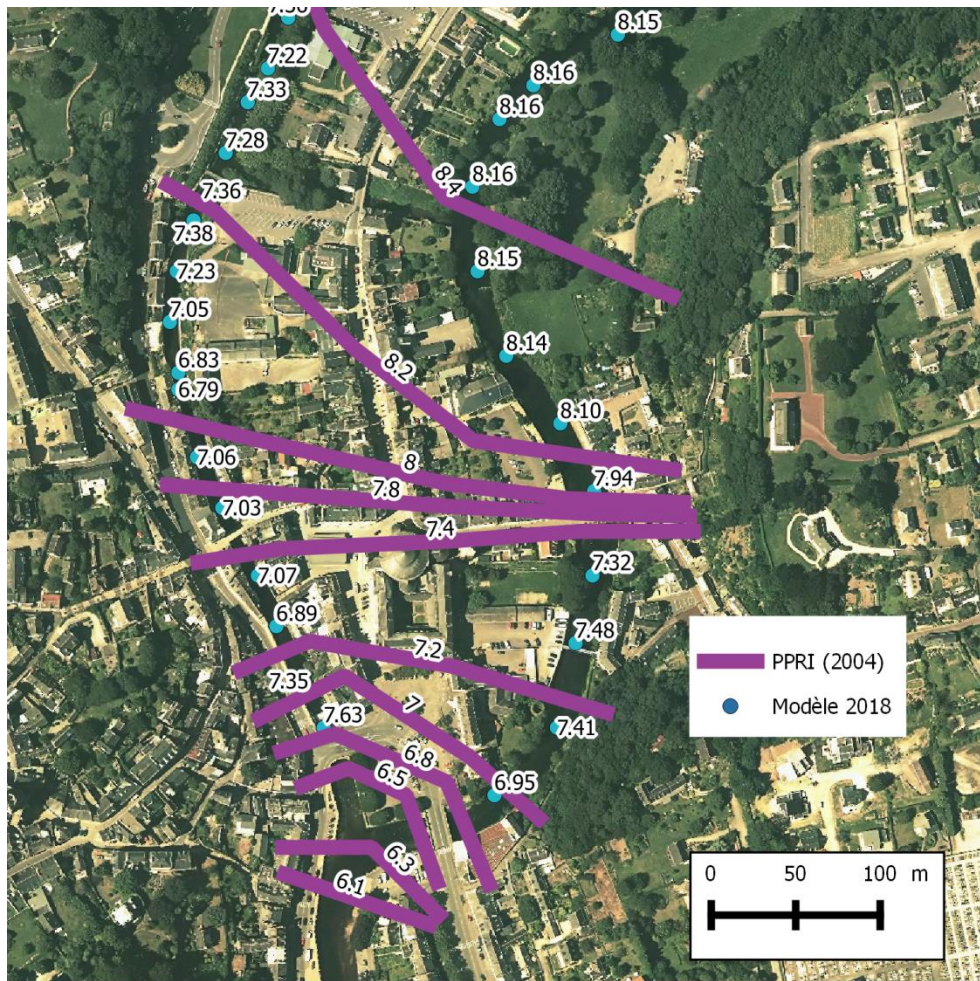


Figure 29 : Comparaison entre niveaux retenus pour le PPRI et les résultats de la modélisation

4.3 Modélisation des niveaux millénaux

4.3.1 Cartes des niveaux

Les cartes suivantes présentent les niveaux atteints dans la basse ville de Quimperlé pour les deux cas de crues millénales considérées.

4.3.1.1 Crue enveloppe maximale : $700\text{m}^3/\text{s}$

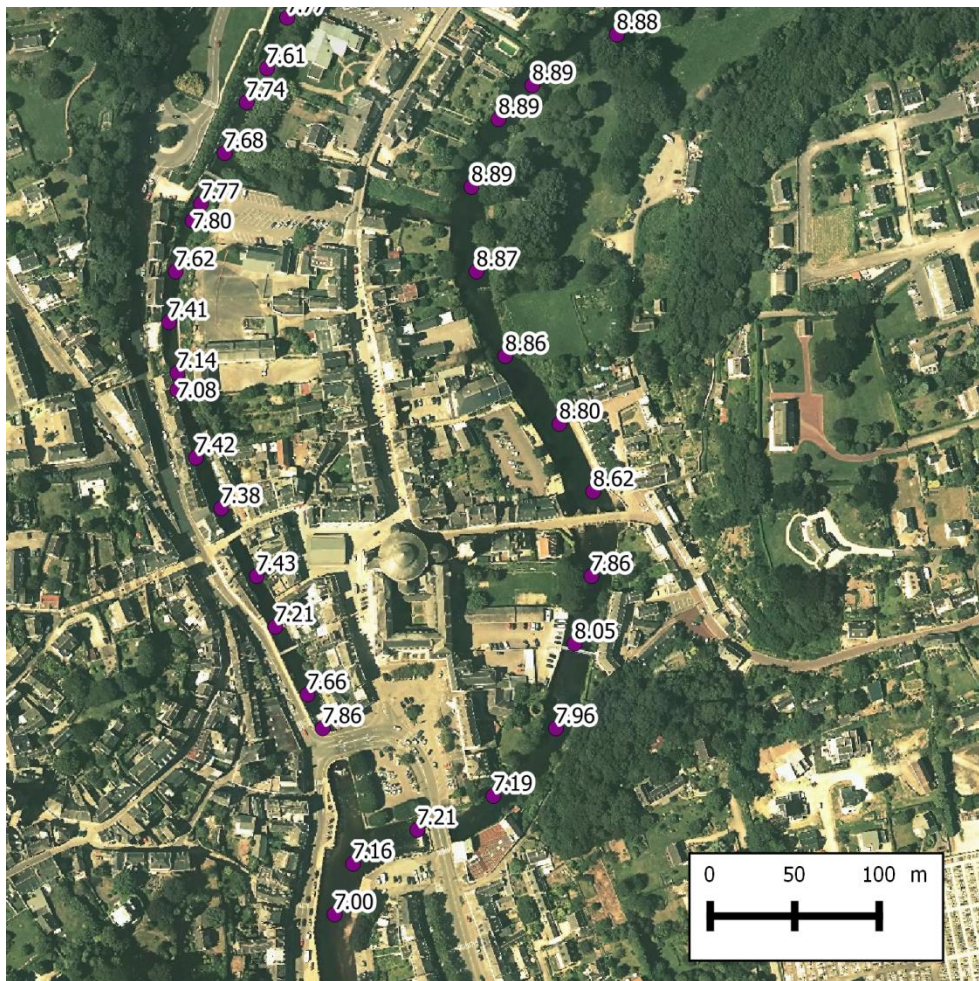


Figure 30 : Niveau maximal modélisé dans la basse ville de Quimperlé pour une crue millénaire de $700\text{m}^3/\text{s}$

4.3.1.2 Crue enveloppe minimale : 570m³/s

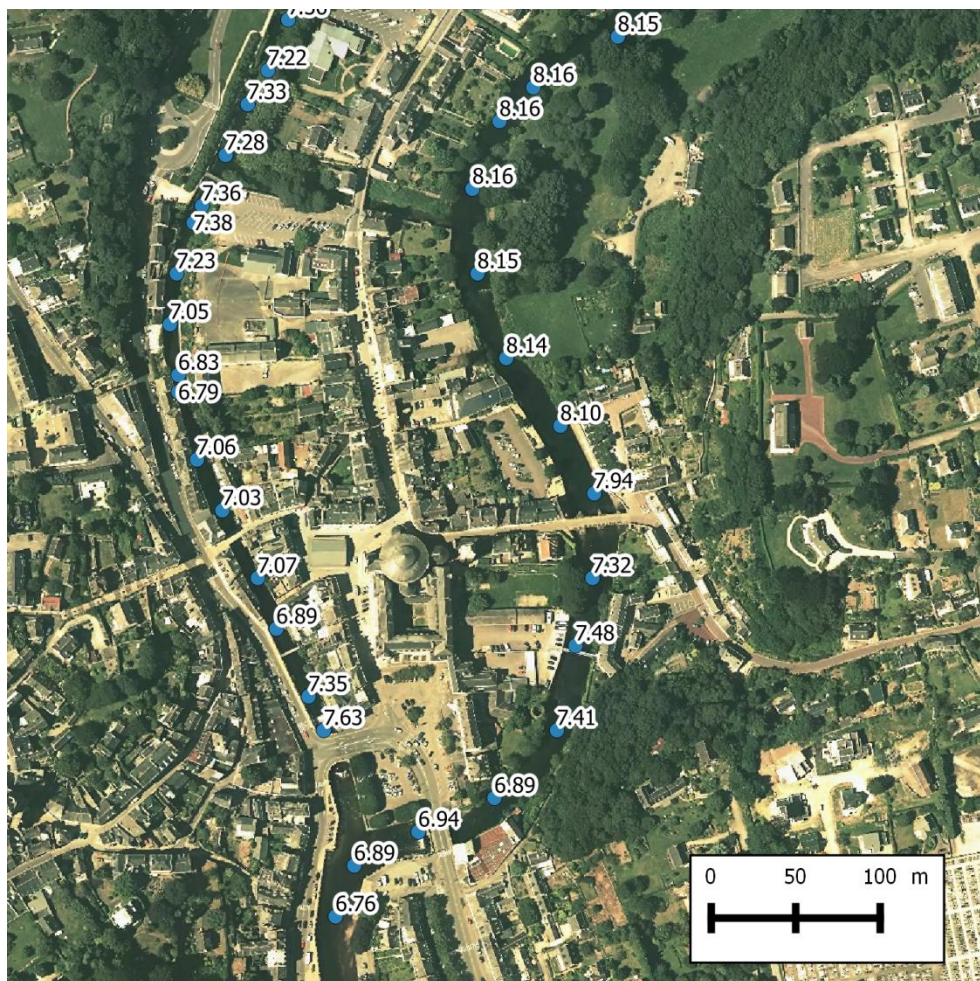


Figure 31 : Niveau maximal modélisé dans la basse ville de Quimperlé pour une crue millénale de 570m³/s

4.3.2 Cartes des hauteurs d'eau

Les niveaux obtenus sont projetés sur le Litto3D® de la basse ville de Quimperlé, par interpolation bilinéaire.

On ne note pas de différence marquante entre les enveloppes des hauteurs maximales atteintes modélisées pour les deux débits représentatifs de la crue millénale.

La Figure 32 et **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** présentent les résultats à une échelle 1 :10 000.

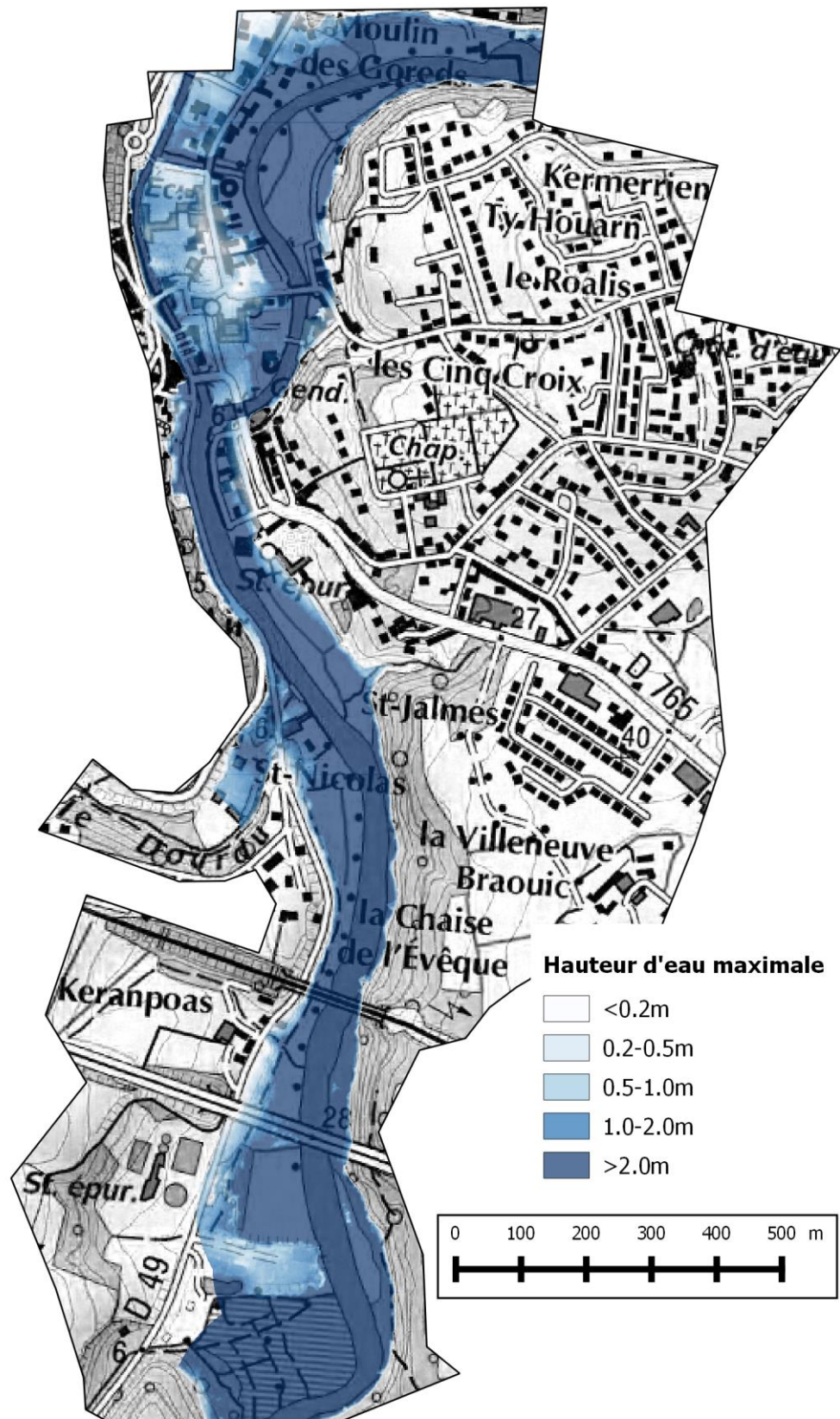


Figure 32 : Cartes des hauteurs d'eau maximales : crue 570m³/s (fond de carte IGN Scan 25)

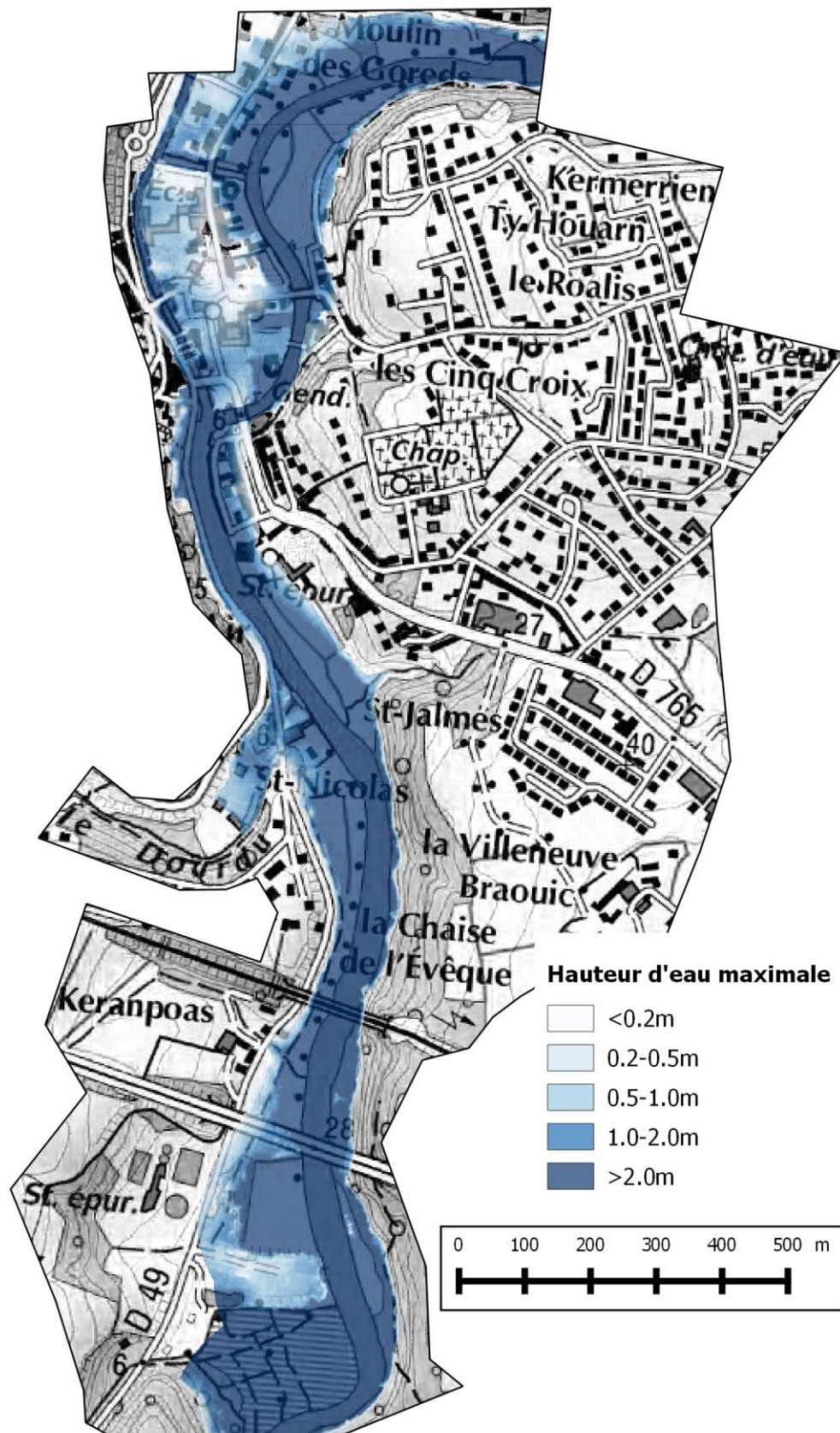


Figure 33 : Cartes des hauteurs d'eau maximales : crue $700\text{m}^3/\text{s}$ (fond de carte IGN Scan 25)

5 Proposition des aménagements sur le secteur amont de la Laïta

5.1 Inventaires des aménagements

Afin de réduire l'aléa associé aux écoulements de la Laïta en période de crue, les solutions d'aménagements suivants sont analysées :

- Abaissement de la cote du lit majeur de la Laïta au droit du pont ferroviaire ;
- Suppression des remblais se situant en rive droite de la Laïta ;
- Aménagement des Guerns ;
- Curage de la Laïta ;
- Suppression des atterrissements situés en amont immédiat du viaduc
- Retrait des bois en rives et des embâcles dans le cours d'eau.

5.2 Indicateurs considérés

Ces aménagements ont pour objectifs de réduire l'aléa d'inondation dans la basse ville de Quimperlé.

En ce sens, les indicateurs physiques suivants sont considérés :

- La cote des niveaux d'eau extrêmes lors des épisodes de crues,
- La durée de dépassement des seuils à risque ($h > 3.5 \text{mNGF}$).

A ces paramètres physiques, des indicateurs sont par la suite associés aux enjeux présents dans la basse ville de Quimperlé et sont également considérés. Ces indicateurs sont définis dans le guide méthodologique pour la réalisation d'analyse multicritère des projets de prévention des inondations (CGCC, 2018).

Dans le cadre de l'analyse multi critère, les éléments complémentaires suivants sont considérés :

- Estimation sommaire des coûts associés aux travaux d'aménagements et d'entretiens,
- Analyser l'impact environnemental de ces aménagements,
- Identifier les études et autorisations nécessaires pour ces aménagements.

5.3 Présentation des aménagements proposés

5.3.1 Abaissement de la cote du lit majeur de la Laïta au droit du pont ferroviaire

Afin d'élargir la section de la Laïta en cas de crue au niveau du pont SNCF, l'option d'aménager les berges en rive droite est ici envisagée.



Figure 34 : Photographie historique du lit de la Laïta au niveau du pont ferroviaire (source Structurae)

L'aménagement consisterait à abaisser localement le niveau du terrain naturel du lit majeur pour être submergé dès les crues les plus fréquentes. Ces travaux concerneraient une zone limitée à environ 300m².

Une option de plus grande envergure pourrait consister à l'élargir la section de la Laïta sur un linéaire plus grand, afin d'y inclure la zone d'atterrissage située en amont du pont. Dans ce cas, le périmètre affecté par cet aménagement serait alors de l'ordre de 3700m², sur un linéaire de 200m.

5.3.2 Suppression des remblais se situant sur la rive droite de la Laïta.

Deux remblais se situant sur le lit majeur de la Laïta sont présent en aval du pont ferroviaire. Ces remblais occupent respectivement 5000 m² et 15000m².

Les volumes des remblais à retirer du lit majeur de la Laïta pour atteindre la cote du terrain naturel avoisinant sont estimés respectivement à 5 900m³ et 25 000m³.

5.3.3 Aménagement des guerns

La zone des Guerns en tant que plaine alluviale est parcourue par un réseau complexe de canaux de faibles profondeurs assurant le drainage des prairies.

Ces canaux étaient entretenus par les exploitants agricoles qui utilisaient les Guerns comme zone de patûres et de fauche.

La comparaison entre photos aériennes prises depuis 1950 montre un comblement progressif de ces canaux, comblement qui s'est accéléré depuis la fin de l'exploitation agricole des Guerns dans les années 1970.

Le diagnostic réalisé par Quéau et Guillevic (2013), sur les Guerns met en évidence que la fin de l'entretien des Guerns a également un effet sur la faune et la flore de la zone. Cette zone humide

possède une très forte productivité végétale. En l'absence d'intervention humaine, une perte de biodiversité est observée.

Depuis la fin de l'exploitation agricole des Guerns dans les années 1970, les Guerns ont progressivement été abandonnés et les plantes les plus compétitives ont pris le dessus sur les autres espèces.

Dans le plan de gestion des Guerns (Quéau et Guillevic, 2013) deux actions sont envisagées : entretien des canaux et création de retenus d'eau.

L'entretien des canaux se décompose en quatre tâches :

- Fauche des bordures
- Curage adapté des canaux
- Nettoyage des canaux
- Suivi et entretien des berges

Les travaux de curage des canaux doit se faire avec précaution pour ne pas détruire certaines stations de cochléaire des estuaires. Les travaux pourront être réalisés de préférence à marée basse à l'aide d'une petite pelleteuse. L'accès d'un tel engin devra nécessiter un entretien préalable des accès par coupe de branches ou d'arbres.



Figure 35 : Localisation des canaux

La longueur totale des canaux identifiée dans les Guerns est de 7 117m.

L'aménagement du réseau hydrographique des Guerns en créant des retenues d'eau permettra d'améliorer la biodiversité et de favoriser l'installation de nouvelles espèces.

5.3.4 Curage de la Laïta

Le curage de la Laïta est envisagé pour permettre d'augmenter la section du lit mineur. Sous réserve d'avoir une épaisseur sédimentaire suffisante, une diminution de 0.5m de la cote actuelle du lit mineur sur l'ensemble de la zone d'étude correspond à un volume de sédiments de 85 000 m³. Un curage de moindre d'envergure pourrait être également considéré et ne concernerait que la partie située entre la confluence et le pont SNCF. Dans ce dernier cas, le volume de sédiment à extraire serait de l'ordre de 13 000 m³.

Ces travaux temporaires nécessiteront un entretien régulier compte tenu des apports sédimentaires provenant du bassin versant. Les travaux conduits par Aurore Gay (2015) proposent une estimation du taux d'érosion spécifique sur le bassin versant de l'Ellé de l'ordre de 120 t/km²/an. A la confluence la superficie du bassin versant est de 829 km². Dans l'hypothèse d'un sédiment de densité moyenne de l'ordre de 1600kg/m³, le volume apporté par les cours d'eau au niveau de la zone curée peut être

estimé à 62 000m³/an. Cette valeur est du même ordre de grandeur que les volumes extraits, dans le cas d'un curage complet. Il est envisageable de considérer qu'un entretien annuel soit nécessaire pour maintenir la cote du lit mineur à 0.5m au-dessous de son niveau actuel.

Par ailleurs, le retrait artificiel de quantités importantes de sédiments déposés dans lit de la Laïta induirait une réduction de l'apport sédimentaire en aval de la zone d'étude. La Laïta étant une source sédimentaire pour les plages se situant au niveau de l'embouchure, réaliser ces curages aurait pour conséquence de déstabiliser à moyen terme le trait de côte et d'augmenter le risque d'érosion côtière.

5.3.5 Suppression des atterrissements situés en amont immédiat du viaduc

La zone se situant en amont du pont SCNF est une zone privilégiée pour des atterrissements. La suppression de ces atterrissements consisterait en un nettoyage des berges et en la réalisation d'un reprofilage de la berge en lit majeur. Cette dernière option est incluse dans l'option concernant l'aménagement du lit mineur du pont SCNF.

5.3.6 Retrait des bois en rives et des embâcles dans le cours d'eau

Entre le jardin en aval de la Maison Saint Joseph et le viaduc SNCF, les berges en rive gauche sont envahies par des arbres dont les branches se déploient au-dessus du cours d'eau.

En période de crue, la ripisylve peut être considérée comme un obstacle à l'écoulement. Toutefois elle est indispensable au bon fonctionnement du cours d'eau en protégeant les berges contre l'érosion ; elle a également un effet positif sur l'épuration et la fixation des polluants provenant du bassin versant.

Toutefois, la densité des bois se situant le long des berges de la Laïta est importante et une action d'élagage ou de coupe pourrait être envisagée afin de rétablir la section de l'écoulement en période de crue.

Le linéaire concerné par ces travaux d'entretien paysager s'étend sur environ 550 m. A noter que la topographie locale de la rive gauche rend difficile l'accès aux berges par engin terrestre. Ceci peut avoir un coût sur l'intervention et sur le mode d'évacuation des matériaux.

Le retrait des bois et des embâcles n'a pu être modélisé. A dire d'expert, cela n'engendrerait pas de gains majeurs sur les hauteurs d'eau à Quimperlé.

6 Modélisation d'aménagements

6.1 Aménagements simulés

Afin de réduire l'aléa d'inondation au niveau de la basse ville de Quimperlé, trois scénarios d'aménagements sont considérés :

- Augmentation de la porosité des Guerns
- Curage du lit mineur
- Suppression des remblais situés en rive droite et aménagement du lit majeur au niveau de la voie ferrée

6.1.1 Aménagement des Guerns

L'augmentation de la porosité des Guerns consiste en un entretien des parcelles et des canaux permettant lors de crues fréquentes aux écoulements de trouver une zone privilégiée d'expansion.

La largeur des canaux présents dans les Guerns est de l'ordre du mètre. Inclure ces canaux d'une telle dimension dans le domaine de calcul conduirait à augmenter sensiblement le nombre de degré de liberté, ce qui aurait un coût en temps de calcul.

Afin de représenter ces canaux dans le modèle, un coefficient de porosité est affecté au lit majeur et la cote du terrain naturel est abaissée de 0.3m. Le coefficient de porosité est fixé à 10%, valeur majorant la superficie réelle occupée par les canaux au niveau des Guerns.

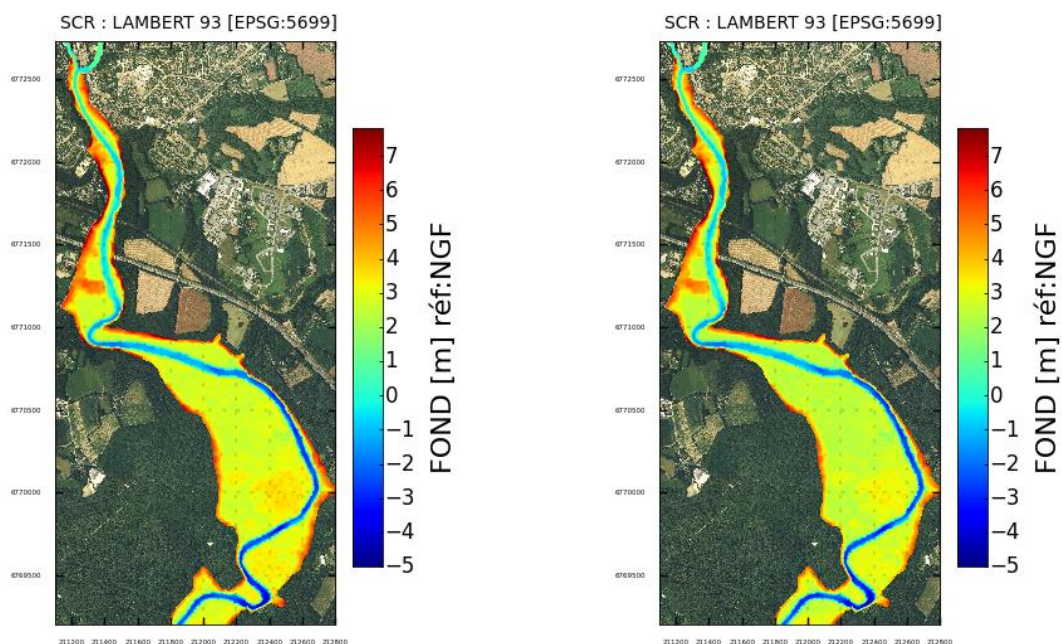
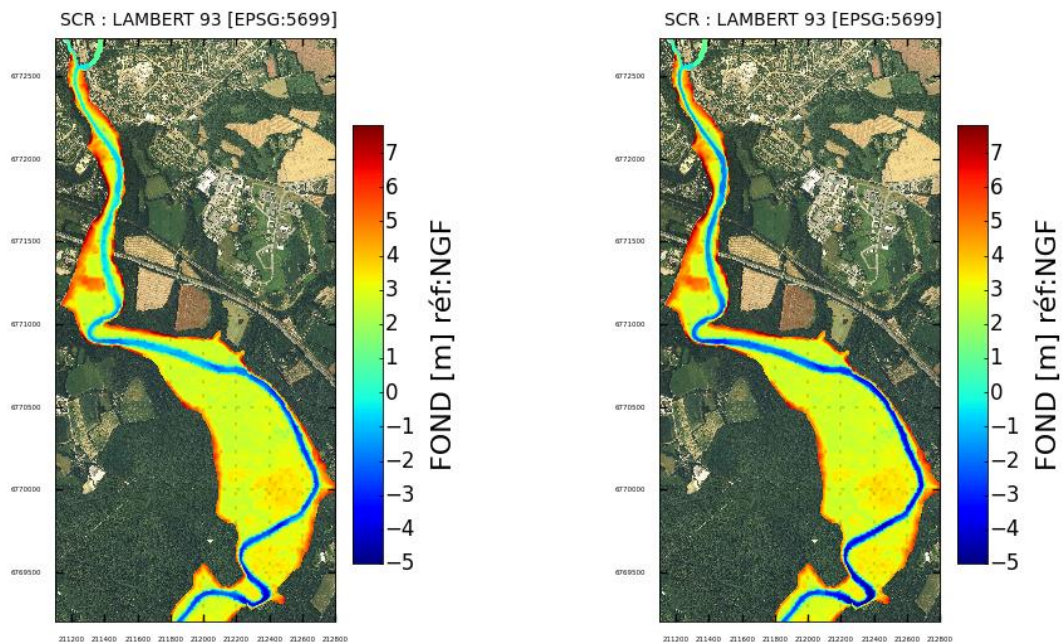


Figure 36 : Bathymétrie utilisée pour l'aménagement des Guerns.

6.1.2 Curage du lit mineur de la Laïta.

Pour cet aménagement, deux conditions sont testées. Une première consiste à abaisser de 0.5m la cote du lit mineur de la Laïta sur l'ensemble du linéaire de la zone d'étude. Ceci revient à curer environ 85 000 m³ de sédiment du lit de la Laïta.

Un second aménagement du lit est également considéré. Il consiste à traiter la zone comprise entre la confluence et le pont ferroviaire. L'abaissement du lit reste à 0.5m. Cet aménagement consisterait alors à retirer un volume de 13 000 m³ de sédiment du lit de la Laïta.



ACRI-HE 2018 - Projet Laïta

ACRI-HE 2018 - Projet Laïta

Figure 37 : Bathymétrie modélisée pour l'aménagement du lit mineur de la Laïta.

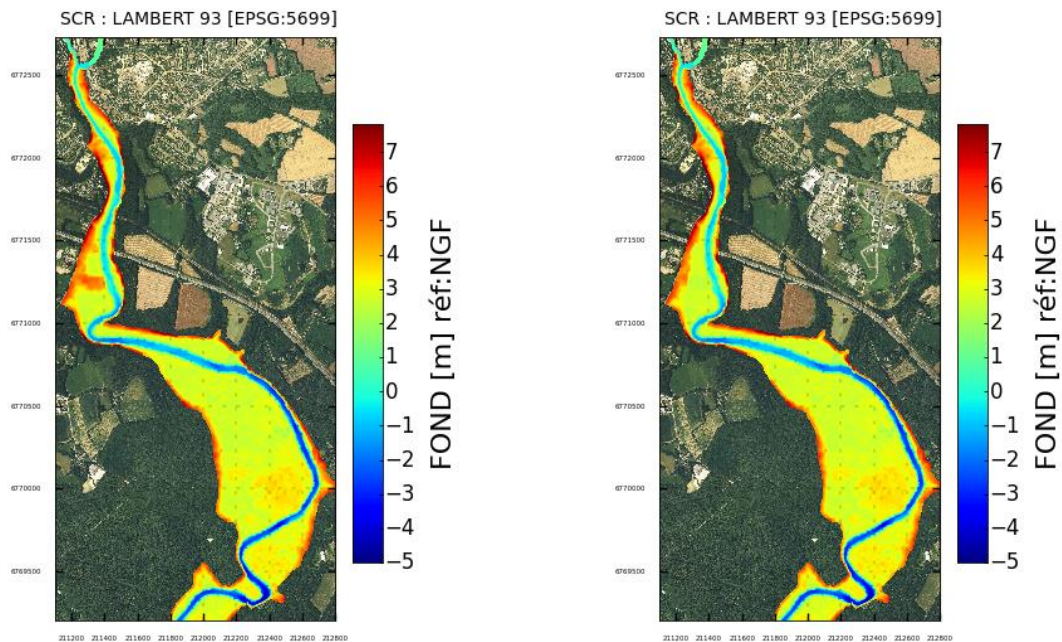
Les résultats sont présentés pour le cas du curage partiel de la Laïta Amont.

6.1.3 Suppression des remblais sur la rive droite et aménagement du lit majeur au niveau du pont SNCF.

La suppression des deux remblais situés en rive droite de la Laïta, en aval du pont ferroviaire et l'aménagement des berges au niveau du pont SNCF (cf. Figure 2) consisterait à retirer un volume de l'ordre 31 500 m³. Le tableau suivant fournit les volumes extraits dans le modèle numérique pour tenir compte des aménagements.

Tableau 5 : Volumes associés aux différents aménagements en rive droite

	Volume extrait (m3)
Remblais A	5 900
Remblais B	25 000
Lit Majeur SNCF	6 00
Volume total	31 480



ACRI-HE 2018 - Projet Laïta

ACRI-HE 2018 - Projet Laïta

Figure 38 : Bathymétrie modélisée pour la suppression des remblais en lit mineur

6.2 Conditions hydrodynamiques considérées

L'évaluation de l'incidence des aménagements sur les niveaux de la Laïta est estimée pour différentes combinaisons de niveaux marins et de débits fluviaux. Le tableau suivant présente les conditions hydrodynamiques considérées pour l'évaluation des incidences :

Tableau 6 : Liste des conditions hydrodynamiques idéalisées

	Q2	Q5	Q10	Q20
VE				
PM 10 ans				
PM 100 ans				

A ces 12 conditions hydrodynamiques schématiques, les conditions observées lors des crues de décembre 2013 et janvier 2014 sont également considérées. Au cours de la crue de décembre 2013, les coefficients de marée est de l'ordre de 50 ; cette crue s'est produite en période de morte eau. Au cours de la crue de janvier 2014, la crue s'est produite en condition de vive eau avec des coefficients de l'ordre de 107.

Au total 14 scénarios hydrodynamiques sont étudiés.

6.2.1 Caractérisation des débits

Pour l'ensemble des scénarios considérés, la chronique des débits suit la forme suivante :

- La durée de la simulation est de 120h avec une phase d'initialisation de 12h
- La montée en crue est fixée à 24h
- Puis une décrue lente pendant 84h
- L'hydrogramme de l'Elle et de l'Isole sont synchrones

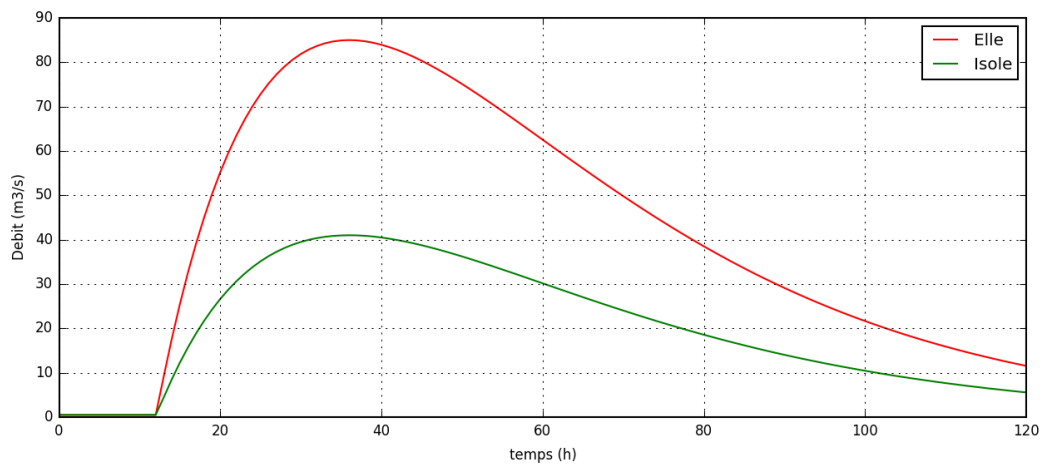


Figure 39 : Scénario de débits biennaux

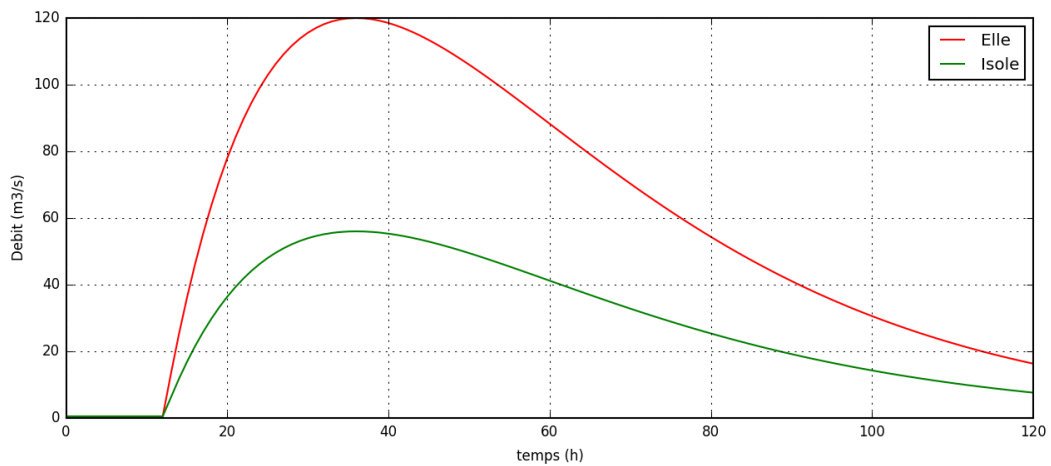


Figure 40 : Scénario de débits quinquennaux

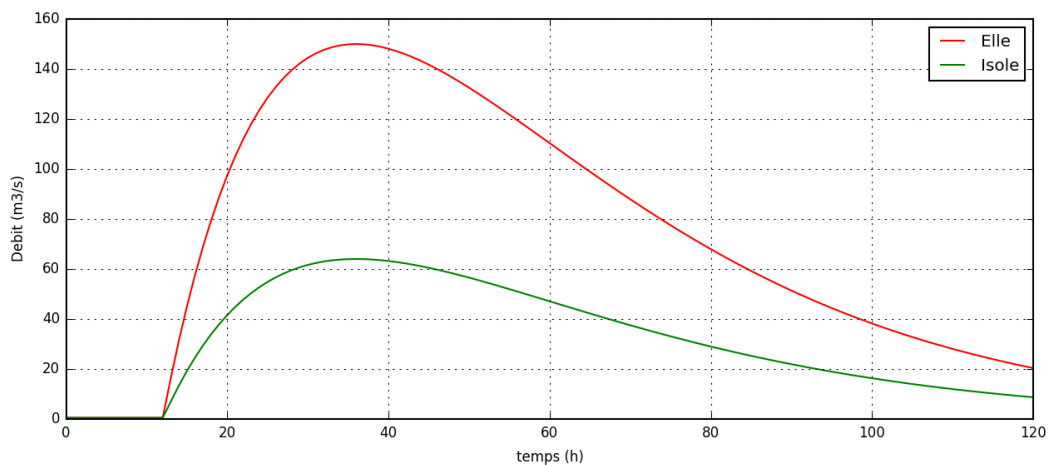


Figure 41 : Scénario de débits décennaux

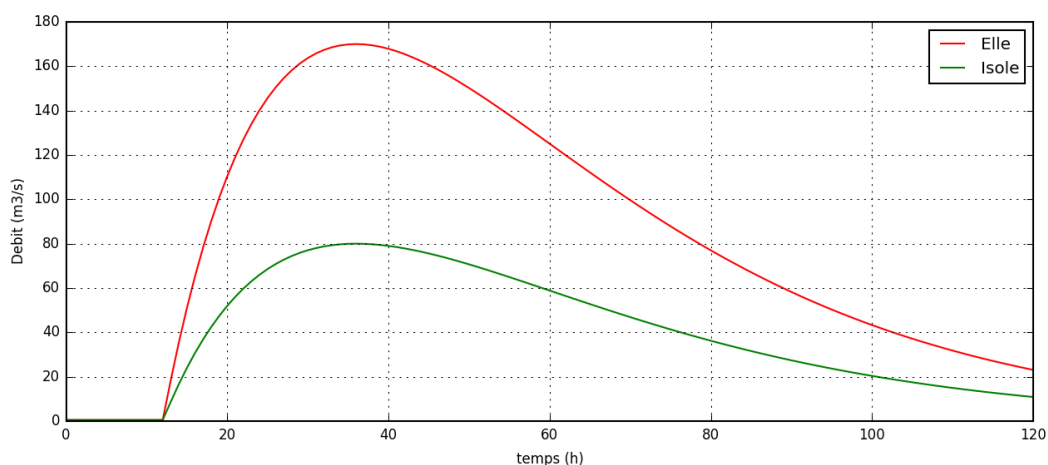


Figure 42 : Scénario de débits vingtennaux

Pour ces différents scénarios de crues, la durée de submersion au-dessus de la cote 3.5m NGF au niveau du quai Brizeux est fournie par le modèle. Ces durées sont synthétisées dans le tableau suivant.

Niveau marin	Débit	Durée de submersion (min)	Hmax (mNGF)
Vive eau	Q2	330	3.94
	Q5	2130	4.28
	Q10	2775	4.56
	Q20	3360	4.83
PM 10 ans	Q2	330	3.97
	Q5	2130	4.30
	Q10	2775	4.57
	Q20	3360	4.84
PM 100 ans	Q2	330	4.18
	Q5	2130	4.46
	Q10	2775	4.68
	Q20	3360	4.92

6.2.2 Caractérisation des niveaux marins

Les niveaux marins sont ceux d'une marée de vive eau au niveau du Pouldu pour lesquels une surcote est ajoutée.

Le pic de marée haute en amont est calé avec le pic de crue soit 36h après le début de la simulation

Les surcotes sont prises en compte en considérant une fonction triangle de largeur 24h et centrée sur le pic de crue.

Les niveaux atteints lors du pic de tempête sont ceux fournis pour les niveaux de pleines mers ayant une période de retour de 10 ans et de 100 ans au Pouldu.

6.3 Incidence sur une crue biennale

6.3.1 En conditions de vive eau

En conditions de crues fréquentes et pour des conditions de vive eau, on note que les aménagements envisagés n'ont qu'un effet minime sur la cote atteinte lors du pic de crue.

La mise en place d'un curage permet de réduire la durée du pic de crue d'environ 15min. et d'amorcer une décrue plus rapidement que dans les conditions initiales. Les autres aménagements n'ont qu'un effet limité sur la dynamique de la crue au niveau de la confluence.

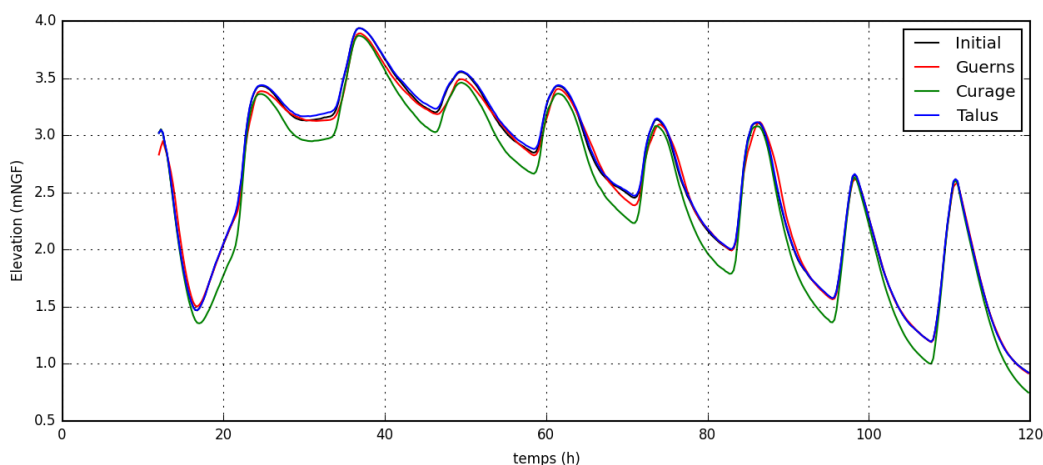


Figure 43 : Incidence des aménagements pour une crue biennale et en conditions de vive eau – au niveau de la confluence

6.3.2 En conditions de pleine mer 10 ans

En conditions de crues fréquentes et pour des conditions pleine mer 10 ans, on note que les aménagements envisagés n'ont qu'un effet minime sur la cote atteinte lors du pic de crue. Les différences lors des pics de crues sont inférieures à 0.05m.

La mise en place d'un curage permet de réduire la durée du pic de crue d'environ 15min. et d'amorcer une décrue plus rapidement que dans les conditions initiales, dans ce cas le niveau d'eau pendant la basse mer peut être diminué d'environ 25 cm. Les autres aménagements n'ont qu'un effet limité sur la dynamique de la crue au niveau de la confluence.

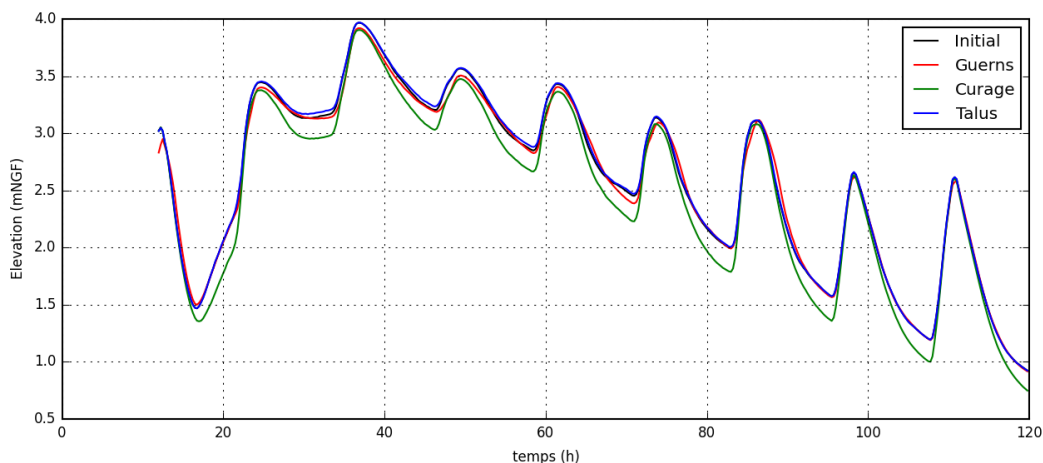


Figure 44 : Incidence des aménagements pour une crue biennale et en conditions PM 10 ans – au niveau de la confluence

6.3.3 En conditions de pleine mer 100 ans

En conditions de crues fréquentes et pour des conditions pleine mer 100 ans, on note que les aménagements envisagés n'ont pas d'effet sur la cote atteinte lors du pic de crue.

Les aménagements n'ont qu'un effet limité sur la décrue au niveau de la confluence.

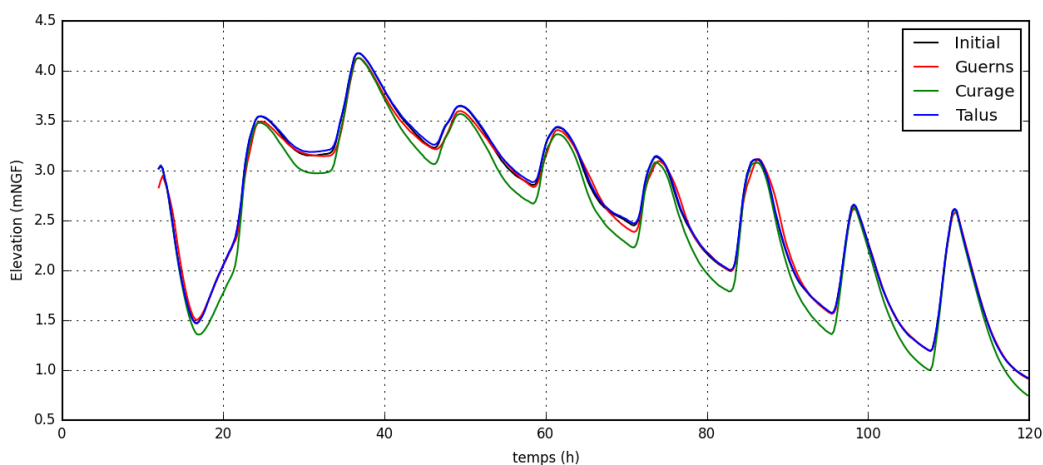


Figure 45 : Incidence des aménagements pour une crue biennale et en conditions de PM 100 ans – au niveau de la confluence

6.3.4 Synthèse sur la crue biennale

Les tableaux suivants fournissent la hauteur maximale et la durée d'inondation ($h > 3.5\text{mNGF}$) pour les différents scénarios d'aménagements :

Niveau marin	Aménagements	tmax(min)	hmax(mNGF)	delta T (min)	delta H (m)
Vive eau	Initial	330	3.94		
	Guerns	315	3.89	-15 (4.5%)	-0.05 (1.2%)
	Curage	315	3.87	-15 (4.5%)	-0.06 (1.5%)
	Remblais	330	3.94	0 (0.0%)	0.00 (0%)
PM 10 ans	Initial	330	3.97		
	Guerns	330	3.92	0 (0.0%)	-0.05 (1.2%)
	Curage	315	3.90	-15 (4.5%)	-0.06 (1.5%)
	Remblais	330	3.97	0 (0.0%)	0.00 (0.0%)
PM 100 ans	Initial	330	4.18		
	Guerns	330	4.13	0 (0.0%)	-0.05 (1.2%)
	Curage	330	4.13	0 (0.0%)	-0.05 (1.2%)
	Remblais	330	4.18	0 (0.0%)	0.00 (0.0%)

Dans le cas d'une crue biennale, les écarts induits par les aménagements sont négligeables aussi bien sur le pic de crue, que sur le durée de la submersion.

6.4 Incidence sur une crue quinquennale

6.4.1 En conditions de vive eau

En conditions de crue quinquennale et pour des conditions de vive eau, on note que les aménagements envisagés n'ont qu'un effet minime sur la cote atteinte lors du pic de crue ; les écarts lors du pic de crue sont inférieurs à 0.10 m.

Le curage de la Laïta permet de réduire la durée du pic de crue de 3h30 et d'amorcer une décrue plus rapidement que dans les conditions initiales.

Un aménagement des Guerns permet dans une moindre de mesure de réduire également la durée du pic. Dans ce cas, la durée est réduite de 2h.

La suppression des remblais n'a qu'un effet limité sur la durée de la crue au niveau de la confluence.

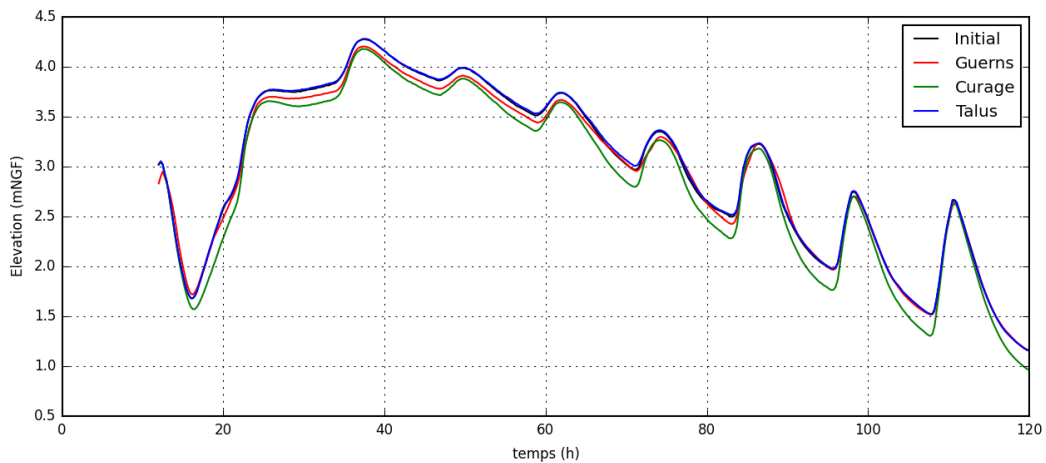


Figure 46 : Incidence des aménagements pour une crue quinquennale et en conditions de vive eau – au niveau de la confluence

6.4.2 En conditions de pleine mer 10 ans

En conditions de crue quinquennale et pour des conditions de pleine mer 10 ans, on note que les aménagements envisagés n'ont qu'un effet minime sur la cote atteinte lors du pic de crue; les écarts lors du pic de crue sont inférieurs à 0.10 m.

La mise en place d'un curage permet de réduire de 3h30 la durée du pic de crue et d'amorcer une décrue plus rapide que celle modélisée à l'état initial.

L'aménagement des Guerns permet également d'accélérer la décrue d'environ 2h.

La suppression des remblais n'a qu'un effet limité sur les niveaux atteints lors de ce type de crues au niveau de la confluence.

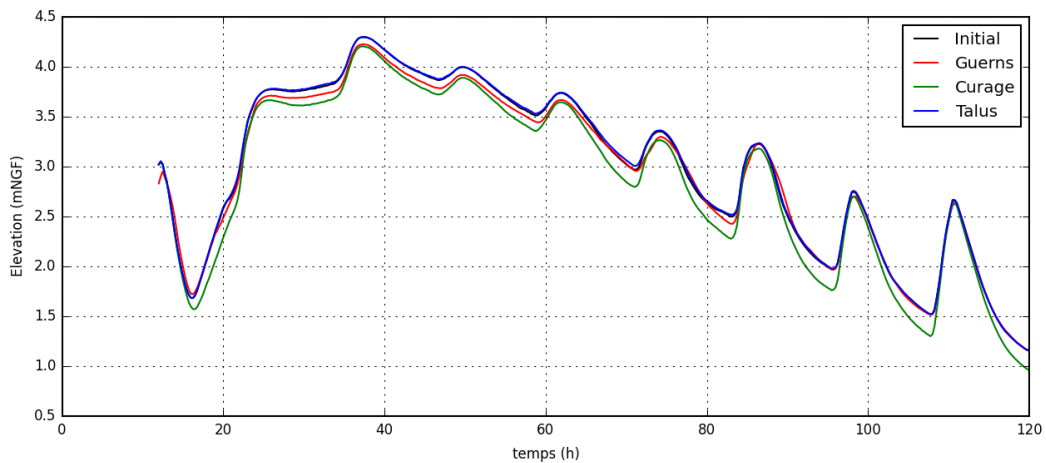


Figure 47 : Incidence des aménagements pour une crue quinquennale et en conditions PM 10 ans – au niveau de la confluence

6.4.3 En conditions de pleine mer 100 ans

En conditions de crue quinquennale et pour des conditions de pleine mer 10 ans, on note que les aménagements envisagés n'ont qu'un effet minime sur la cote atteinte lors du pic de crue.

La mise en place d'un curage permet de réduire la durée du pic de crue de 3 h.

L'aménagement des Guerns a également un effet sur la durée du pic. Cela permet de réduire la durée du pic au niveau de la confluence d'environ 1h.

La suppression des remblais n'a qu'un effet limité sur la crue au niveau de la confluence.

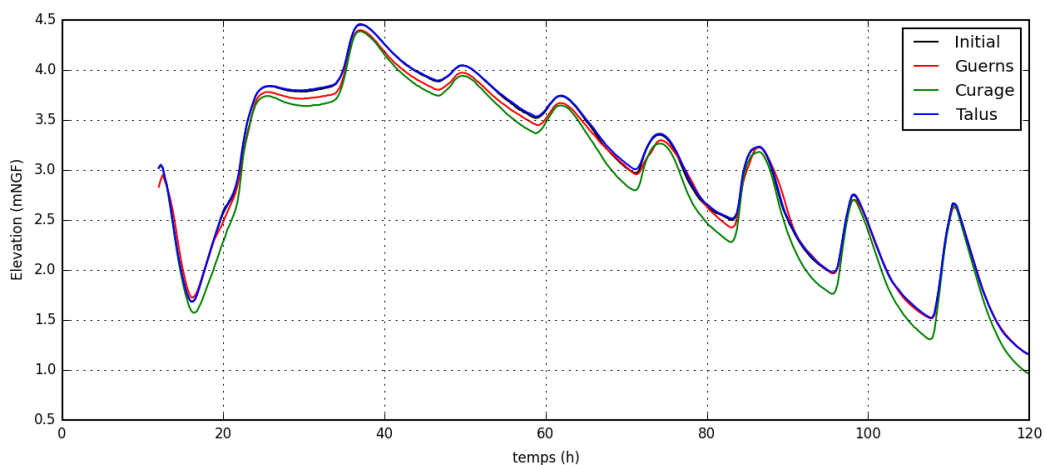


Figure 48 : Incidence des aménagements pour une crue quinquennale et en conditions de PM 100 ans – au niveau de la confluence

6.4.4 Synthèse sur la crue quinquennale

Les tableaux suivants fournissent la hauteur maximale et la durée d'inondation ($h > 3.5\text{mNGF}$) pour les différents scénarios d'aménagements :

Niveau marin	Aménagements	tmax(min)	hmax(mNGF)	delta T (min)	delta H (m)
Vive eau	Initial	2130	4.28		
	Guerns	2025	4.20	-105 (4.9%)	-0.08 (1.8%)
	Curage	1920	4.18	-210 (9.8%)	-0.10 (2.3%)
	Remblais	2130	4.28	0 (0.0%)	0.00 (0.0%)
PM 10 ans	Initial	2130	4.30		
	Guerns	2025	4.23	-105 (4.9%)	-0.07 (1.6%)
	Curage	1920	4.21	-210 (9.8%)	-0.09 (2.1%)
	Remblais	2130	4.30	0 (0/0%)	0.00 (0.0%)
PM 100 ans	Initial	2130	4.46		
	Guerns	2055	4.40	-75 (3.5%)	-0.06 (1.3%)
	Curage	1950	4.39	-180 (8.4%)	-0.07 (1.5%)
	Remblais	2130	4.45	0 (0.0%)	-0.01 (0.2%)

Dans le cas d'une crue quinquennale, le curage du lit mineur permet de réduire la durée de la submersion entre 3h et 3h30 par rapport à l'état initial. Les écarts induits par les aménagements sur le pic de crue sont faibles.

6.5 Incidence sur une crue décennale

6.5.1 En conditions de vive eau

En conditions de crue décennale et pour des conditions de vive eau, on note que les aménagements envisagés n'ont qu'un effet minime sur la cote atteinte lors du pic de crue, de l'ordre de 0.10m.

Le curage de la Laïta et l'aménagement des Guerns permettent d'accélérer une amorce de décrue. Un curage de la Laïta permet de réduire la durée du pic de crue d'environ 2h30, soit environ 5% de la durée de la crue. L'aménagement des Guerns permet une réduction de l'ordre de 1h, environ 2% de la durée de la crue.

La suppression des remblais n'a qu'un effet limité sur les niveaux atteints lors de la crue au niveau de la confluence.

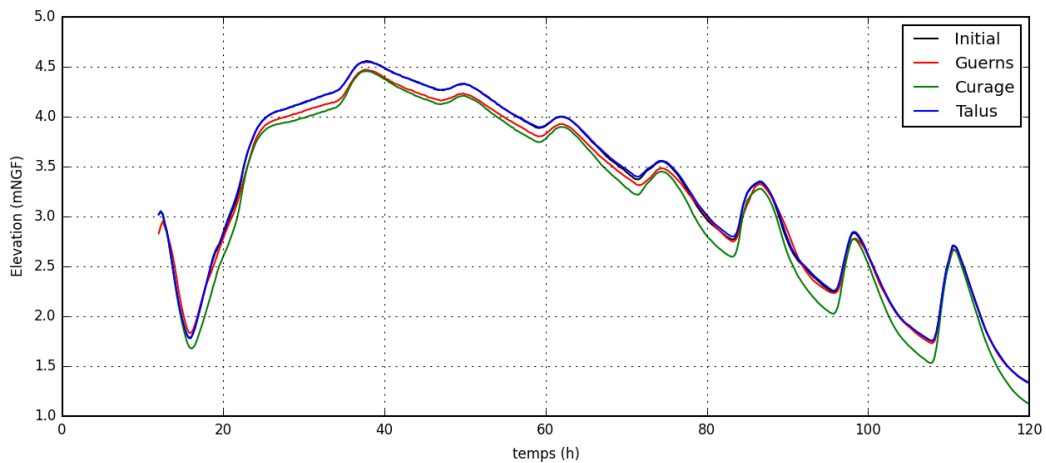


Figure 49 : Incidence des aménagements pour une crue décennale et en conditions de vive eau – au niveau de la confluence

6.5.2 En conditions de pleine mer 10 ans

En conditions de crue décennale et pour des conditions pleine mer de période de retour de 10 ans, on note que les aménagements envisagés n'ont qu'un effet minime sur la cote atteinte lors du pic de crue, de l'ordre de 0.1m.

Le curage de la Laïta et l'aménagement des Guerns permettent d'accélérer une amorce de décrue. Un curage de la Laïta permet de réduire la durée du pic de crue d'environ 2h. L'aménagement des Guerns permet une réduction de l'ordre de 1h.

La suppression des remblais n'a qu'un effet limité sur les niveaux atteints lors de la crue au niveau de la confluence.

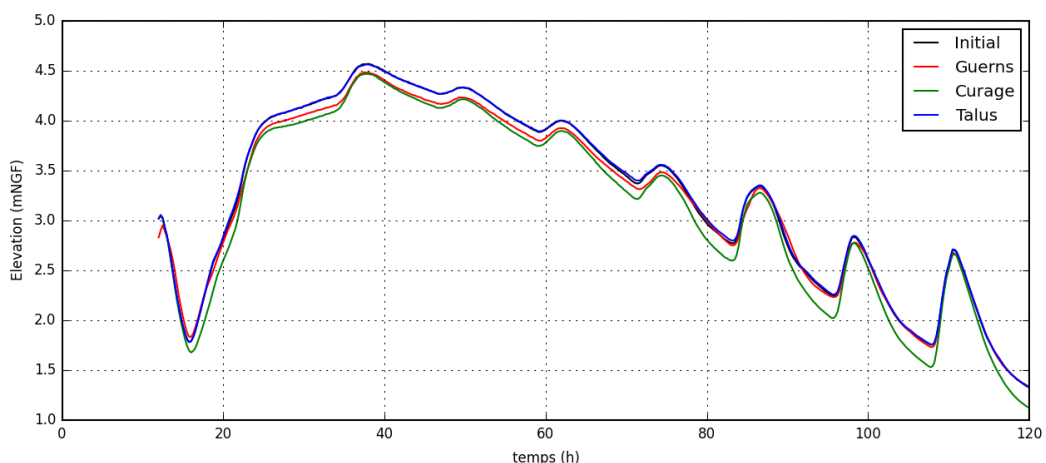


Figure 50 : Incidence des aménagements pour une crue décennale et en conditions de PM 10 ans – au niveau de la confluence

6.5.3 En conditions de pleine mer 100 ans

En conditions de crue décennale et pour des conditions pleine mer de période de retour de 100 ans, on note que les aménagements envisagés n'ont qu'un effet minime sur la cote atteinte lors du pic de crue, de l'ordre de 0.08m.

Le curage de la Laïta et l'aménagement des Guerns permettent d'accélérer une amorce de décrue. Un curage de la Laïta permet de réduire la durée du pic de crue d'environ 2h30. L'aménagement des Guerns permet une réduction de l'ordre de 1h.

La suppression des remblais n'a qu'un effet limité sur les niveaux atteints lors de la crue au niveau de la confluence.

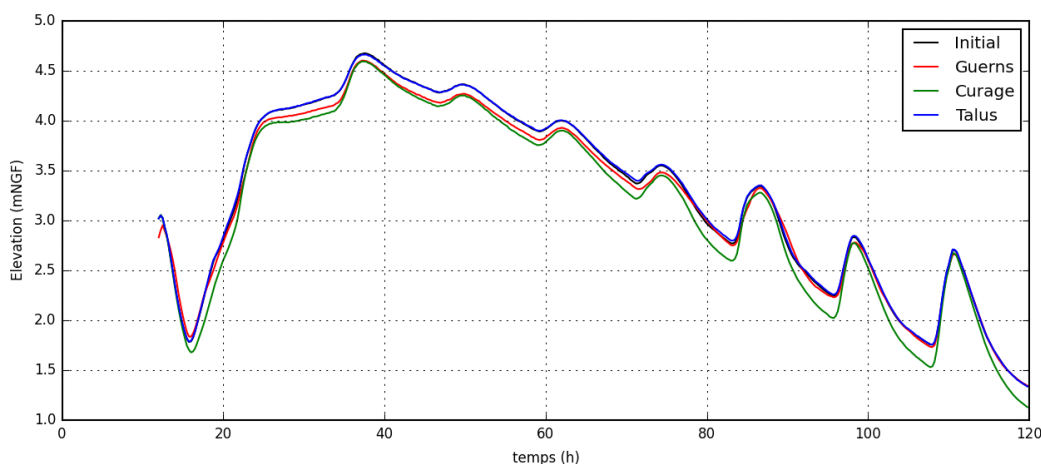


Figure 51 : Incidence des aménagements pour une crue décennale et en conditions de PM 100 ans – au niveau de la confluence

6.5.4 Synthèse sur la crue décennale

Les tableaux suivants fournissent la hauteur maximale et la durée d'inondation ($h > 3.5 \text{ mNGF}$) pour les différents scénarios d'aménagements :

Niveau marin	Aménagements	tmax(min)	hmax(mNGF)	delta T (min)	delta H (m)
Vive eau	Initial	2775	4.56		
	Guerns	2715	4.47	-60 (2.1%)	-0.09 (1.9%)
	Curage	2625	4.46	-150 (5.4%)	-0.10 (2.1%)
	Remblais	2790	4.55	15 (0.5%)	-0.01 (0.2%)
PM 10 ans	Initial	2775	4.57		
	Guerns	2715	4.49	-60 (2.1%)	-0.08 (1.7%)
	Curage	2640	4.47	-135 (4.8%)	-0.10 (2.1%)
	Remblais	2790	4.56	15 (0.5%)	-0.01 (0.2%)
PM 100 ans	Initial	2790	4.68		
	Guerns	2715	4.60	-75 (2.7%)	-0.07 (1.4%)
	Curage	2640	4.59	-150 (5.4%)	-0.08 (1.7%)
	Remblais	2805	4.66	15 (0.5%)	-0.01 (0.2%)

Dans le cas d'une crue décennale, le curage du lit mineur permet de réduire la durée de la submersion entre 2h et 2h30 par rapport à l'état initial. Les écarts induits par les aménagements sur le pic de crue sont faibles.

6.6 Incidence sur une crue vingtennale

6.6.1 En conditions de vive eau

En conditions de crue vingtennale et pour des conditions de vive eau, on note que les aménagements envisagés n'ont qu'un effet minime sur la cote atteinte lors du pic de crue. Les oscillations du niveau dues à la marée ne sont plus perceptibles, mais le delta entre les niveaux reste constant durant toute la crue et le début de la décrue.

La mise en place d'un curage et l'aménagement des Guerns permet de réduire la durée du pic de crue et d'amorcer une décrue plus rapidement que dans les conditions initiales. La réduction de la durée de la crue induite par ces aménagements est respectivement de l'ordre de deux et une heure, soit entre 3.5% et 2% de la durée de l'inondation.

La suppression des remblais n'a qu'un effet limité sur la crue au niveau de la confluence.

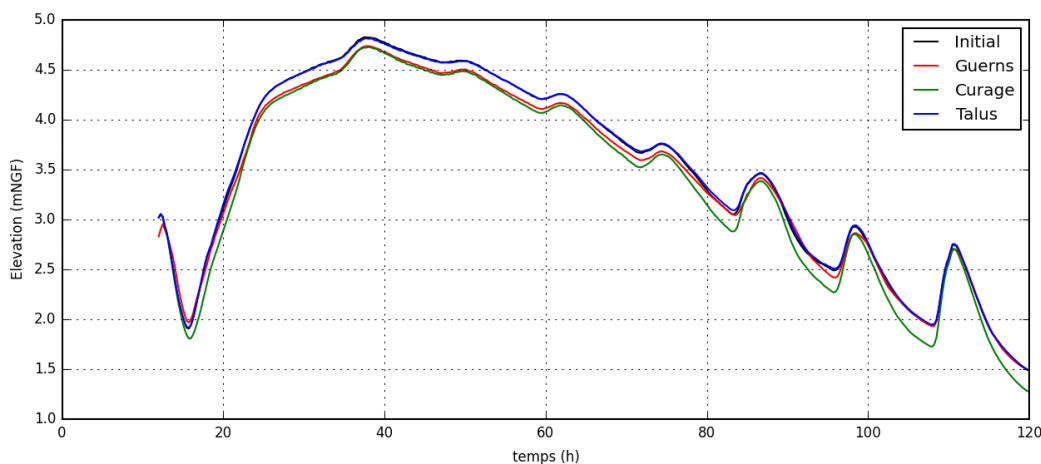


Figure 52 : Incidence des aménagements pour une crue vingtennale et en conditions de vive eau – au niveau de la confluence

6.6.2 En conditions de pleine mer 10 ans

En conditions de crue vingtennale et pour des conditions de pleine mer de période de retour de 10 ans, on note que les aménagements envisagés n'ont qu'un effet minime sur la cote atteinte lors du pic de crue, de l'ordre de 0.1m.

La mise en place d'un curage et l'aménagement des Guerns permet de réduire la durée du pic de crue et d'amorcer une décrue plus rapidement que dans les conditions initiales. La réduction de la durée de la crue induite par ces aménagements est respectivement de l'ordre de deux et une heure, soit entre 3.5% et 2% de la durée de la crue.

La suppression des remblais n'a qu'un effet limité sur la dynamique de la crue au niveau de la confluence.

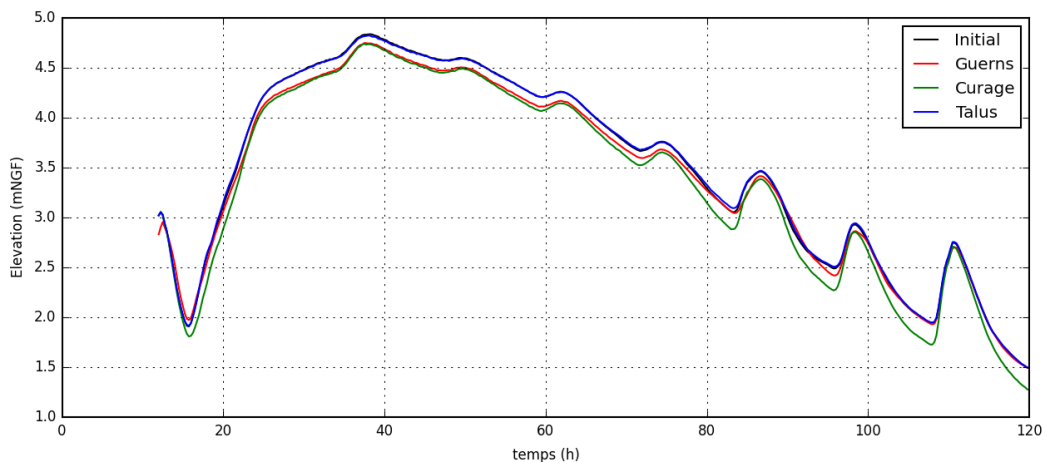


Figure 53 : Incidence des aménagements pour une crue vingtennale et en conditions PM 10 ans – au niveau de la confluence

6.6.3 En conditions de pleine mer 100 ans

En conditions de crue vingtennale et pour des conditions de pleine mer de période de retour de 100 ans, on note que les aménagements envisagés n'ont qu'un effet minime sur la cote atteinte lors du pic de crue, de l'ordre de 0.03m.

La mise en place d'un curage et l'aménagement des Guerns permet de réduire la durée du pic de crue et d'amorcer une décrue plus rapidement que dans les conditions initiales. La réduction de la durée de la crue induite par ces aménagements est respectivement de l'ordre de 1h30 et 1h, soit environ entre 3% et 1.5% de la durée de la crue.

La suppression des remblais n'a qu'un effet limité sur la dynamique de la crue au niveau de la confluence.

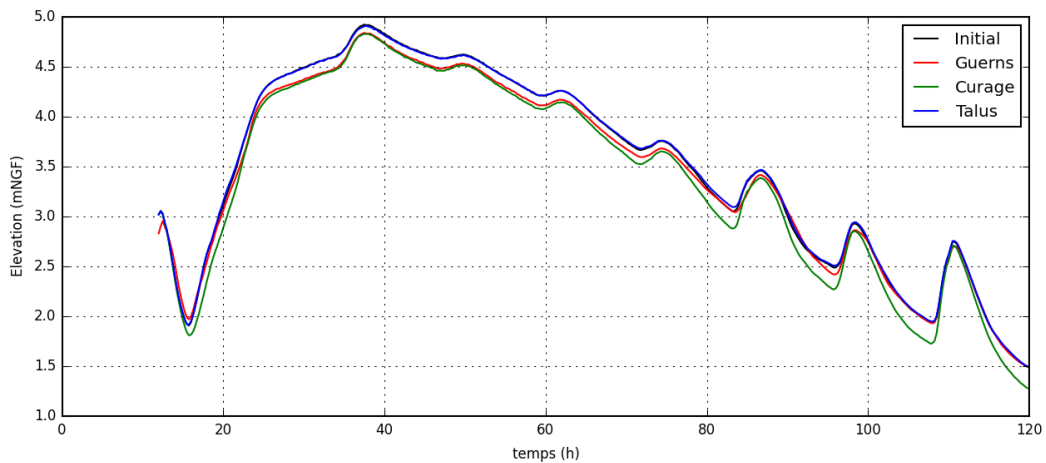


Figure 54 : Incidence des aménagements pour une crue vingtennale et en conditions de PM 100 ans – au niveau de la confluence

6.6.4 Synthèse sur la crue vingtennale

Les tableaux suivants fournissent la hauteur maximale et la durée d'inondation ($h > 3.5 \text{ mNGF}$) pour les différents scénarios d'aménagements :

Niveau marin	Aménagements	tmax(min)	hmax(mNGF)	delta T (min)	delta H (m)
Vive eau	Initial	3360	4.83		
	Guerns	3300	4.74	-60 (1.7%)	-0.09 (1.8%)
	Curage	3240	4.73	-120 (3.5%)	-0.10 (2.0%)
	Remblais	3375	4.82	15 (0.4%)	-0.01 (0.2%)
PM 10 ans	Initial	3360	4.84		
	Guerns	3300	4.75	-60 (1.7%)	-0.09 (1.8%)
	Curage	3240	4.74	-120 (3.5%)	-0.10 (2.0%)
	Remblais	3375	4.82	15 (0.4%)	-0.01 (0.2%)
PM 100 ans	Initial	3360	4.92		
	Guerns	3300	4.84	-60 (1.7%)	-0.08 (1.6%)
	Curage	3255	4.83	-105 (3.1%)	-0.09 (1.8%)
	Remblais	3375	4.91	15 (0.4%)	-0.01 (0.2%)

Dans le cas d'une crue vingtennale, le curage du lit mineur permet de réduire la durée de la submersion entre 1h30 et 2h par rapport à l'état initial. Les écarts induits par les aménagements sur le pic de crue sont faibles.

6.7 Incidence des aménagements pour des crues historiques

6.7.1 Crue de décembre 2013

Pour les conditions de crue enregistrées fin décembre 2013, les aménagements envisagés n'ont qu'un effet minime sur la cote atteinte lors du pic de crue. Les écarts de niveau entre solutions aménagées et état initial sont inférieurs à 0.1m, au niveau de la confluence de l'Elle et de l'Isole.

La mise en place d'un curage et l'aménagement des Guerns permet de réduire la durée du pic de crue et d'amorcer une décrue plus rapidement que dans les conditions initiales. La réduction de la durée de la crue induite par ces aménagements est respectivement de l'ordre de 2h30 et 1h30.

La suppression des remblais ou bien l'aménagement du lit majeur au niveau du pont sncf n'ont qu'un effet limité sur la dynamique de la crue au niveau de la confluence.

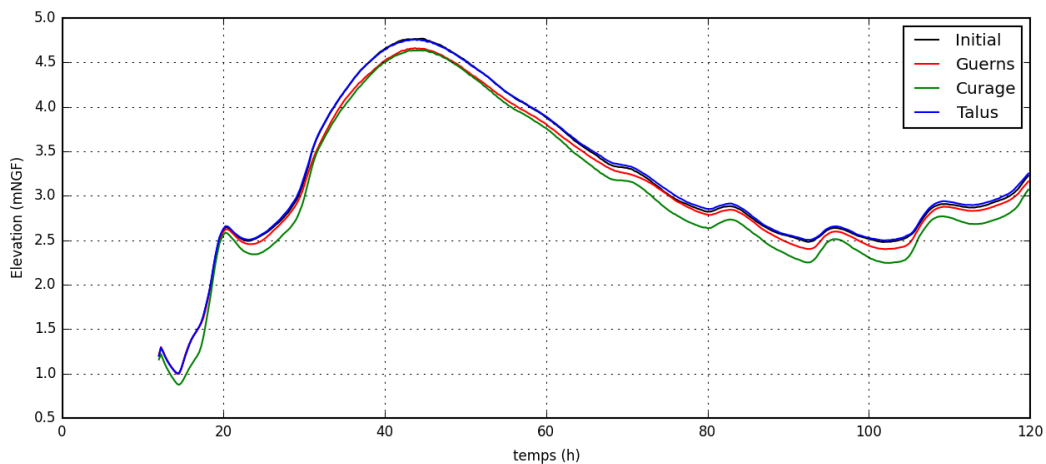


Figure 55 : Incidence des aménagements sur la crue de janvier 2014 – au niveau de la confluence

Crue	Aménagements	tmax(min)	hmax(mNGF)	delta T (min)	delta H (m)
Morte eau et crue 20 ans	Initial	2055	4.76		
	Guerns	1965	4.66	-90 (4.3%)	-0.10 (2.1%)
	Curage	1905	4.65	-150 (7.3%)	-0.11 (2.3%)
	Remblais	2055	4.75	0 (0.0%)	-0.01 (0.2%)

6.7.2 Crue de janvier 2014

Pour les conditions de crue enregistrées au début de janvier 2014, les aménagements envisagés n'ont qu'un effet minime sur la cote atteinte lors du pic de crue. Les écarts de niveau entre solutions aménagées et état initial sont inférieurs à 0.1m, au niveau de la confluence de l'Elle et de l'Isole.

La mise en place d'un curage et l'aménagement des Guerns permet de réduire la durée du pic de crue et d'amorcer une décrue plus rapidement que dans les conditions initiales. La réduction de la durée de la crue induite par ces aménagements est respectivement de l'ordre de 2h30 et 1h30.

La suppression des remblais ou bien l'aménagement du lit majeur au droit du pont SNCF n'ont qu'un effet limité sur la dynamique de la crue au niveau de la confluence

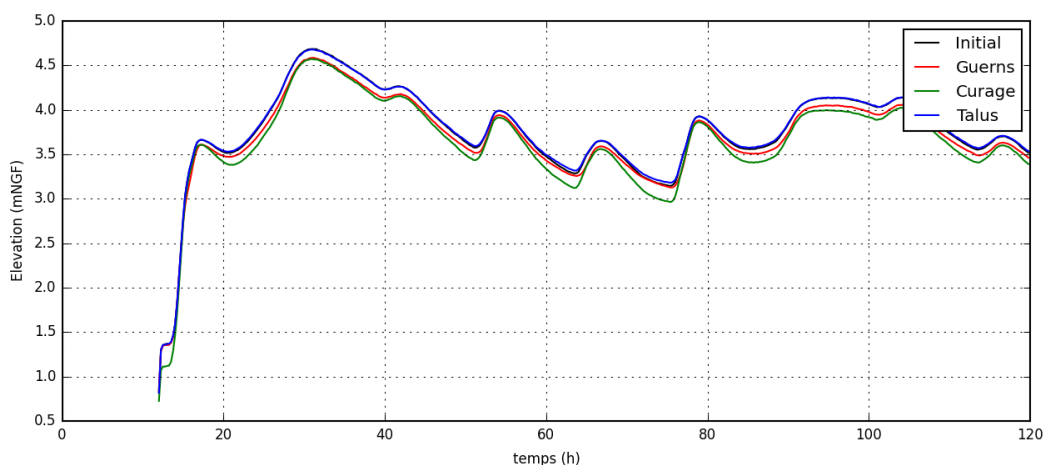


Figure 56 : Incidence des aménagements sur la crue de janvier 2014 – au niveau de la confluence

Crue	Aménagements	tmax(min)	hmax(mNGF)	delta T (min)	delta H (m)
Vive eau et crue 20 ans	Initial	2295	4.68		
	Guerns	2220	4.58	-45 (2.5%)	-0.09 (1.8%)
	Curage	2055	4.57	-240 (13.5%)	-0.10 (2.0%)
	Remblais	1	4.67	0 (0.0%)	-0.01 (0.2%)

6.8 Synthèse sur les incidences des aménagements sur les niveaux

Dans l'ensemble, les résultats de simulations tendent à montrer que les aménagements projetés n'ont qu'un effet négligeable à faible sur les niveaux d'eau estimés au niveau de la confluence :

- En conditions biennales, les simulations montrent une incidence négligeable des aménagements ;

- En conditions quinquennales, incidence faible sur les niveaux (<10cm) et durée du pic réduit grâce aux aménagements sur les Guerns et le curage (entre 2h et 3h) ;
- En conditions décennales, incidence faible sur les niveaux (<10cm) et durée de pic réduit grâce aux aménagements sur les Guerns et le curage (entre 1h et 2h) ;
- En conditions vingtennales, incidence faible sur les niveaux (<10cm) et durée de pic réduit grâce aux aménagements sur les Guerns et le curage (entre 1h et 2h) ;
- Ces résultats sont également confirmés pour des conditions de crues historiques.

7 Cadre réglementaire et environnementaux

Le tableau suivant présente les différents aspects relatifs au Code de l'Environnement et aux règlements locaux (SDAGE, SAGE, ...) devant être considérés pour l'étude hydrologique, hydraulique et hydro-sédimentaire de la Laïta amont. La liste proposée dans le tableau ne saurait être exhaustive. Elle présente toutefois les grandes lignes à étudier et à étoffer dans le cadre de l'étude.

Une première analyse des enjeux environnementaux et économiques est également proposée à travers ce tableau.

Il dresse enfin la liste d'un certain nombre d'usages pouvant être impactés par les modifications de l'état actuel de Laïta amont.

Les aspects liés au Code de l'Urbanisme ne sont pas ici traités.

Les aménagements étudiés s'ils devaient être réalisés seraient soumis à déclaration ou autorisation environnemental, notamment au titre de la loi sur l'eau.

Analyse des enjeux/ contraintes

Thématique		Contexte local	Analyse des risques/enjeux/contraintes
Juridique	Travaux et aménagements susceptibles d'avoir des effets sur le milieu aquatique : Loi sur l'Eau (L.214-1 à L.214-6 du Code de l'Environnement).	<p>Le projet peut être concerné par plusieurs rubriques (R.214-1 du Code de l'Environnement).</p> <p><u>TITRE III : IMPACTS SUR LE MILIEU AQUATIQUE OU SUR LA SECURITE PUBLIQUE.</u></p> <p>3.1.1.0 Installations, ouvrages, remblais et épis, dans le lit mineur d'un cours d'eau, constituant :</p> <p>1° Un obstacle à l'écoulement des crues (A) ;</p> <p>2° Un obstacle à la continuité écologique :</p> <p style="padding-left: 20px;">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) ;</p> <p style="padding-left: 20px;">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).</p>	non concerné
		<p>3.1.2.0 Installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou le profil en travers du lit mineur d'un cours d'eau, à l'exclusion de ceux visés à la rubrique 3.1.4.0, ou conduisant à la dérivation d'un cours d'eau :</p> <p>1° Sur une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 100 m : (A) ;</p> <p>2° Sur une longueur de cours d'eau inférieure à 100 m : (D).</p>	Autorisation

		<p><i>Le lit mineur d'un cours d'eau est l'espace recouvert par les eaux coulant à pleins bords avant débordement.</i></p>	
		<p>3.1.4.0 Consolidation ou protection des berges, à l'exclusion des canaux artificiels, par des techniques autres que végétales vivantes :</p> <p>1° Sur une longueur supérieure ou égale à 200 m : (A) ;</p> <p>2° Sur une longueur supérieure ou égale à 20 m mais inférieure à 200 m : (D).</p>	<p>Déclaration ou Autorisation selon la solution choisie</p>
		<p>3.1.5.0 Installations, ouvrages, travaux ou activités, dans le lit mineur d'un cours d'eau, étant de nature à détruire les frayères, les zones de croissance ou les zones d'alimentation de la faune piscicole, des crustacés et des batraciens , ou dans le lit majeur d'un cours d'eau, étant de nature à détruire les frayères de brochet :</p> <p>1° Destruction de plus de 200 m² de frayères : (A) ;</p> <p>2° Dans les autres cas : (D).</p>	<p><i>Présence de frayères à identifier (saumon)</i></p> <p>Autorisation</p>
		<p>3.2.1.0 Entretien de cours d'eau ou de canaux, à l'exclusion de l'entretien visé à l'article L215-14 réalisé par le propriétaire riverain, du maintien et du rétablissement des caractéristiques des chenaux de navigation, des dragages visés à la rubrique 4.1.3.0 et de l'entretien des ouvrages visés à la rubrique 2.1.5.0, le volume des sédiments extraits étant au cours d'une année :</p>	<p><i>A mettre à jour suivant les résultats des prélèvements</i></p> <p>Autorisation</p>

		<p>1° Supérieur à 2 000 m3 : (A) ;</p> <p>2° Inférieur ou égal à 2 000 m3 dont la teneur des sédiments extraits est supérieure ou égale au niveau de référence S1 : (A) ;</p> <p>3° Inférieur ou égal à 2 000 m3 dont la teneur des sédiments extraits est inférieure au niveau de référence S1 : (D).</p> <p><i>Est également exclu jusqu'au 1er janvier 2014 l'entretien ayant pour objet le maintien et le rétablissement des caractéristiques des chenaux de navigation lorsque la hauteur de sédiments à enlever est inférieure à 35 cm ou lorsqu'il porte sur des zones d'atterrissement localisées entraînant un risque fort pour la navigation.</i></p> <p><i>L'autorisation est valable pour une durée qui ne peut être supérieure à dix ans. L'autorisation prend également en compte les éventuels sous-produits et leur devenir.</i></p>	
		<p>3.2.2.0 Installations, ouvrages, remblais dans le lit majeur d'un cours d'eau :</p> <p>1° Surface soustraite supérieure ou égale à 10 000 m2 : (A) ;</p> <p>2° Surface soustraite supérieure ou égale à 400 m2 et inférieure à 10 000 m2 : (D).</p> <p><i>Au sens de la présente rubrique, le lit majeur du cours d'eau est la zone naturellement inondable par la plus forte crue connue ou par la crue centennale si celle-ci est supérieure. La surface soustraite est la surface soustraite à l'expansion des crues du fait de l'existence de l'installation ou ouvrage, y compris la surface occupée par l'installation, l'ouvrage ou le remblai dans le lit majeur.</i></p>	<p>Autorisation</p>

		<p>3.2.3.0 Plans d'eau, permanents ou non :</p> <p>1° Dont la superficie est supérieure ou égale à 3 ha : (A) ;</p> <p>2° Dont la superficie est supérieure à 0,1 ha mais inférieure à 3 ha : (D).</p>	<p>Déclaration</p>
		<p>3.2.5.0 Barrage de retenue et ouvrages assimilés :</p> <p>1° relevant des critères de classement prévus par l'article R214-112 CEnv : (A)</p>	<p>non concerné</p>
		<p>3.2.6.0 Ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et les submersions :</p> <p>1° Système d'endiguement au sens de l'article R562-13 CEnv : (A) ;</p> <p>2° aménagement hydraulique au sens de l'article R562-18 CEnv : (A).</p>	<p>non concerné</p>
		<p>3.2.7.0 Piscicultures d'eau douce mentionnées à l'article L431-6 CEnv : (D).</p>	<p>non concerné</p>
		<p>3.3.1.0 Assèchement, mise en eau, imperméabilisation, remblais de zones humides ou de marais, la zone asséchée ou mise en eau étant :</p> <p>1° Supérieure ou égale à 1 ha : (A) ;</p> <p>2° Supérieure à 0,1 ha, mais inférieure à 1 ha : (D).</p>	<p>Autorisation</p>

TITRE IV : IMPACTS SUR LE MILIEU MARIN

Au sens du présent titre, le milieu marin est constitué par : [...]

- *les eaux de transition des cours d'eau à l'aval du front de salinité ;*
- *les eaux de transition des canaux et étangs littoraux salés ou saumâtres.*

Le front de salinité est la limite à laquelle, pour un débit du cours d'eau équivalant au débit de référence défini en préambule du présent tableau et à la pleine mer de vives eaux pour un coefficient supérieur ou égal à 110, la salinité en surface est supérieure ou égale à 1 pour 1 000.

4.1.3.0 Dragage et / ou rejet y afférent en milieu marin :

1° Dont la teneur des sédiments extraits est supérieure ou égale au niveau de référence N2 pour l'un au moins des éléments qui y figurent : (A) ;

2° Dont la teneur des sédiments extraits est comprise entre les niveaux de référence N1 et N2 pour l'un des éléments qui y figurent :

a) Et, sur la façade métropolitaine Atlantique-Manche-mer du Nord et lorsque le rejet est situé à 1 kilomètre ou plus d'une zone conchylicole ou de cultures marines :

I.-Dont le volume maximal in situ dragué au cours de douze mois consécutifs est supérieur ou égal à 50 000 m³ : (A) ;

II.-Dont le volume maximal in situ dragué au cours de douze mois consécutifs est inférieur à 50 000 m³ : (D) ;

b) Et, sur les autres façades ou lorsque le rejet est situé à moins de 1 km d'une zone conchylicole ou de cultures marines :

I.-Dont le volume maximal in situ dragué au cours de douze mois consécutifs est supérieur ou égal à 5 000 m³ : (A) ;

II.-Dont le volume maximal in situ dragué au cours de douze mois consécutifs est inférieur à 5 000 m³ : (D) ;

3° Dont la teneur des sédiments extraits est inférieure ou égale au niveau

A mettre à jour suivant les résultats des prélèvements

		<p>de référence N1 pour l'ensemble des éléments qui y figurent :</p> <p>a) Et dont le volume in situ dragué au cours de douze mois consécutifs est supérieur ou égal à 500 000 m³ : (A) ;</p> <p>b) Et dont le volume in situ dragué au cours de douze mois consécutifs est supérieur ou égal à 5 000 m³ sur la façade Atlantique-Manche-mer du Nord et à 500 m³ ailleurs ou lorsque le rejet est situé à moins de 1 km d'une zone conchylicole ou de cultures marines, mais inférieur à 500 000 m³ : (D).</p> <p><i>L'autorisation est valable pour une durée qui ne peut être supérieure à dix ans. L'autorisation prend également en compte les éventuels sous-produits et leur devenir.</i></p> <p><i>Les rejets afférents aux dragages donnant lieu à des opérations d'immersions et dont les paramètres sont inférieurs aux seuils d'autorisation sont soumis à déclaration.</i></p>	
		<p>Le projet sera donc soumis à Autorisation au titre de la loi sur l'eau.</p> <p><u>Ce dossier intègrera une évaluation des incidences au titre de Natura 2000 conformément au code de l'Environnement.</u></p>	
	<p>Le projet est susceptible d'avoir des effets significatifs sur l'environnement et d'être soumis à étude d'impact.</p>	<p>Le tableau annexé à l'article R.122-2 du Code de l'Environnement précise les catégories d'aménagements/ouvrages/travaux soumis à étude d'impact ou analyse au « cas par cas ».</p> <p>10 : Canalisation et régulation des cours d'eau :</p> <p>Ouvrages de canalisation, de reprofilage et de régularisation des cours d'eau s'ils entraînent une artificialisation du milieu sous les conditions de respecter les critères et seuils suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou le profil en travers du lit mineur d'un cours d'eau sur une 	<p>Le projet sera soumis à étude d'impact.</p>

		<p>longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 100 m ;</p> <ul style="list-style-type: none"> - consolidation ou protection des berges, par des techniques autres que végétales vivantes sur une longueur supérieure ou égale à 200 m ; - installations, ouvrages, travaux ou activités, dans le lit mineur d'un cours d'eau, étant de nature à détruire les frayères, les zones de croissance ou les zones d'alimentation de la faune piscicole, des crustacés et des batraciens, ou dans le lit majeur d'un cours d'eau, étant de nature à détruire les frayères de brochet pour la destruction de plus de 200 m² de frayères ; - installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à la dérivation d'un cours d'eau sur une longueur supérieure ou égale à 100 m. 	
<p>Analyse des documents de planification (milieu aquatique et naturel).</p>	<p>SDAGE « Loire-Bretagne »</p>	<p>Le projet est concerné par les orientations suivantes du SDAGE :</p> <p>ORIENTATION 1 : REPENSER LES AMÉNAGEMENTS DE COURS D'EAU</p> <p>1A - Prévenir toute nouvelle dégradation des milieux</p> <p>1B - Préserver les capacités d'écoulement des crues ainsi que les zones d'expansion des crues et des submersions marines</p> <p>1C - Restaurer la qualité physique et fonctionnelle des cours d'eau, des zones estuariennes et des annexes hydrauliques</p> <p>1D - Assurer la continuité longitudinale des cours d'eau</p> <p>1E - Limiter et encadrer la création de plans d'eau</p> <p>1F - Limiter et encadrer les extractions de granulats alluvionnaires en lit majeur</p> <p>1G - Favoriser la prise de conscience</p> <p>1H - Améliorer la connaissance</p>	<p>Le projet compatible avec le SDAGE</p>

		<p>ORIENTATION 9 – PRÉSERVER LA BIODIVERSITÉ AQUATIQUE</p> <p>9A - Restaurer le fonctionnement des circuits de migration</p> <p>9B - Assurer une gestion équilibrée des espèces patrimoniales inféodées aux milieux aquatiques et de leurs habitats</p> <p>9C - Mettre en valeur le patrimoine halieutique</p> <p>9D - Contrôler les espèces envahissantes</p>	
	<p>SAGE « Elle – Isole – Laïta » (mis en œuvre)</p>	<p>Les enjeux du SAGE :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mettre en place une gestion quantitative de la ressource en eau équilibrée, en particulier lors des périodes de crises à l'étiage ; - Réduire plus encore les risques d'inondation pour des évènements d'occurrence régulière (entre 10 à 20 ans) ; - Milieux aquatiques et zones humides : atteindre le bon état des cours d'eau, un fonctionnement optimal des zones humides ; - Obtenir une qualité physico-chimique des eaux de surface et souterraines permettant d'atteindre le bon état et de satisfaire les usages ; - Garantir les fonctionnalités de l'estuaire de la Laïta et ses usages. <p>Les règles du SAGE approuvé :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Objectifs de débit aux points nodaux 2- Révision des débits réservés 3- Urbanisation en zones inondables 4- Gestion des cours d'eau 5- Protection des zones humides connues 6- Compenser la destruction de zones humides 7- Création de plans d'eau 8- Conformité des branchements d'eaux usées sur les communes littorales 9- Mise en conformité des points noirs de l'assainissement non 	<p>Les aménagements projetés sont compatibles avec le SAGE</p>

		collectif																																														
	Schéma Régional de Cohérence Écologique (SRCE)	<p>Le SRCE de Bretagne est en phase de validation.</p> <p>Le projet identifie la Laïta comme un cours d'eau de la trame bleue régionale et son estuaire comme un réservoir régional de biodiversité.</p> <p>Les objectifs régionaux correspondant sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Préserver ou restaurer la fonctionnalité écologique des cours d'eau. - Préserver la fonctionnalité écologique des milieux naturels. 	<p>Le projet sera susceptible d'induire :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Une perturbation des ressources trophiques de l'ichtyofaune (fonction de nourricerie) ; - Une entrave à la circulation de la faune piscicole (et notamment des migrateurs amphihalins) durant la période de travaux 																																													
	Directive Cadre sur l'Eau	<p>Le projet est susceptible de concerner les masses d'eau suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Masses d'eaux côtières et de transition « FRGC32 Laïta - Pouldu », « FRGC33 Laïta (large) », « FRGT18 La Laïta » ; - Masse d'eau souterraine « FRGG006 Laïta » <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Code de la masse d'eau</th> <th rowspan="2">Nom</th> <th colspan="2">Objectif d'état écologique</th> <th colspan="2">Objectif d'état chimique</th> <th colspan="2">Objectif d'état global</th> </tr> <tr> <th>Objectif</th> <th>Délai</th> <th>Objectif</th> <th>Délai</th> <th>Objectif</th> <th>Délai</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="8">Eaux côtières et de transition</td> </tr> <tr> <td>FRGC32</td> <td>Laïta - Pouldu</td> <td>Bon Etat</td> <td>2015</td> <td>Bon Etat</td> <td>2015</td> <td>Bon Etat</td> <td>2015</td> </tr> <tr> <td>FRGC33</td> <td>Laïta (large)</td> <td>Bon Etat</td> <td>2015</td> <td>Bon Etat</td> <td>2015</td> <td>Bon Etat</td> <td>2015</td> </tr> <tr> <td>FRGT18</td> <td>La</td> <td>Bon</td> <td>2027</td> <td>Bon</td> <td>2015</td> <td>Bon</td> <td>2027</td> </tr> </tbody> </table>	Code de la masse d'eau	Nom	Objectif d'état écologique		Objectif d'état chimique		Objectif d'état global		Objectif	Délai	Objectif	Délai	Objectif	Délai	Eaux côtières et de transition								FRGC32	Laïta - Pouldu	Bon Etat	2015	Bon Etat	2015	Bon Etat	2015	FRGC33	Laïta (large)	Bon Etat	2015	Bon Etat	2015	Bon Etat	2015	FRGT18	La	Bon	2027	Bon	2015	Bon	2027
Code de la masse d'eau	Nom	Objectif d'état écologique			Objectif d'état chimique		Objectif d'état global																																									
		Objectif	Délai	Objectif	Délai	Objectif	Délai																																									
Eaux côtières et de transition																																																
FRGC32	Laïta - Pouldu	Bon Etat	2015	Bon Etat	2015	Bon Etat	2015																																									
FRGC33	Laïta (large)	Bon Etat	2015	Bon Etat	2015	Bon Etat	2015																																									
FRGT18	La	Bon	2027	Bon	2015	Bon	2027																																									

		Laïta	Etat		Etat		Etat		
		Eaux souterraines							
		FRGG006	Laïta	Bon Etat	2015	Bon Etat	2015	Bon Etat	2015
Environnement	Périmètres de milieux naturels	<u>Inventaires du patrimoine naturel</u> - ZNIEFF de type 1 « Vallée de la Laïta » 530015672 ; - ZNIEFF de type 2 « Forêt de Carnoët et bois de saint Maurice » 530006001.							Pas d'impact attendu
		<u>Protection du patrimoine naturel (Natura 2000)</u> Directive habitats « rivière Laïta, Pointe de Talud, étang de Loc'h et de Lannec » FR5300059.							Altération potentielle de l'état de conservation des habitats.
		- L'estuaire de la Laïta constitue une zone de nourricerie (forte productivité biologique) pour les juvéniles. La Laïta est fréquentée par des poissons migrateurs amphihalins (Saumon atlantique, Truite de mer, Grande alose et Anguille européenne). La gestion de ces poissons grands migrateurs est encadrée par les dispositions des articles R.436-44 à R.436-68 du Code de l'Environnement. Pour ces quatre espèces migratrices, le transit entre les deux milieux Océan Atlantique et Goyen via le port d'Audierne constitue une étape indispensable pour la continuité de leur cycle de vie (reproduction, croissance) et pour la production des futures générations.							- Les perturbations des habitats et espèces benthiques inféodées pourraient induire des pertes trophiques pour l'ichtyofaune. Entrave à la circulation de la faune piscicole (et notamment des migrateurs amphihalins) durant les temps de fermeture des portes et

			pendant les chasses hydrauliques.
<i>Activités et usages</i>	<u>Pêche</u>		Altération temporaire en cas de curage
Ichtyofaune	<u>Conchyliculture</u> - En aval de la zone projet		- Variation des paramètres physiques de la qualité de l'eau par rapport aux conditions d'écoulement naturel
<i>Activités et usages</i>	<u>Activités nautiques</u>		Altération temporaire pendant la période de travaux
	-		

8 Estimation des coûts

8.1.1 Principe d'estimation sommaire des coûts

L'estimation des coûts est réalisée en ne considérant que les frais associés aux travaux (installation du chantier et travaux). Une marge de sécurité de 25% est ajoutée aux coûts estimés.

Les études complémentaires (études réglementaires, levés géotechniques, entretien) ne sont pas estimés.

8.1.2 Abaissement de la cote du lit majeur de la Laïta au droit du pont ferroviaire

- ❖ Solution 1 : 300 m²
 - Installation de chantier : 1 500 € HT ;
 - Terrassement et évacuation des remblais (50 m³) : 2 000 € HT ;
- ❖ Solution 2 : 3 700 m²
 - Installation de chantier : 4 000 € HT ;
 - Terrassement et évacuation des remblais (600 m³) : 24 000 € HT.

8.1.3 Suppression des remblais se situant sur la rive droite de la Laïta.

- ❖ Solution 1 : 5 900 m³
 - Installation de chantier : 10 000 € HT ;
 - Terrassement et évacuation des remblais (5 900 m³) : 206 500 € HT ;
- ❖ Solution 2 : 25 000 m³
 - Installation de chantier : 25 000 € HT ;
 - Terrassement et évacuation des remblais (25 000 m³) : 875 000 € HT.

8.1.4 Aménagement des guerns

La zone des Guerns en tant que plaine alluviale est parcourue par un réseau complexe de canaux de faibles profondeurs assurant le drainage des prairies. Ces derniers représentent un linéaire d'environ 7 117 m.

Les méthodes de travaux existantes et permettant l'entretien de ces derniers seront difficilement compatibles avec la nature des sols. En effet, seul des petits engins de travaux sont envisageables..

- Installation de chantier : 15 000 € HT ;
- Nettoyage des canaux et évacuation des matériaux : 106 755 € HT.

La création de mares proches du cours d'eau pourraient-être réalisées à partir d'une barge associée à une pelle munie d'un bras long.

Pour une mare de 100 m² (profondeur 1m) :

- Installation de chantier : 5 000 € HT ;

- Terrassement et évacuation des terres (100 m³) : 3 500 € HT.

8.1.5 Curage de la Laïta

❖ Solution 1 : 85 000 m³

- Installation de chantier : 250 000 € HT ;
- Curage (85 000 m³) : 2 125 000 € HT
- Evacuation des matériaux (85 000 m³) : 1 700 000 € HT ;

❖ Solution 2 : 13 000 m³

- ❖ Installation de chantier : 55 000 € HT ;
- ❖ Curage (13 000 m³) : 325 000 € HT
- ❖ Evacuation des matériaux (13 000 m³) : 260 000 € HT ;

8.1.6 Retrait des bois en rives et des embâcles dans le cours d'eau

- Installation de chantier : 15 000 € HT ;
- Entretien paysager s'étend sur environ 550 m : 165 000 € HT ;
- Evacuation des matériaux (500 m³) : 12 500 € HT.

9 Caractérisation de l'occupation du territoire

9.1 Identification des enjeux

L'analyse multicritère demande une analyse préliminaire des enjeux présents dans la zone d'étude.

Les enjeux ci-dessous sont considérés dans le cadre de l'étude. Ils sont définis par le Guide Méthodologique pour Analyse multicritère des projets de prévention des inondations (CGDD, 2018) :

- La santé humaine
 - Nombre de personnes habitant en zone inondable
 - Par des personnes habitant dans des logements de plain-pied en zone inondable par commune
 - Capacité d'accueil des établissements sensibles en zone inondable
 - Part des bâtiments participant directement à la gestion de crise en zone inondable
- L'économie
 - Trafic journalier des réseaux de transport en zone inondable
 - Part d'entreprises aidant à la reconstruction après une inondation en zone inondable
 - Nombre d'emplois dans les zones inondables
- Environnement
 - Stations de traitement des eaux usées en zone inondables
 - Déchets : capacité de traitement et de stockage en zone inondable
 - Nombre de sites dangereux en zone inondable
- Patrimoine
 - Nombre de bâtiments patrimoniaux et de sites remarquables en zone inondable

9.2 Données utilisées

Les bases de données suivantes et rapports ont été utilisés pour quantifier les enjeux précédemment listés :

- Données carroyées à 200 mètres, INSEE ; <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2520034>
- SMEIL, 2015, PAPI ELLE-ISOLE-LAITA – Diagnostic approfondi et partage du territoire. 186 p
- Base de données Enjeux du SMEIL, 2014
- Service voirie de la Mairie de Quimperlé, Brochure trafic 2014.
- Pages jaunes : recherche BTP
- Atlas des patrimoines, Ministère de la Culture ; <http://atlas.patrimoines.culture.fr/>
- Zonage PPRI fournis par le SMEIL

9.3 Résultats

Les résultats des analyses thématiques des bases de données sont présentés dans les tableaux suivants pour l'ensemble des enjeux listés.

Une analyse différenciée est réalisée entre le zonage de la crue de 2000 et le zonage du PPRI avec un attention particulière sur les logements en rez-de-chaussée occupé en 2014 et les activités économiques.

Tableau 7 : Analyse thématique par enjeux pour le zonage PPRI et les données historiques de 2000

	RDC occupés inclus dans le zonage PPRI	RDC inondés et occupés en 2000
Logements	109	98
Activités économiques	63	57
Enjeux	214	185

Les Figures 57 à 62 fournissent une représentation graphique de ces différents enjeux pour la crue de 2000 et pour le zonage PPRI.

Les enjeux présents dans la zone inondable de Quimperlé sont caractérisés par une forte densité spatiale.

En cas d'inondation, les coûts des dommages sont élevés. Pour mémoire, les coûts enregistrés lors des crues de 2000 et de l'hiver 2013/2014 s'élèvent respectivement à 13 M€ et à 5 M€.

Les aménagements considérés en aval de la confluence afin de réduire l'aléa d'inondation n'ont qu'un effet très limité sur la durée de la crue et négligeable sur les niveaux d'eau. Ces aménagements ne peuvent à eux seuls conduire à extraire certains enjeux présents dans la zone inondable de Quimperlé de la carte d'aléa.

		Type de conséquence	N°	Indicateurs	Enjeux	Source
Bénéfices d'un projet	Non monétarisés	Santé humaine	P1	Nombre de personnes habitant en zone inondable et part communale	<p>1536 habitants pour une commune de 12018 habitants. les inventaires de terrain réalisés sur Quimperlé ont permis d'estimer le nombre d'habitants situés dans les zones inondables sur Quimperlé à :</p> <ul style="list-style-type: none"> o environ 700 personnes pour la crue de 2000 (temps de retour > 50 ans) ; o environ 810 personnes pour la crue centennale (PPRi de Quimperlé-Tréméven) ; o environ 235 personnes pour les crues de 2013-2014 (temps de retour 20 ans). 	<p>Diagnostic_PAPI_EIL_1711_2015_V3_annexes</p> <p>https://www.insee.fr/fr/statistiques/2520034</p>
			P2	Part des personnes habitant dans des logements de plain-pied en zone inondable par commune	98 logements de plain pied occupés en 2000 ~ 250/1536	BD_Enjeux_Qple_SMEIL_2_014
			P3	Capacités d'accueil des établissements sensibles en zone inondable	Ecole et collège Sainte Croix, école de musique, crèche Capucine, la retraite, aire de camping, cinéma, église. Soit 1618 personnes	BD_Enjeux_Qple_SMEIL_2_014 Diagnostic_PAPI_EIL_1_7112015_V3_annexes
			P4	Part des bâtiments participant directement à la gestion de crise hors et en en zone inondable	Gendarmerie (en zone inondable), Services techniques de la Ville de Quimperlé , police municipale. 1/4	C_carte_enjeux_Quimperle

	Economie	M1	Dommmages aux habitations	18 000€ par particulier (indice FFB 2014)	MRN
		M2	Dommmages aux entreprises	45 000€ par professionnel (indice FFB 2014)	MRN
		M3	Dommmages aux activités agricoles		
		M4	Dommmages aux établissements publics		
		P5	Traffic journalier des réseaux de transport en zone inondable	9500 véhicules/J sur la RD 783 (Quai Brizeux) 15966 véhicules/J en 2014 pour la RD783 à Quimperlé	Service voirie de la Mairie de Quimperlé. Brochure trafic 2014.
		P6	Part d'entreprises aidant à la reconstruction après une inondation dans les communes exposées	2/17	Pages-jaunes BTP
		P7	Nombre d'emplois dans les zones inondable	65 activités économiques : 650 11 services publiques : 1618 gendarmerie : 100 Types de lodgement: Commerces, Banques, France Télécom, école de musique, école et collège sainte Croix, crèche Capucine, Papeterie Mauduit, office du tourisme, artisans	Diagnostic_PAPI_EIL_1711 2015_V3_annexes
		Environnement	P8	Stations de traitement des eaux usées en zone inondable : charge journalière entrante en moyenne annuelle.	Présence de postes de refoulement des eaux usées en zone inondable, notamment celui Quai Surcouf, induisant un rejet direct dans la Laïta

			P9	Déchets : capacité de traitement et de stockage en zone inondable	Aucun	
			P10	Nombre de sites dangereux en zone inondable	2 : Ancienne station d'épuration, Papeterie Mauduit	C_carte_enjeux_Quimperle
		Patrimoine	P11	Nombre de bâtiments patrimoniaux et de sites remarquables en zone inondable.	15 espaces urbains remarquables	ZPPAUP 2008 http://atlas.patrimoines.culture.fr/atlas/trunk/

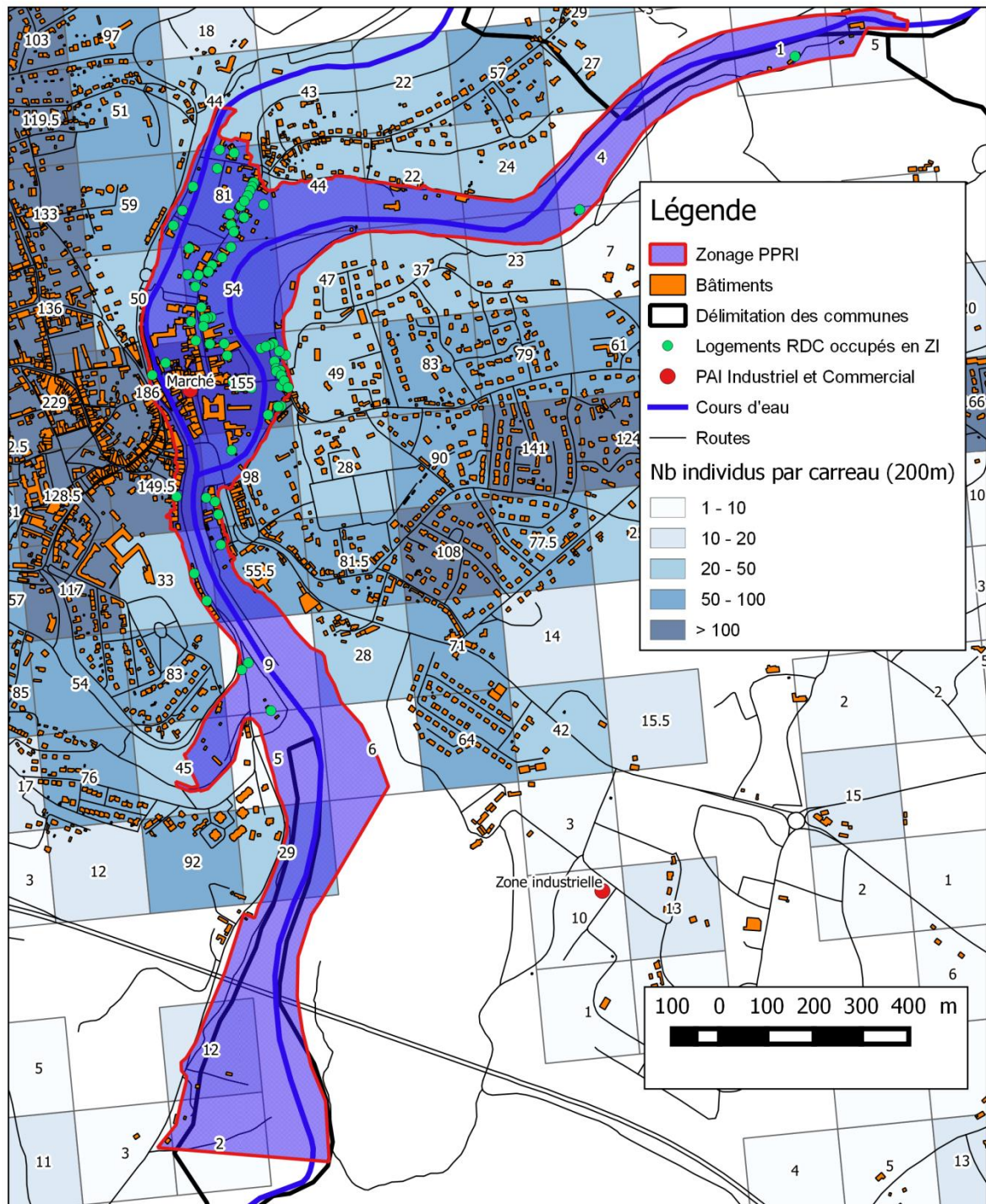


Figure 57 : Logements occupés en RDC concernés par le PPRI

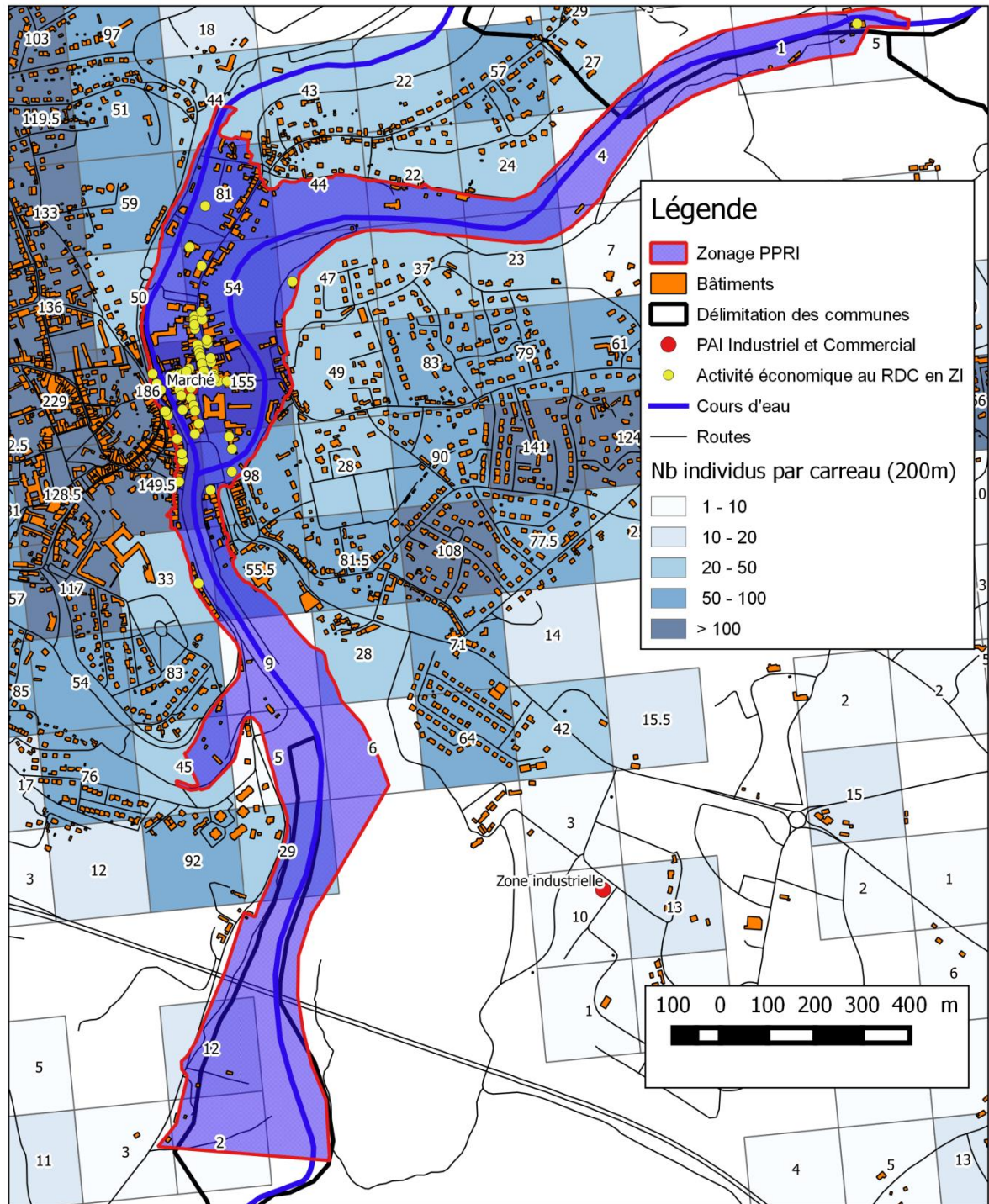


Figure 58 : Activités économiques en RDC concernées par le PPRI

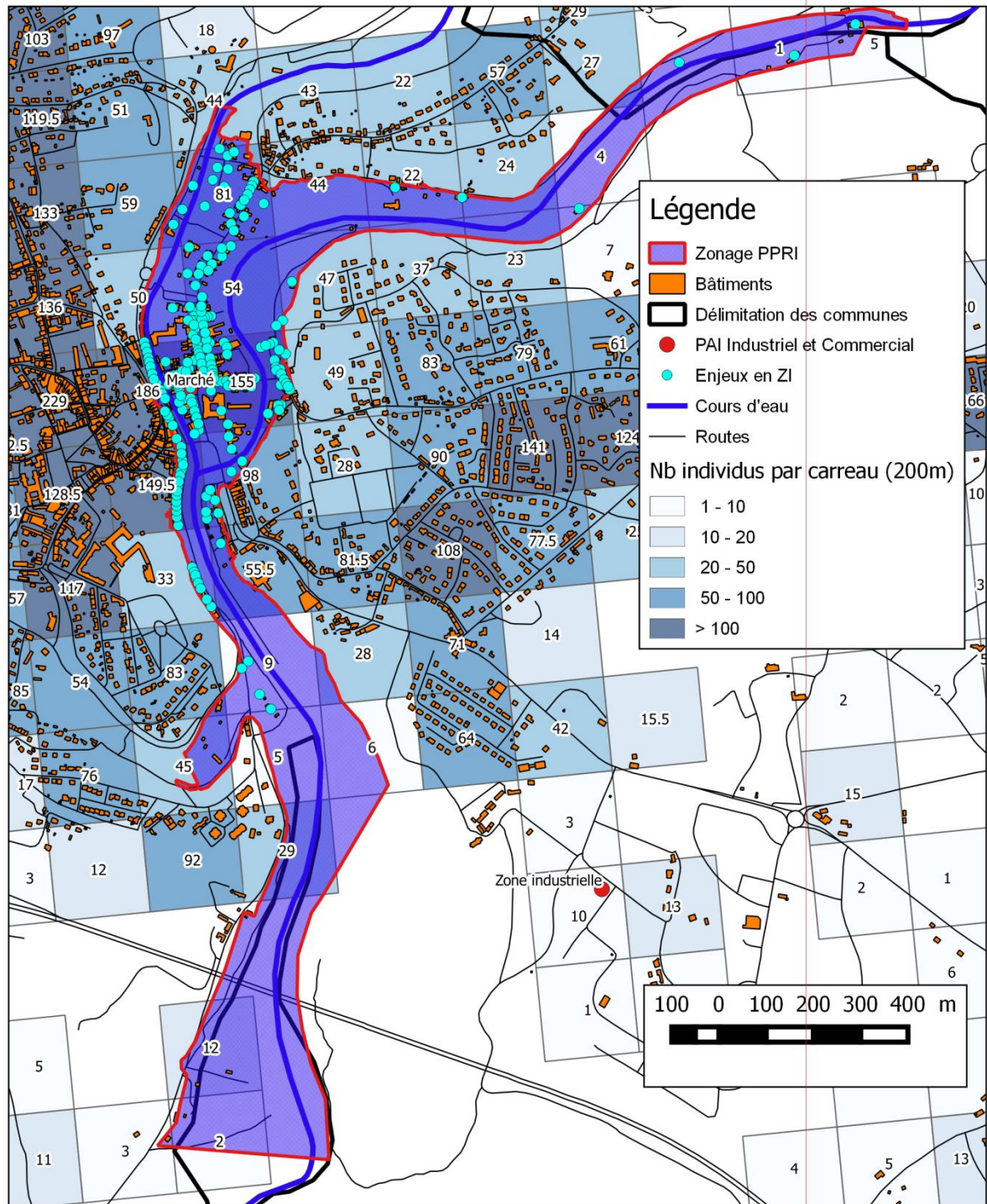


Figure 59 : Enjeux concernés par le PPRI

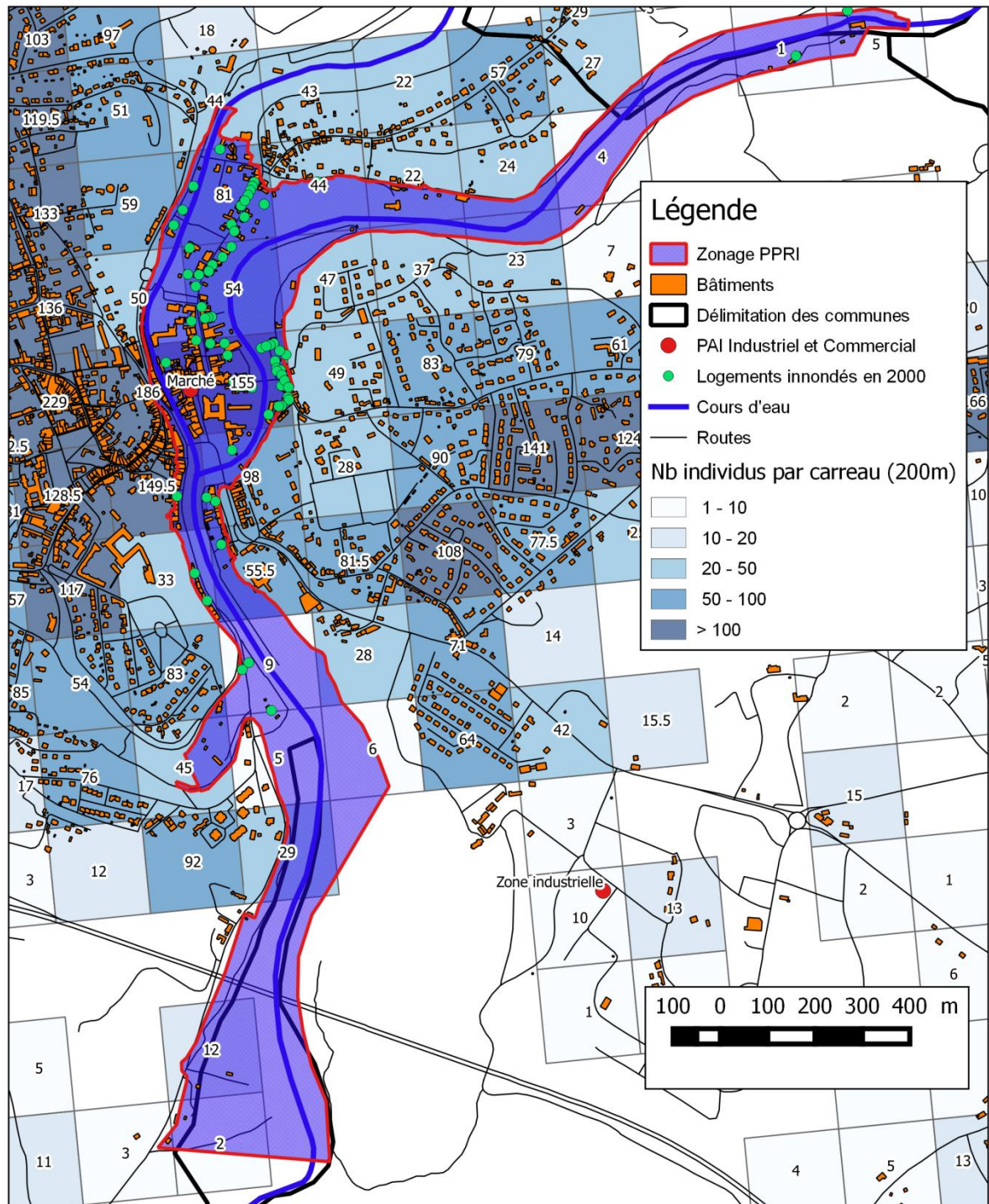


Figure 60 : Logements inondés lors de la crue de 2000

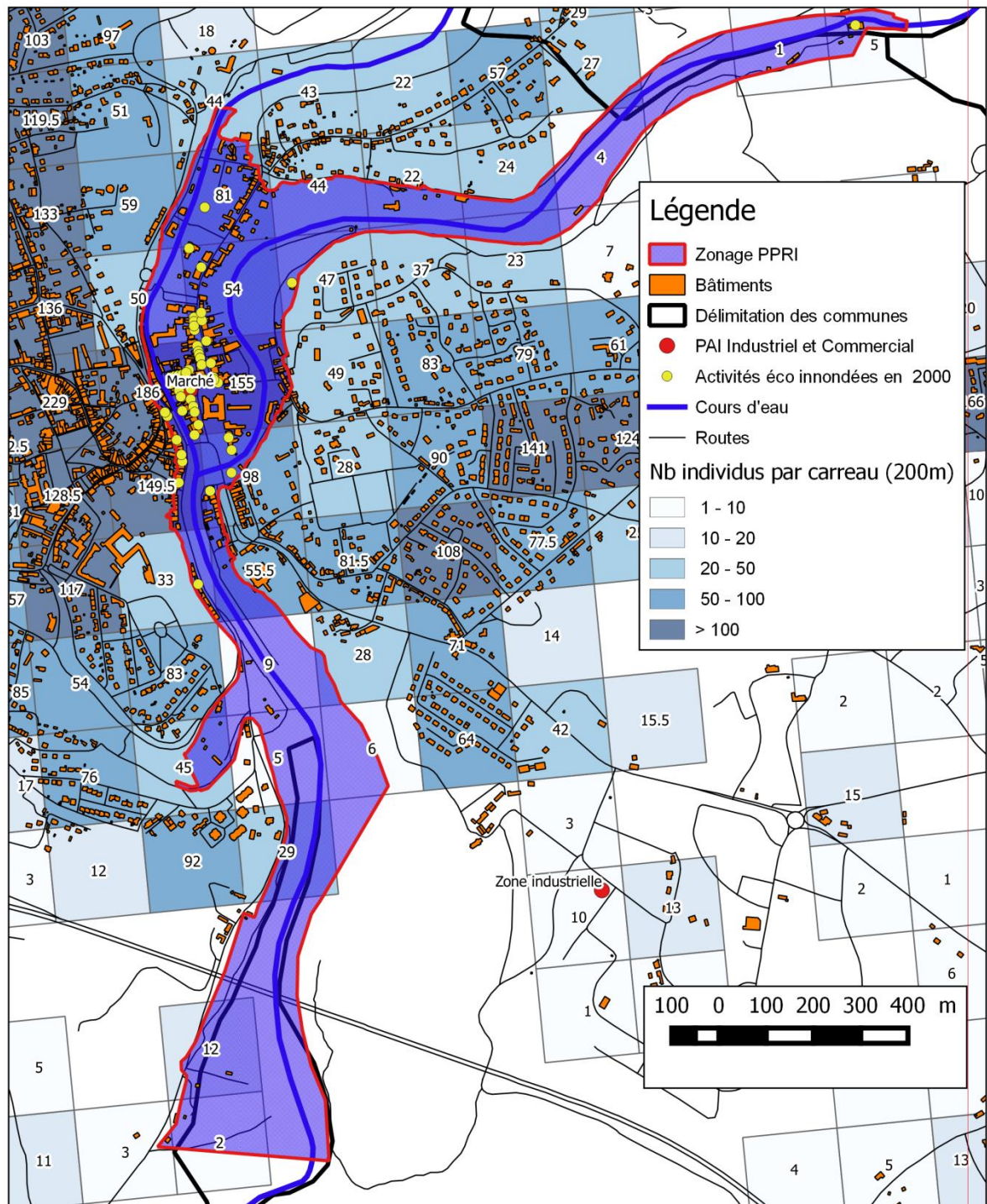


Figure 61 : Activités économiques inondées lors de la crue de 2000

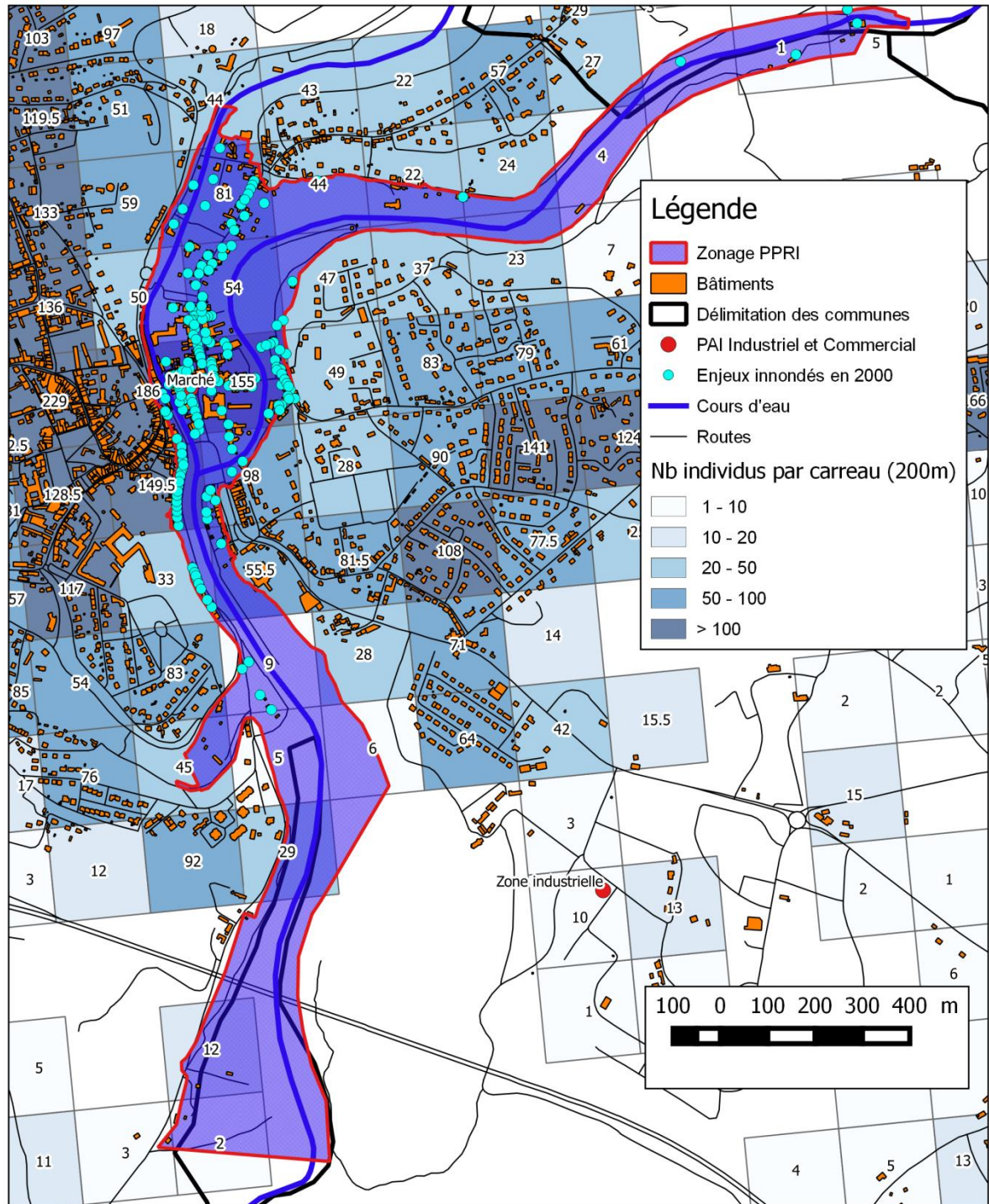


Figure 62 : Enjeux inondés lors de la crue de 2000

10 Analyse multicritère

L'ensemble des éléments analysés précédemment sont regroupés dans le tableau suivant afin de comparer les solutions d'aménagement entre elles.

Les critères d'analyses et de comparaison sont les suivants :

- Impacts environnementaux en phase travaux et exploitation ; pour ce critère, trois sous critères sont considérés :
 - L'aléa d'inondation ; pour ce sous critère, sont retenus les éléments issus du guide méthodologie de la DGPR (Mars 2018) ; en l'état les résultats de simulations ne montrent qu'un effet très faible à négligeable des aménagements projetés sur l'aléa inondation.
 - La biodiversité ; ce sous critère se fonde sur les inventaires disponibles sur la Laïta
 - La qualité de l'eau ; ce sous critère est estimé sur la base des données bibliographiques disponibles sur la ripisylve et les risques de mise en suspension de sédiment. Afin de mieux appréhender ce critère, des analyses de la qualité physico chimique des sédiments ainsi que la caractérisation de leur caractère non dangereux et non inerte serait nécessaire
- Entretien : ce critère propose une caractérisation de la pérennité des aménagements et de la nécessité de maintenance.
- Contraintes sur la programmation des travaux : ce critère vise à fournir une information sur les contraintes de réalisation des travaux (contraintes réglementaires, contraintes techniques pour la mise en place du chantier, contraintes d'études complémentaires).
- Les coûts

Chaque aménagement est passé au crible de ces différents critères, suivant un code à sept couleurs.

Couleur	+++	++	+	/	-	--	---
Incidence	Très positif	positif	plutôt positif	neutre	plutôt négatif	négatif	très négatif

Cette analyse multicritère permet de mettre en avant les solutions d'aménagements répondant aux attentes du projet, ou bien d'écarter celles qui ne respectent les critères de sélections.

Le croisement des critères aléa et coûts permet de rejeter la solution de curage dont l'effet sur l'aléa est trop faible pour compenser les coûts environnementaux et financiers induits par cette solution.

Les travaux concernant l'aménagement du pont ferroviaire ou bien encore le retrait des remblais n'ont qu'un effet limité sur l'aléa inondation. Toutefois, ces travaux ont un effet sur la qualité de l'eau et la biodiversité en augmentant la superficie du lit majeur. A noter toutefois les contraintes réglementaires pour les travaux sur le pont SNCF.

Le traitement des Guerns n'a qu'une faible incidence sur l'aléa inondation. Il présente toutefois des aspects non négligeables pour la qualité de l'eau et la biodiversité, sans présenter de forts coûts.

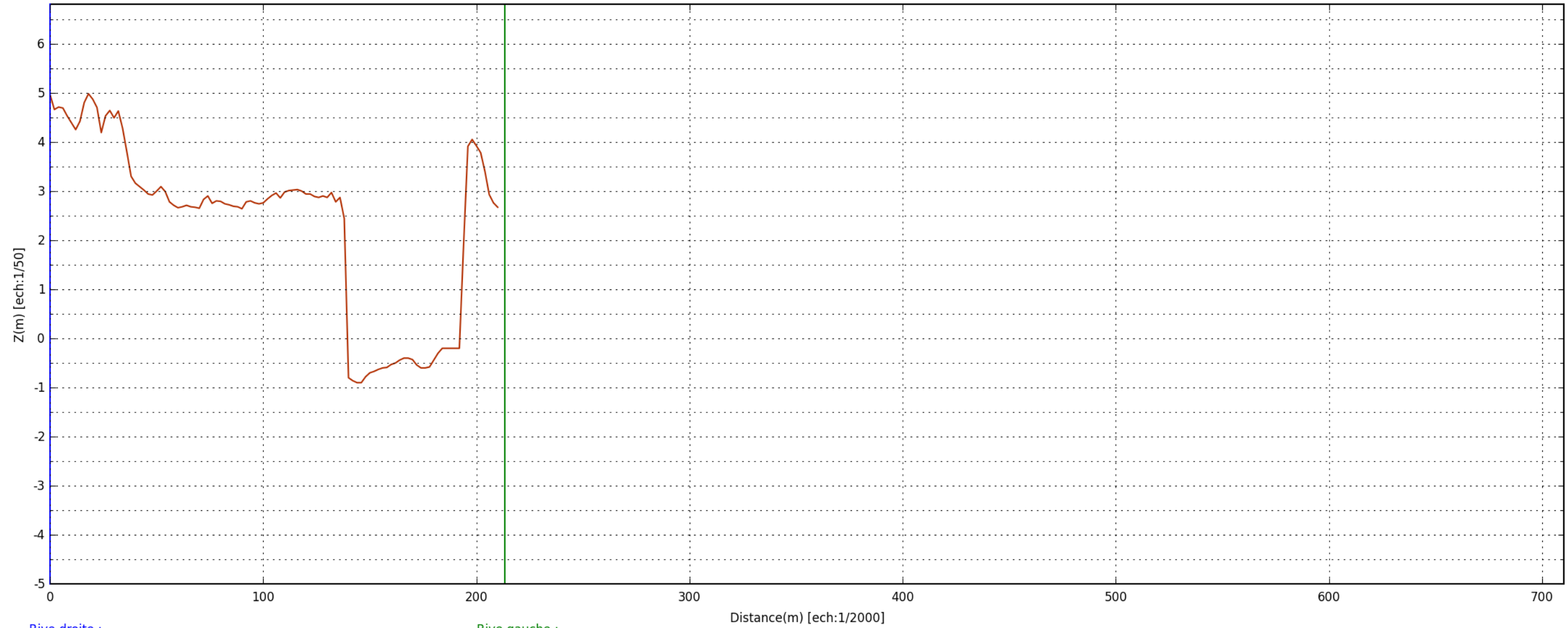
Enfin des travaux d'élagages en rive gauche présentent essentiellement un intérêt paysager, sans incidence sur l'aléa d'inondation.

Solutions		Impact environnemental						Entretien	Contraintes sur la programmation des travaux	Coûts
		Aléa inondations		Biodiversité		QE				
		Travaux	Exploitation	Travaux	Exploitation	Travaux	Exploitation			
Aménagement pont SNCF	Variante 1	/	/	-	-	-	/	+	---	+++
	Variante 2	/	/	--	-	-	/	+	---	++
Suppression rive droite	Remblais A	/	/	-	+	-	++	+	-	-
	Remblais B	/	/	--	+	-	++	+	-	--
Entretien des Guerns	Réouverture	/	+	-	++	-	+++	-	--	++
	Entretien des canaux (curage, berge)	/	+	-	++	-	+++	-	--	-
	Création de mares	/	/	-	++	-	+++	-	--	++
Curage de la Laïta	V1 : 85000m ³	/	++	---	--	---	/	---	---	---
	V1 : 18000m ³	/	+	---	--	---	/	---	---	--
Elagage en rive gauche	550 m de linéaire	/	/	-	/	-	-	-	--	-

Annexe A - Profils bathy- topographiques

N° profil : 000000
Altitude exprimée par rapport au NGF
Coordonnées en LAMBERT-93 - RGF93

— 2017

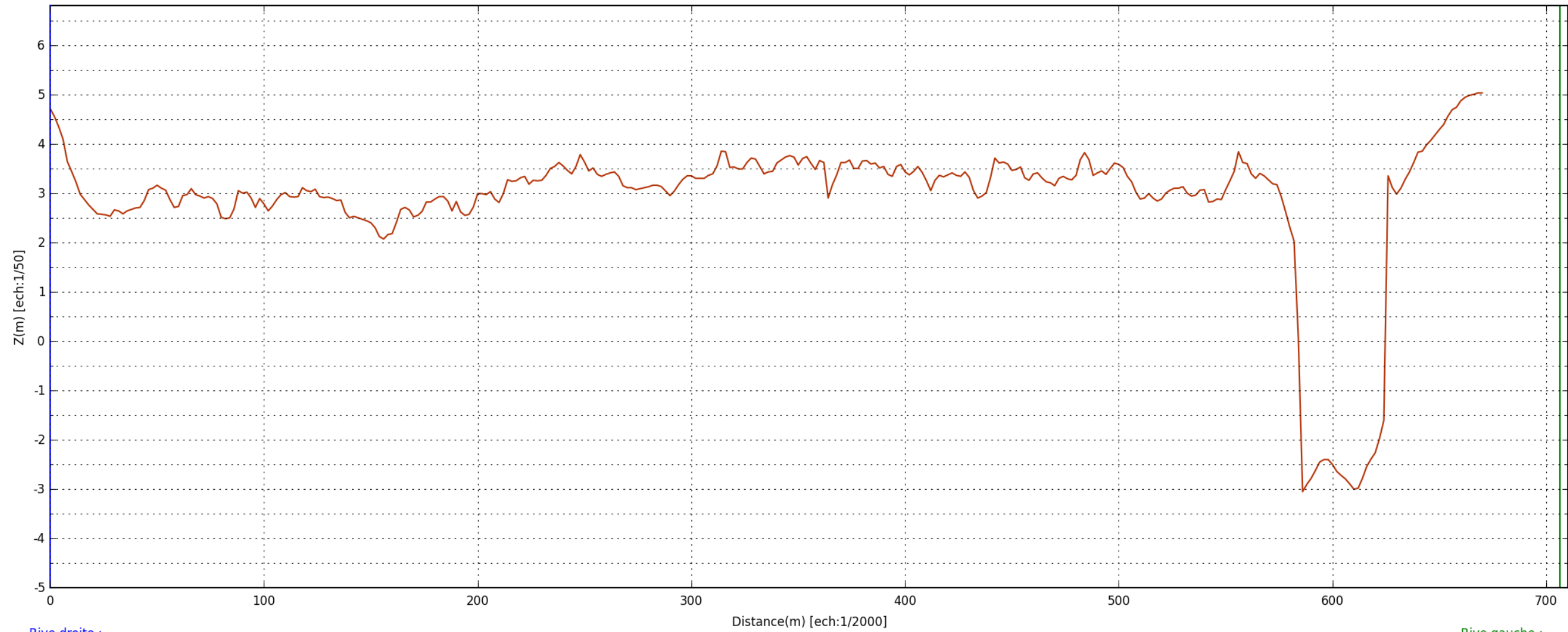


Rive droite :
X : 211244
Y : 6771346

Rive gauche :
X : 211457
Y : 6771334

N° profil : 000001
Altitude exprimée par rapport au NGF
Coordonnées en LAMBERT-93 - RGF93

— 2017

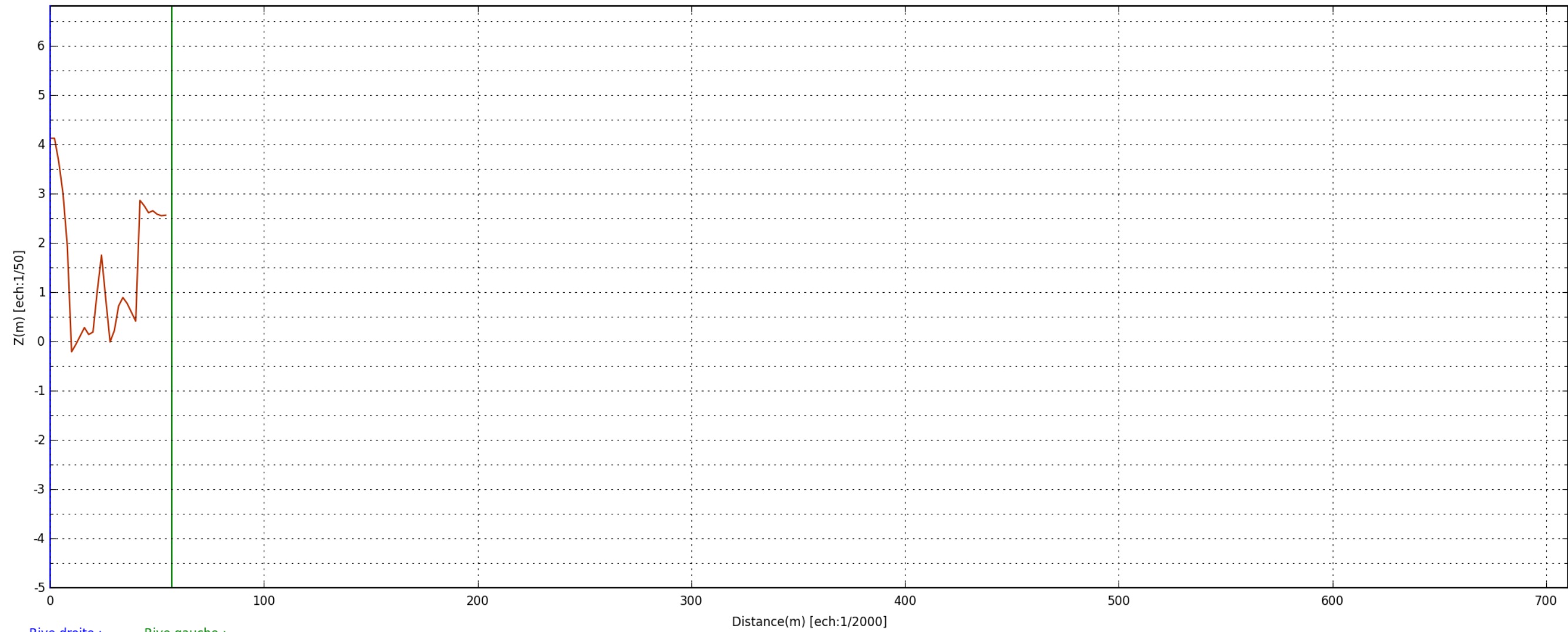


Rive droite :
X : 212090
Y : 6769949

Rive gauche :
X : 212778
Y : 6770112

N° profil : 000002
Altitude exprimée par rapport au NGF
Coordonnées en LAMBERT-93 - RGF93

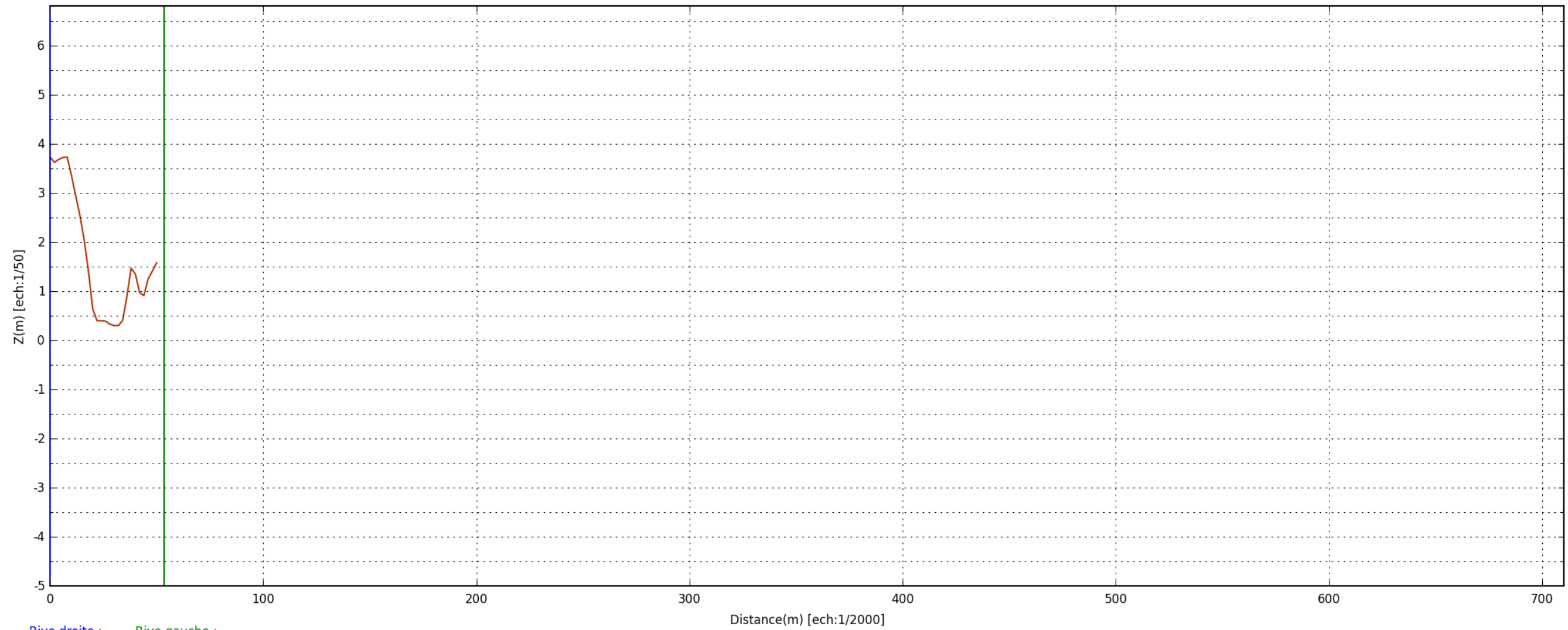
— 2017



Rive droite : X : 211335 Y : 6772164
Rive gauche : X : 211373 Y : 6772207

N° profil : 000003
Altitude exprimée par rapport au NGF
Coordonnées en LAMBERT-93 - RGF93

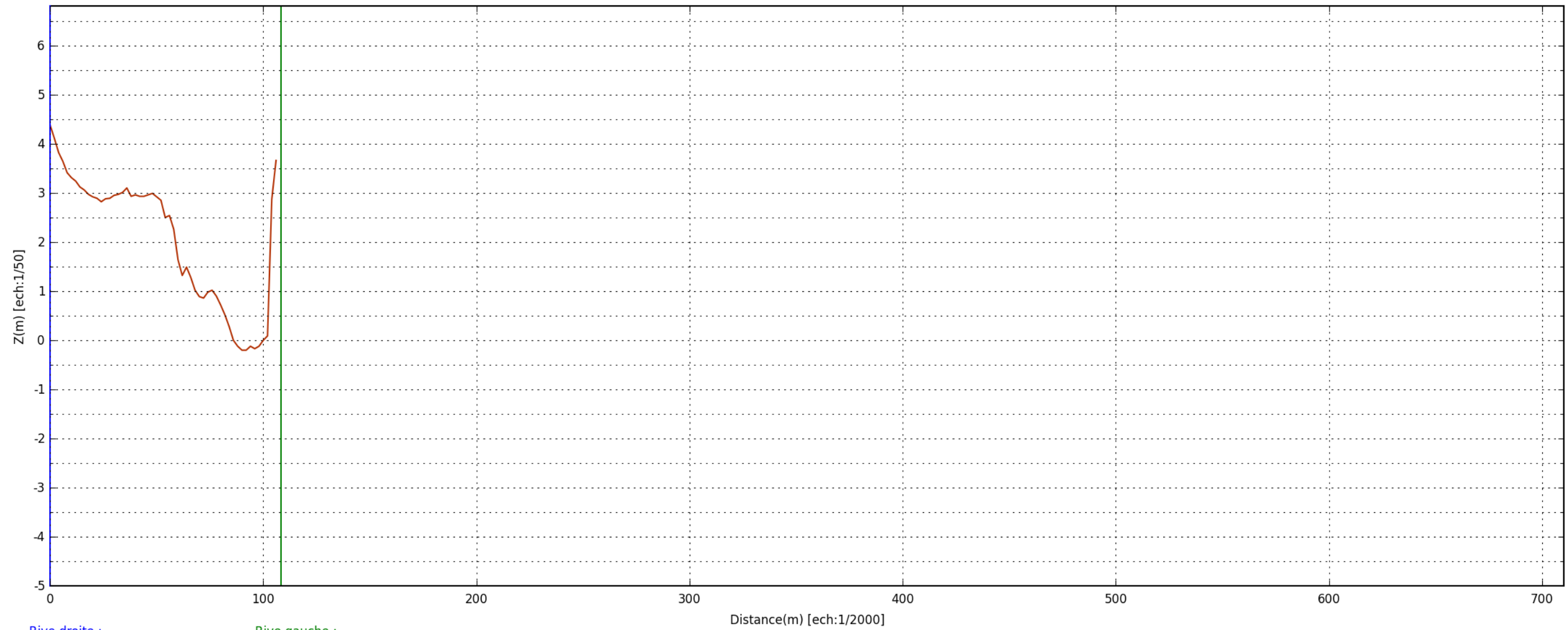
— 2017



Rive droite : X : 211420
Y : 6772027
Rive gauche : X : 211452
Y : 6772069

N° profil : 000004
Altitude exprimée par rapport au NGF
Coordonnées en LAMBERT-93 - RGF93

— 2017

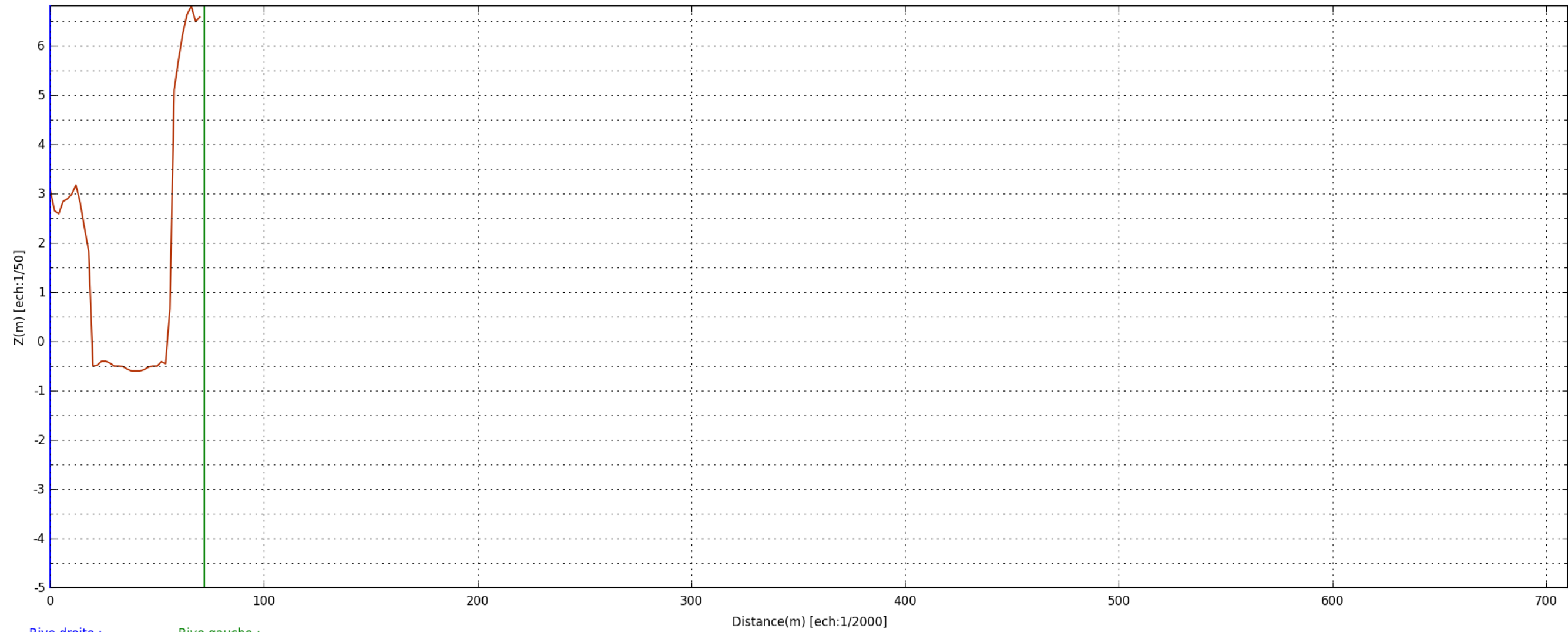


Rive droite :
X : 211409
Y : 6771898

Rive gauche :
X : 211517
Y : 6771907

N° profil : 000005
Altitude exprimée par rapport au NGF
Coordonnées en LAMBERT-93 - RGF93

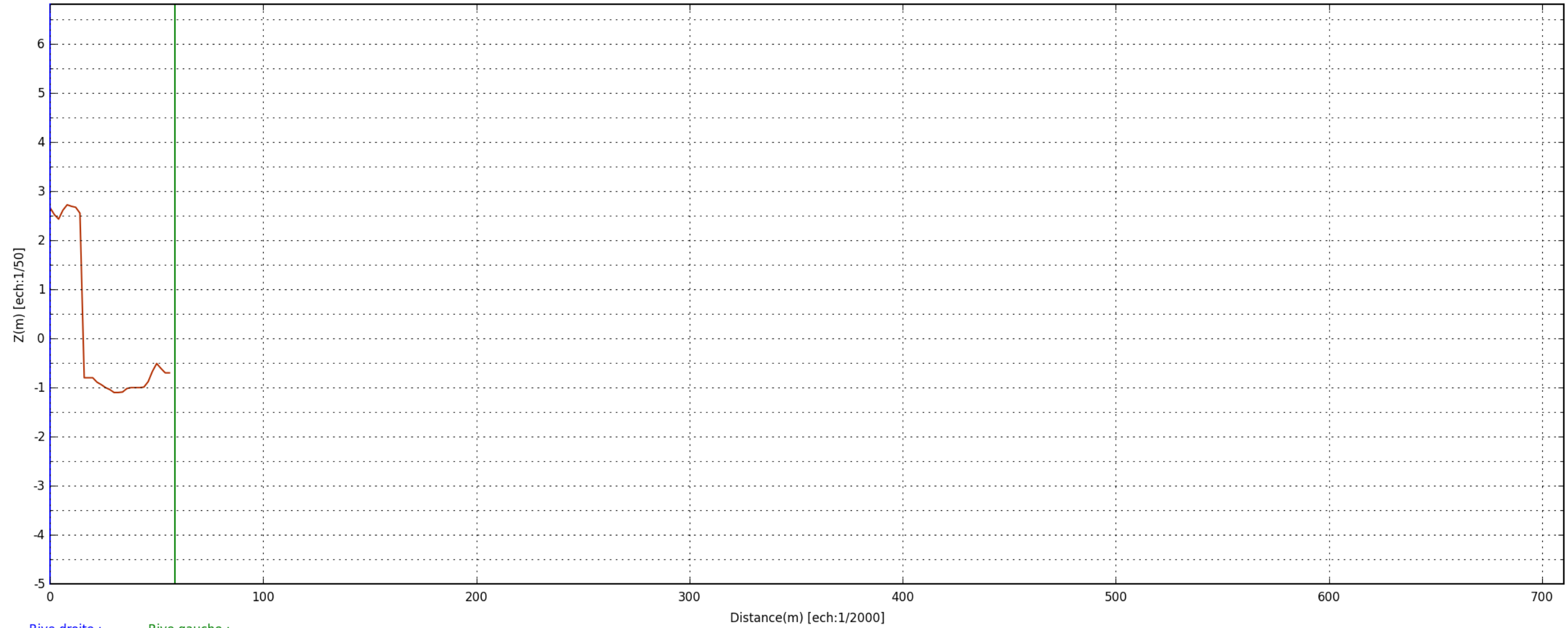
— 2017



Rive droite : X : 211413 Y : 6771709
Rive gauche : X : 211478 Y : 6771676

N° profil : 000006
Altitude exprimée par rapport au NGF
Coordonnées en LAMBERT-93 - RGF93

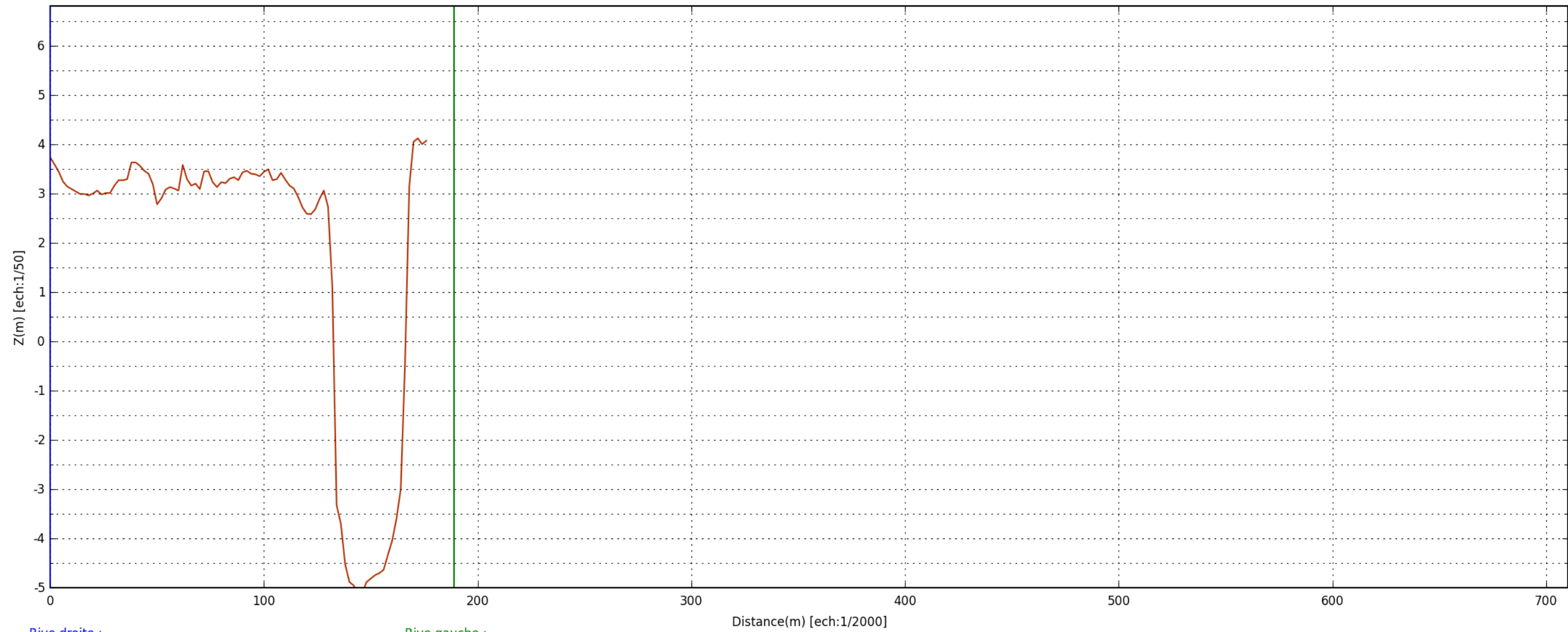
— 2017



Rive droite : X : 211393 Y : 6771640
Rive gauche : X : 211448 Y : 6771619

N° profil : 000007
Altitude exprimée par rapport au NGF
Coordonnées en LAMBERT-93 - RGF93

— 2017

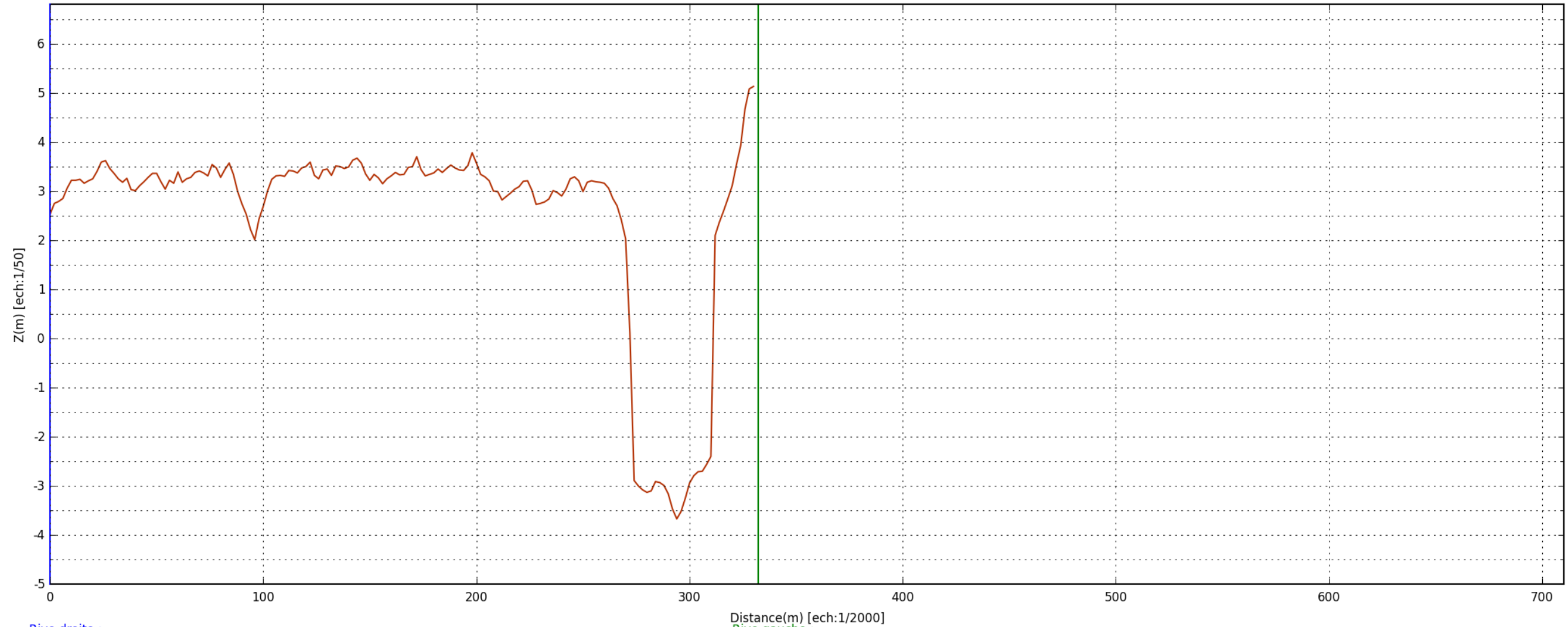


Rive droite :
X : 212229
Y : 6769414

Rive gauche :
X : 212378
Y : 6769297

N° profil : 000008
Altitude exprimée par rapport au NGF
Coordonnées en LAMBERT-93 - RGF93

— 2017

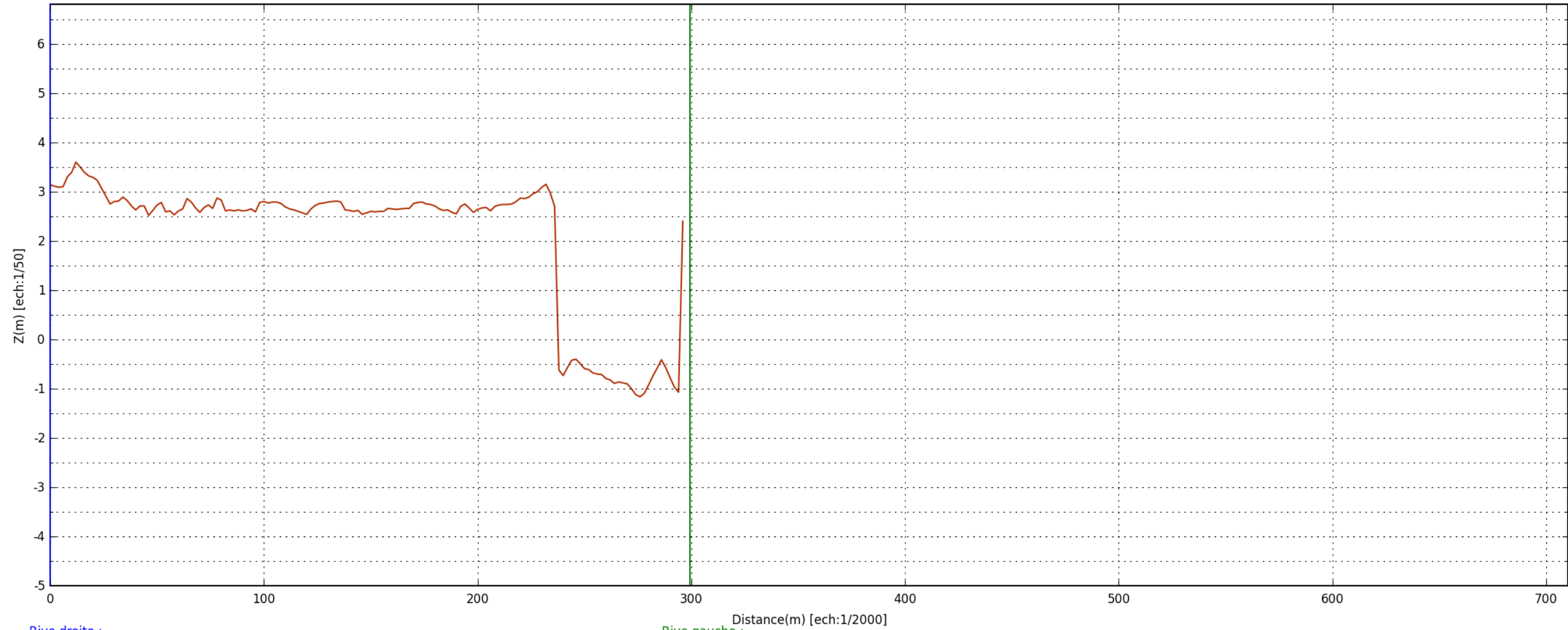


Rive droite :
X : 212490
Y : 6769495

Distance(m) [ech:1/2000]
Rive gauche :
X : 212196
Y : 6769649

N° profil : 000009
Altitude exprimée par rapport au NGF
Coordonnées en LAMBERT-93 - RGF93

— 2017

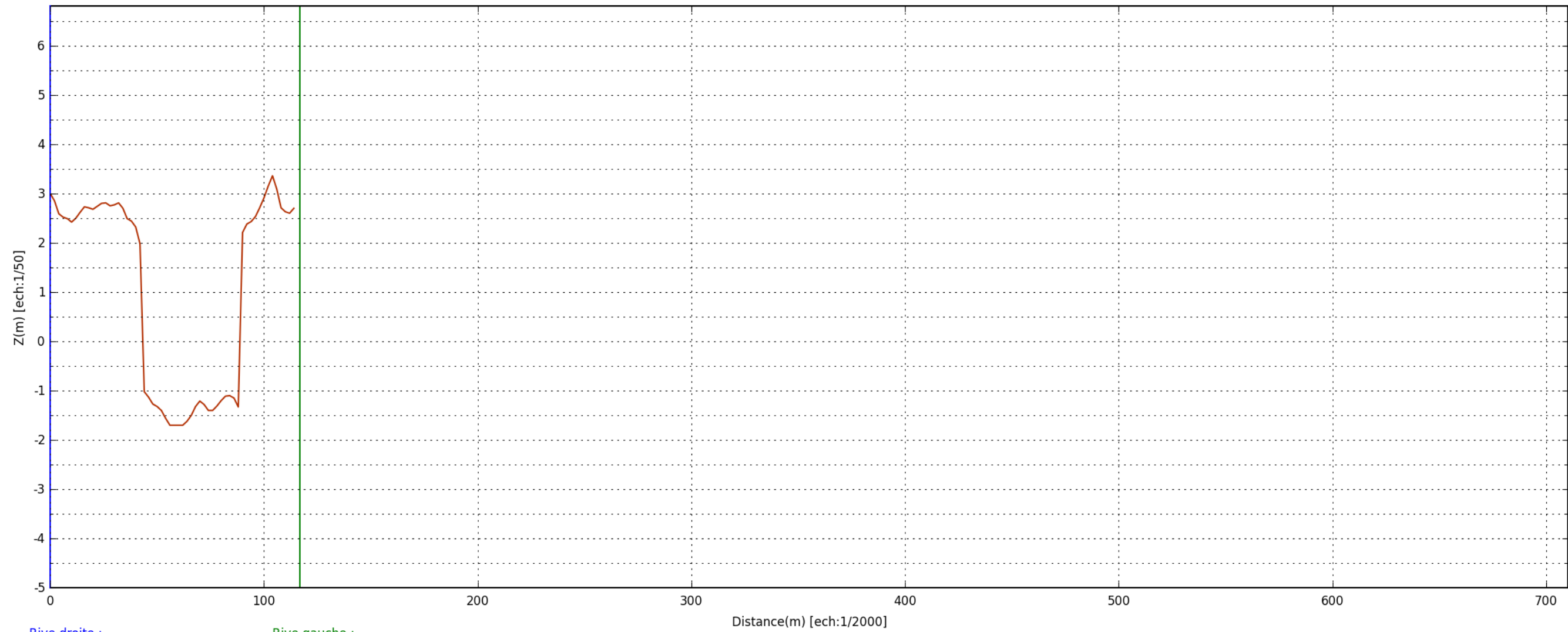


Rive droite :
X : 211204
Y : 6771141

Rive gauche :
X : 211502
Y : 6771169

N° profil : 000010
Altitude exprimée par rapport au NGF
Coordonnées en LAMBERT-93 - RGF93

— 2017

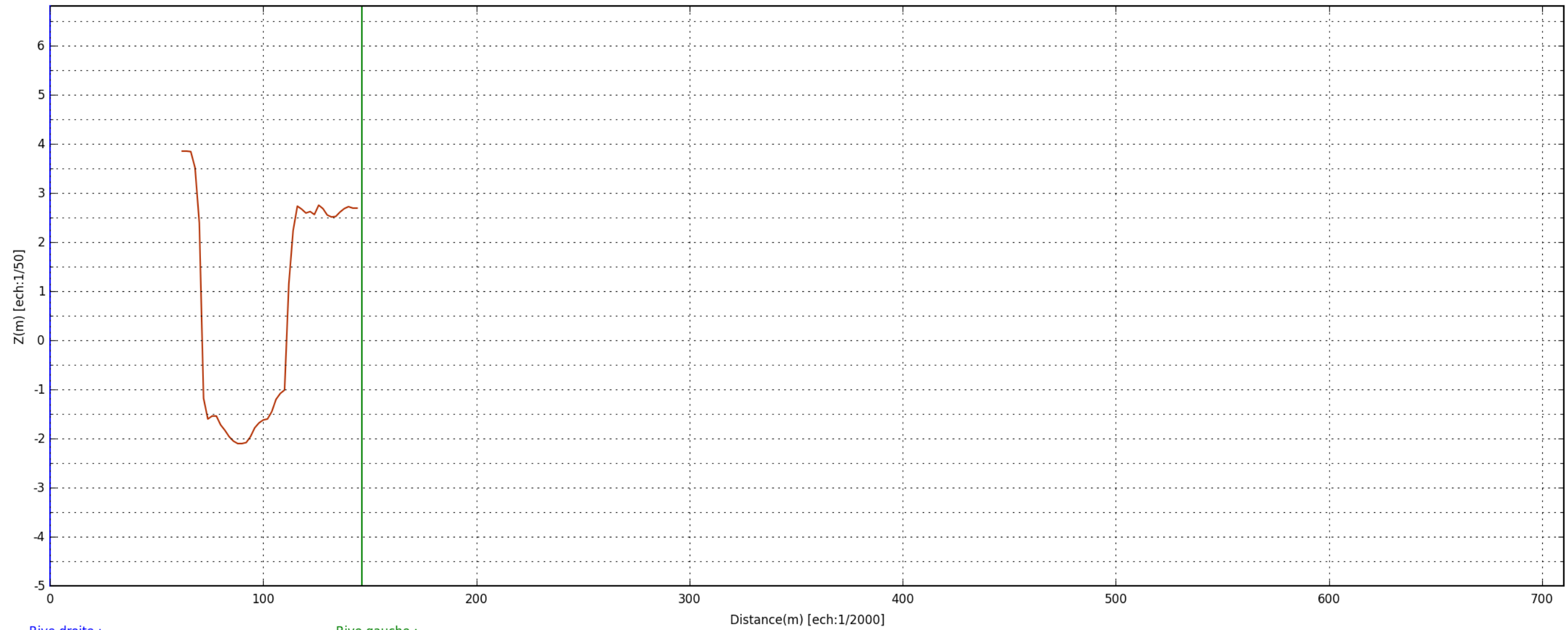


Rive droite :
X : 211295
Y : 6771046

Rive gauche :
X : 211388
Y : 6770976

N° profil : 000011
Altitude exprimée par rapport au NGF
Coordonnées en LAMBERT-93 - RGF93

— 2017

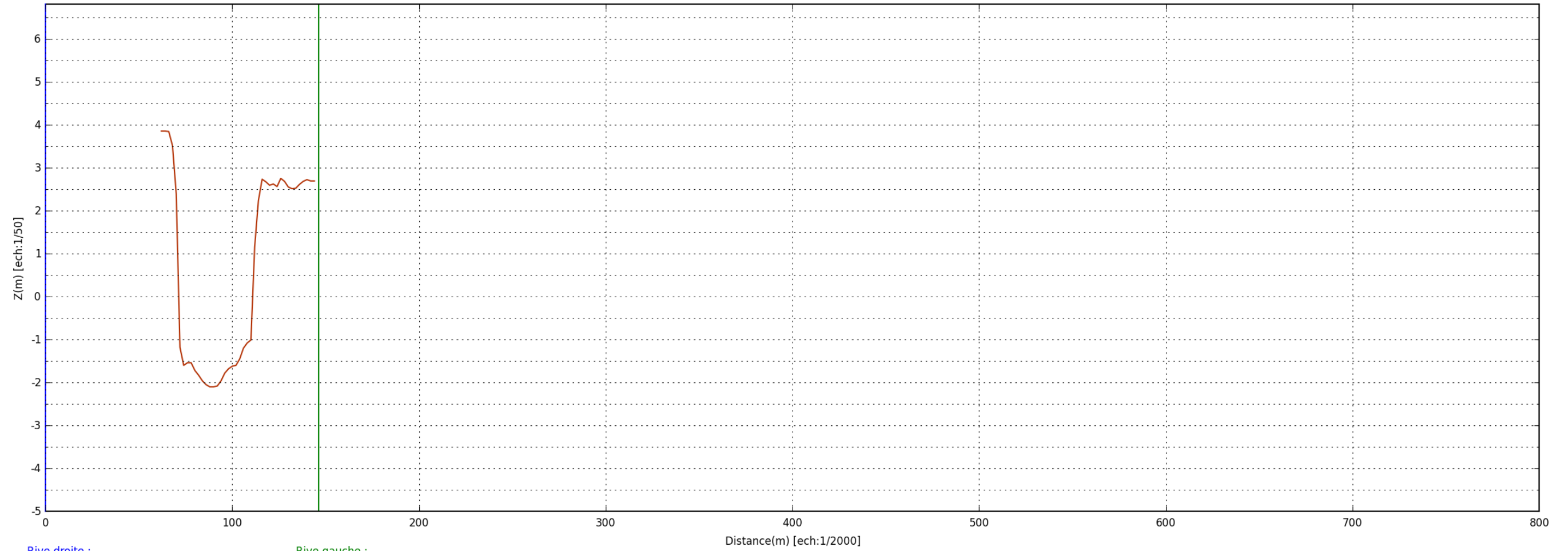


Rive droite :
X : 211392
Y : 6770807

Rive gauche :
X : 211414
Y : 6770952

NÂ° profil : 000012
Altitude exprimée par rapport au NGF
Coordonnées en LAMBERT-93 - RGF93

— 2017



Rive droite :
X : 211392
Y : 6770807

Rive gauche :
X : 211414
Y : 6770952

Fin du document