



FFE



Rapport

FFE - Mise en conformité réglementaire du site de Lamotte- Beuvron (41)

Etude hydraulique



Rapport n°A99660/A– 29 juin 2019

Projet suivi par Sylvain PALIX – 06.09.21.41.15 – sylvain.palix@anteagroup.com

www.anteagroup.fr

Fiche signalétique

FFE - Mise en conformité réglementaire du site de Lamotte-Beuvron (41)

Etude hydraulique

CLIENT	SITE
FFE	
Parc Equestre fédéral – 41600 Lamotte-Beuvron	Site de Lamotte Beuvron
Pierre Adrien BOUCAN Responsable de service 02.54.95.65.11 Pa.boucan@ffe.com	

RAPPORT D'ANTEA GROUP	
Responsable du projet	Sylvain PALIX
Interlocuteur commercial	Sylvain PALIX
Implantation chargée du suivi du projet	Implantation d'Antony 01.57.63.14.00 secretariat.paris-fr@anteagroup.com
Rapport n°	A99660
Version n°	A
Votre commande et date	4719738
Projet n°	CENP180468

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction	LOUIS Ketleen	Ingénieur d'étude	Juin 2019	
Approbation	Bénédicte MANGEZ	Ingénieure projet	Juillet 2019	

Suivi des modifications

Indice Version	Date de révision	Nombre de pages	Nombre d'annexes	Objet des modifications
A	29/06/2019	31	1	Rapport initial

Sommaire

1. Votre projet	6
1.1. Le contexte de votre projet	6
1.2. Visite de site	6
2. Données d'entrée	9
2.1. Topographie	9
2.1.1. Topographie globale du site	9
2.1.2. Profil en travers du Beuvron	10
2.2. Climatologie	19
2.3. Bassin Versant du Beuvron et du Chicandin sur le site	19
2.4. Analyse hydrologique	20
2.4.1. Calcul des débits caractéristiques	20
2.4.2. Cohérence avec les stations hydrométriques	21
2.4.3. Cohérence avec les données Shyreg	22
2.4.4. Cohérence avec la pluie de référence de l'étude de zone d'inondation	23
3. Construction du modèle hydraulique	25
3.1. Description du modèle hydraulique 1D	25
3.2. Définition de l'état initial et de l'état aménagé	25
3.3. Calage du modèle	25
4. Résultats obtenus	28
4.1. Etat initial	28
4.2. Etat aménagé	28
4.3. Incidence du projet	29

Table des figures

Figure 1: Chicandin sur sa partie amont (partie modifiée) (Source : Antea Group)	7
Figure 2: Chicandin juste avant sa confluence avec le Beuvron (à gauche) partie renforcée (à droite) (Source : Antea Group)	7
Figure 3: Berges du Beuvron et cours d'eau (Source : Antea Group)	7
Figure 4: Berge et ouvrage sur le Beuvron (Source : Antea Group)	8
Figure 5 : Carte topographique de la zone d'étude (Source : Antea Group)	9
Figure 6 : exemple de profil en travers du lit majeur (Source : Antea Group)	10
Figure 7 : Localisation des profils en travers du lit mineur (Source : Antea Group)	11
Figure 8 : Exemple de profil en travers du lit majeur (Source : Antea Group)	12

Figure 9 : Localisation des profils en travers du lit majeur (Source : Antea Group)	12
Figure 10 : Profil n°17 avec modification avant et après aménagement (Source : Antea Group)	13
Figure 11 : Profil n°18 avec modification avant et après aménagement (Source : Antea Group)	14
Figure 12 : Profil n°19 avec modification avant et après aménagement (Source : Antea Group)	15
Figure 13 : Profil n°20 avec modification avant et après aménagement (Source : Antea Group)	16
Figure 14 : Profil n°21 avec modification avant et après aménagement (Source : Antea Group)	17
Figure 15 : Exemple d'une levé d'ouvrage de franchissement.....	18
Figure 16 : Localisation des ouvrages de franchissement modélisés (Source : Antea Group).....	18
Figure 17 : Carte des bassins versants du Beuvron et du Chicandin sur le site de l'étude (Source : Antea Group)	19
Figure 18: Formule de Myer	22
Figure 19: Localisation des stations de calcul Shyreg sur le site de l'étude (Source : IRSTEA)	23
Figure 20: Récapitulatif des données Shyreg sur le site (Source : IRSTEA)	23
Figure 21: Schéma topologique du modèle hydraulique (Source : DHI)	25
Figure 22: Hauteur d'eau obtenues pour le calage par rapport à l'AZI	27
Figure 23: Cote d'inondation pour la crue de référence à l'état initial (Source : Antea Group)	28
Figure 24: Cote d'inondation pour la crue de référence à l'état aménagé (Source : Antea Group)	29
Figure 25: Variation du niveau d'eau après aménagement (Source : Antea Group)	29
Figure 26 : Variation de la ligne d'eau sur le site de la FFE (Source : Antea Group)	30

Table des tableaux

Tableau 1 : Coefficients de Montana utilisés pour une pluie décennale (Source : Météo France)	19
Tableau 2 : Caractéristiques des bassins versants	20
Tableau 3 : Débit de pointe décennale au droit du site	21
Tableau 4 : Débits déterminés au droit du site	21
Tableau 5 : Débits décennaux calculés par la formule de Myer	22

Table des annexes

Annexe I :	Coupes des ouvrages de franchissement
------------	---------------------------------------

1. Votre projet

1.1. Le contexte de votre projet

La Fédération Française d'Equitation (FFE) exploite un parc départemental d'environ 400 ha sur la commune de Lamotte-Beuvron (41). L'ensemble du site est pleine propriété de la FFE.

Le site a fait l'objet de multiples évolutions au cours du temps que ce soit avec l'aménagement du carré international, la réalisation de plans d'eau, d'aires de stationnement au sud du Beuvron, etc. Afin d'effectuer une régularisation administrative, un dossier Loi sur l'Eau a été déposé en décembre 2015. Ce dossier Loi sur l'Eau a fait l'objet de multiples remarques tant sur la complétude que sur la régularité. Deux mémoires complémentaires ont été produits sans pour autant apporter l'ensemble des réponses aux questions des Services Instructeurs.

La DDT du Loir-et-Cher a émis un arrêté préfectoral de prescriptions spécifiques demandant à la FFE d'apporter les justifications nécessaires sur les 3 volets suivants :

- L'emprise des plans d'eau aménagés, qui dépasse 3 ha, doit faire l'objet d'une autorisation environnementale,
- La superficie des zones humides impactées et les mesures compensatoires à mettre en œuvre le cas échéant,
- L'incidence hydraulique due aux différents remblais et aménagements du lit majeur et en particulier sur le fonctionnement du Beuvron.

Le présent rapport regroupe les résultats concernant la modélisation des écoulements dans le lit majeur du Beuvron avec incidence du projet.

1.2. Visite de site

Afin de modéliser au mieux le site de l'étude, une visite de terrain a été réalisée le 5 septembre 2018. Cette visite nous a permis d'observer les points suivants :

- Le lit du Chicandin sur le site a été complètement repris (sujet principal du DLE précédent datant de 2015). Celui-ci est donc très encaissé sur la partie amont (au niveau du carré international) avec plusieurs ouvrages traversant de grande section. Les berges sont végétalisées ou maçonnées à certains endroits. Sur sa partie aval (juste avant sa confluence avec le Beuvron), le lit n'a pas été modifié. Il présente une section moins encaissée et les berges de part et d'autre sont composées d'herbe rase.



Figure 1: Chicandin sur sa partie amont (partie modifiée) (Source : Antea Group)



Figure 2: Chicandin juste avant sa confluence avec le Beuvron (à gauche) partie renforcée (à droite) (Source : Antea Group)

- Le lit du Beuvron sur la zone présente un tracé peu méandré avec des berges végétalisées, sans marque d'érosion. Plusieurs ouvrages de franchissements sont présents sur le cours d'eau. Les berges de part et d'autre sont soit des prés (herbe rase) ou des carrières et chemin en sable ou grave.



Figure 3: Berges du Beuvron et cours d'eau (Source : Antea Group)



Figure 4: Berge et ouvrage sur le Beuvron (Source : Antea Group)

2. Données d'entrée

2.1. Topographie

2.1.1. Topographie globale du site

Afin de déterminer les zones impactées par les crues du Beuvron, la topographie globale du site a été récupérée via le service de l'IGN. Ainsi les trois plaques de la BD Alti à 1m recouvrant le site ont été achetées. Ces données représentent l'état actuel de la zone et non pas l'état initial puisqu'une telle donnée ne peut être acquise pour une période antérieure. Par ailleurs, il n'existe pas de topographie du site avant aménagement.

L'évolution de la topographie globale de la zone a été basée sur les observations faites sur le terrain lors des différentes interventions sur site et sur les dires de la Fédération Française d'Equitation. En effet, il nous a été indiqué que :

- la zone des parkings (Zone1) n'avait pas été modifiée en termes d'altimétrie mais seulement en revêtement afin de permettre le stationnement des véhicules plus ou moins lourd.
- La zone 2 comprise entre le grand carré et le Beuvron n'avait pas non plus fait l'objet de remblaiement ou de décaissement, seuls de légers modelés de terrain ont été créés pour réaliser les obstacles,
- La zone 3 regroupant les carrières d'honneur a été en partie remblayée (remblai visible sur la topographie puisque seul le tour des carrières a été réhaussé),
- Le carré national (zone 4) a lui aussi fait l'objet d'un remblai récent.

La localisation des différentes zones ainsi que la topographie du site sont visibles sur la carte ci-dessous.

Carte topographique de la zone d'étude

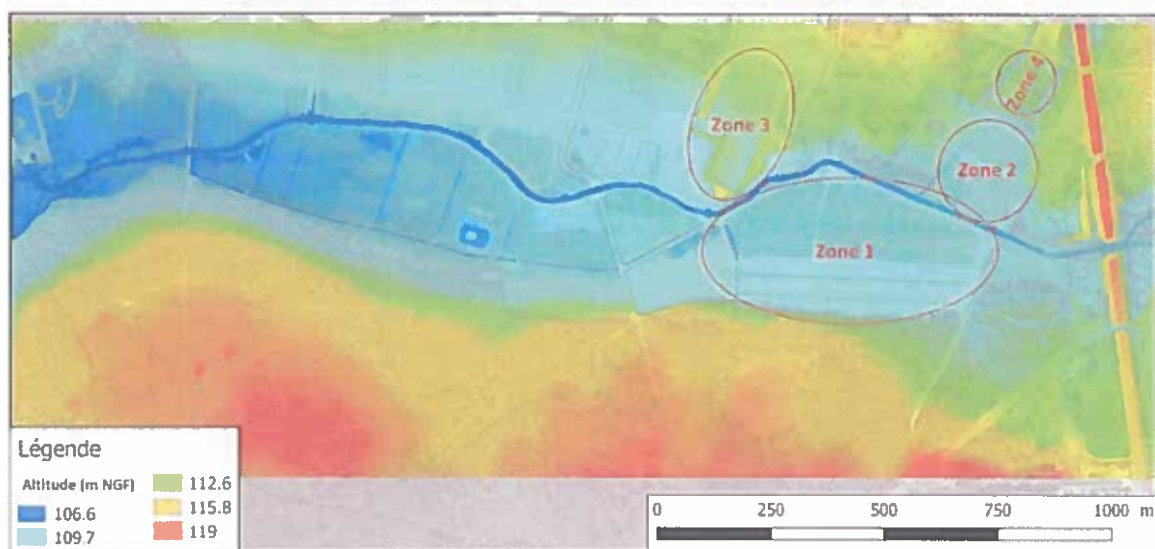


Figure 5 : Carte topographique de la zone d'étude (Source : Antea Group)

Cette donnée nous a également permis de réaliser les profils en travers du lit majeur du Beuvron, par extraction des altitudes le long des profils voulus. Ce qui a permis de compléter les profils du lit mineur relevé par un géomètre expert et présentés par la suite.

Pour la topographie de l'état initial, une extrapolation de la topographie avant aménagement des différents remblais a été prise en compte. Un détail des profils modifiés est présenté dans le paragraphe suivant.

2.1.2. Profil en travers du Beuvron

2.1.2.1. Lit mineur des cours d'eau

24 profils en travers du lit mineur du Beuvron, du Chicandin et du fossé au sud du Beuvron ont été levés par un géomètre expert afin d'avoir la topographie exacte des cours d'eau sur le site de l'étude.

Un exemple de profil en travers et la localisation des différents profils sont visibles sur les figures suivantes.

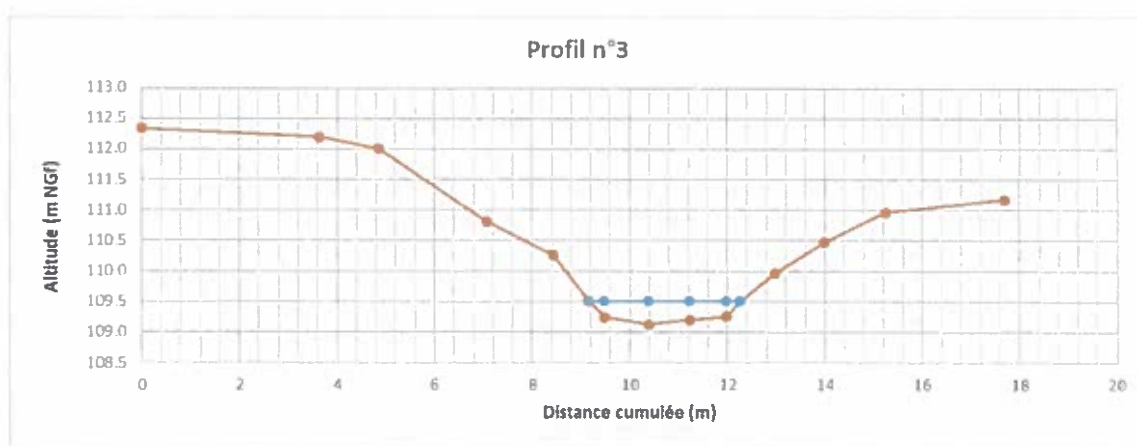


Figure 6 : exemple de profil en travers du lit majeur (Source : Antea Group)

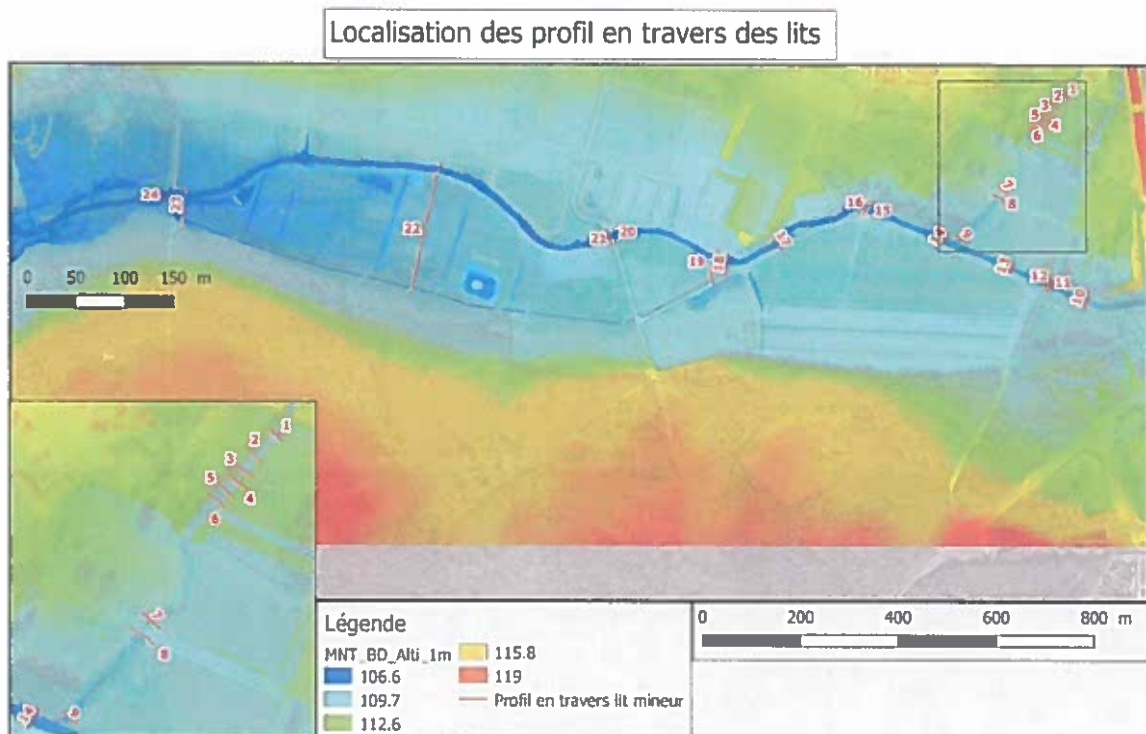


Figure 7 : Localisation des profils en travers du lit mineur (Source : Antea Group)

Les hauteurs d'eau dans le Beuvron ont également été relevés. Celles-ci permettront de vérifier la cohérence du modèle pour des faibles débits.

2.1.2.2. Lit majeur du site

Comme indiqué précédemment, les profils topographiques levés par le géomètre ont été complétés à partir des données du MNT de l'IGN.

Les profils obtenus correspondent donc aux profils en travers du lit majeur du Beuvron. Ce sont ces profils « totaux » qui ont été utilisés pour la modélisation de la zone.

L'altitude sur les profils du lit majeur a été extraite tous les 2 m afin d'identifier les changements de pentes et autres variations rapides du terrain (présence des fossés/talus au niveau des aménagements).

Un exemple de profil topographique du lit majeur ainsi que la localisation des différents profils sont visibles sur les figures ci-dessous.



Figure 8 : Exemple de profil en travers du lit majeur (Source : Antea Group)

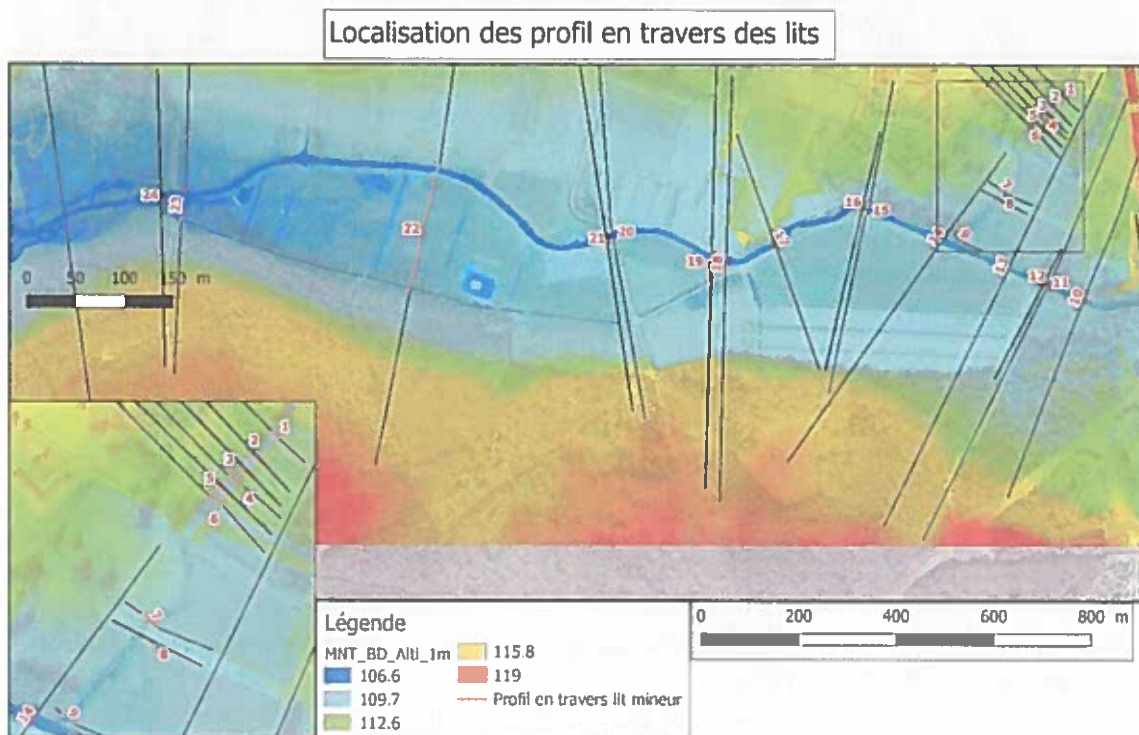


Figure 9 : Localisation des profils en travers du lit majeur (Source : Antea Group)

Pour l'état initial, les seuls profils dont la topographie a été modifiée par les aménagements sont les n°17, 18, 19, 20 et 21. La topographie sur les autres profils reste inchangée puisque les aménagements réalisés restent des aménagements de surface et n'impactent pas la topographie du site.

Les coupes des profils 17 à 21 en état initial et aménagés sont présentées ci-dessous.

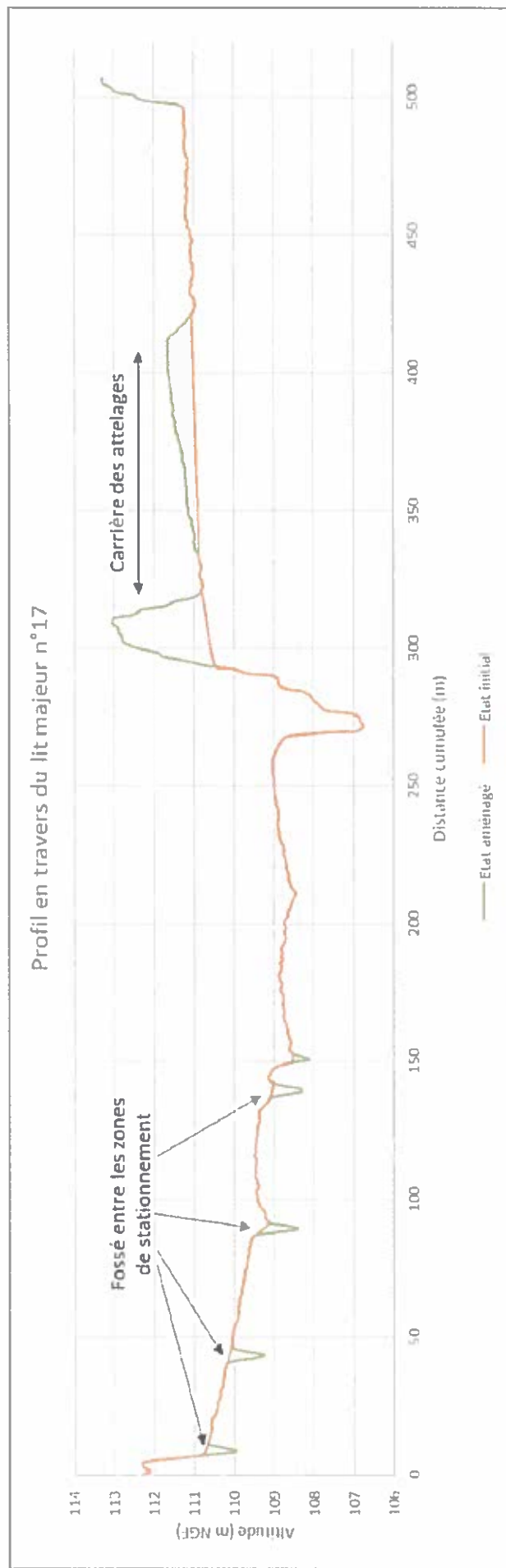


Figure 10 : Profil n°17 avec modification avant et après aménagement (Source : Antea Group)

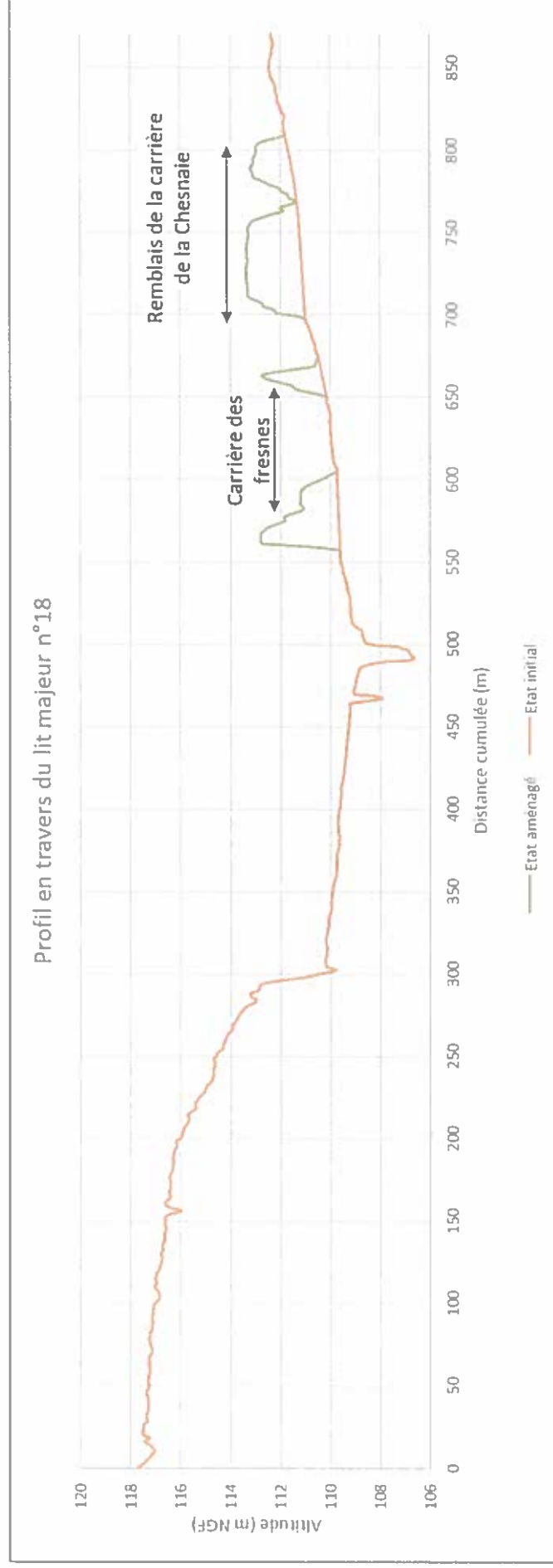


Figure 11 : Profil n°18 avec modification avant et après aménagement (Source : Antea Group)



Figure 12 : Profil n°19 avec modification avant et après aménagement (Source : Antea Group)

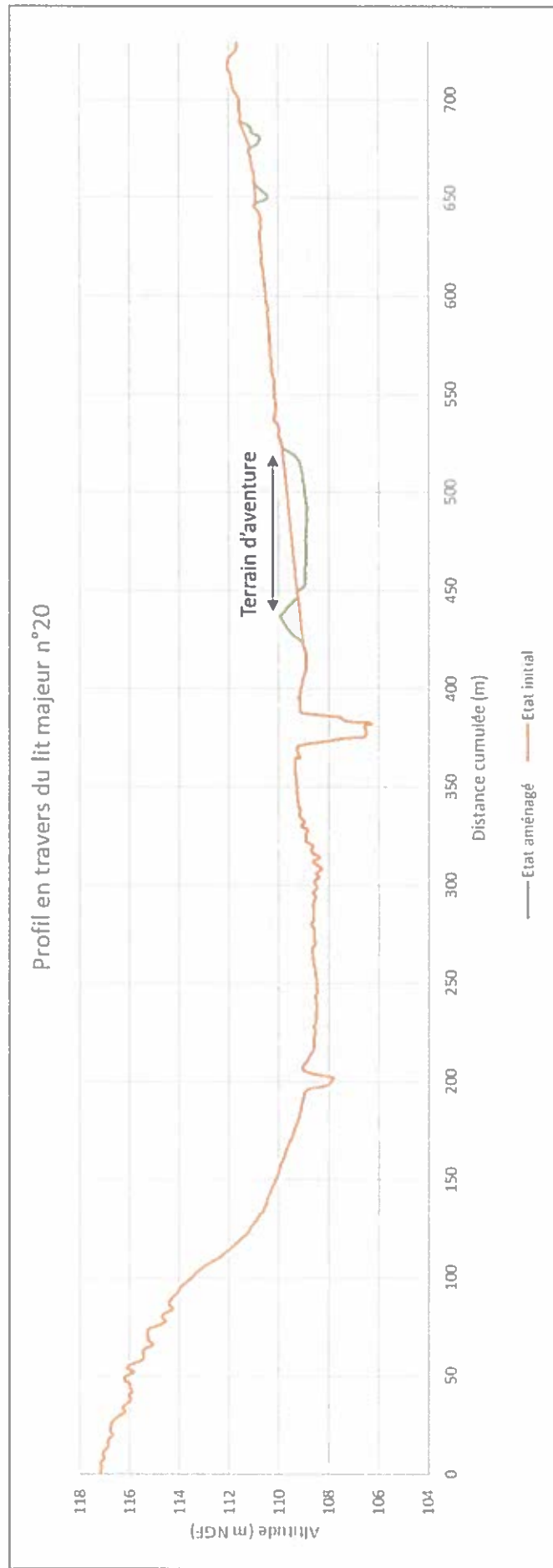


Figure 13 : Profil n°20 avec modification avant et après aménagement (Source : Antea Group)

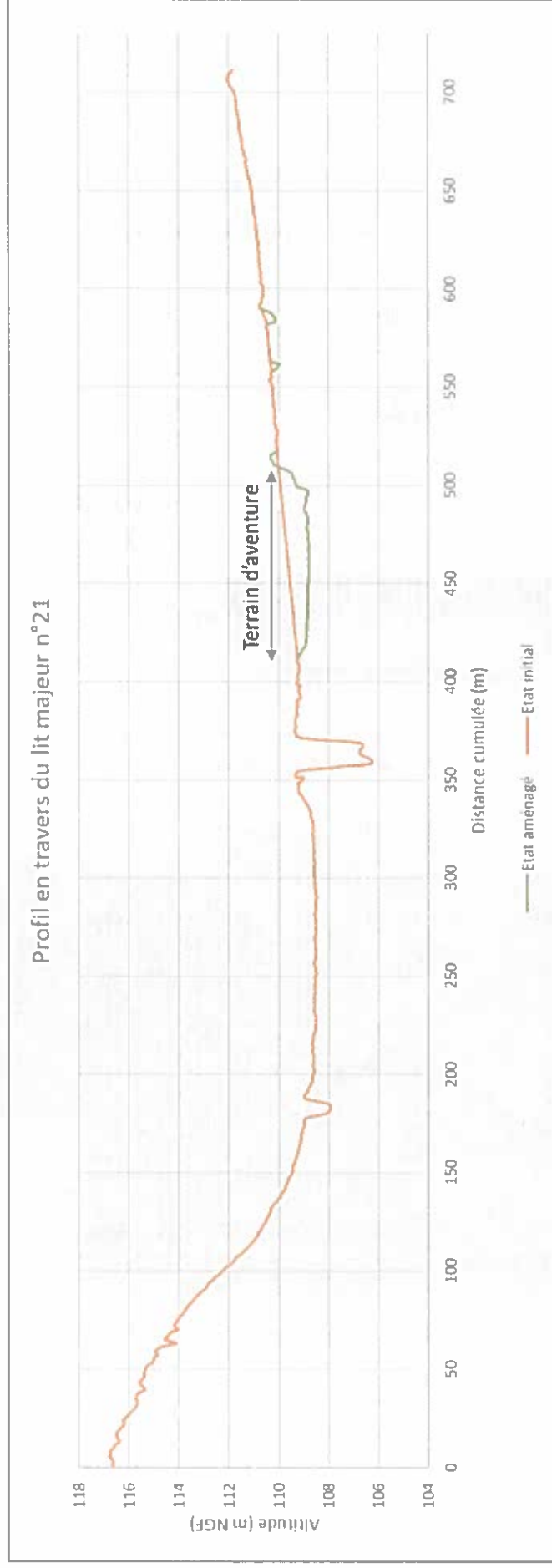


Figure 14 : Profil n°21 avec modification avant et après aménagement (Source : Antea Group)

Un certain nombre d'ouvrages sont présents sur le site de l'étude, notamment 4 ponts sur le Chicandin et 3 ponts sur le Beuvron. Des canalisations sont également présentes sur le fossé situé au sud du Beuvron. Ces ouvrages représentent des points de blocage potentiels lors des crues. Ils ont donc été levés et modélisés.

[illegible]

Localisation des ouvrages de franchissement



Rapport n°A99660 v A- 29 juin 2019

2.2. Climatologie

La pluviométrie utilisée pour cette étude est celle mesurée par Météo France à la station d'Orléans sur la période de 1965 à 2014. Cette station se situe à environ 30 km du site de l'étude.

Sur cette période de mesure et pour une pluie décennale comprise entre 1h et 24h et entre 24h et 48h, les coefficients de Montana sont les suivants :

Durée de la pluie	Coefficient de Montana	
	a	b
1h à 24 h	26,04	0,77
24h à 48h	19,84	0,73

Tableau 1 : Coefficients de Montana utilisés pour une pluie décennale (Source : Météo France)

2.3. Bassin Versant du Beuvron et du Chicandin sur le site.

Les cours d'eau présents sur le site de l'étude sont le Beuvron et le Chicandin (affluent du Beuvron).

Les bassins versants de ces deux cours d'eau ont été étudiés et caractérisés afin de définir l'hydrologie appliquée au niveau du site de l'étude.

Leurs caractéristiques sont regroupées dans le tableau suivant et leurs tracés figurent sur la carte ci-dessous.

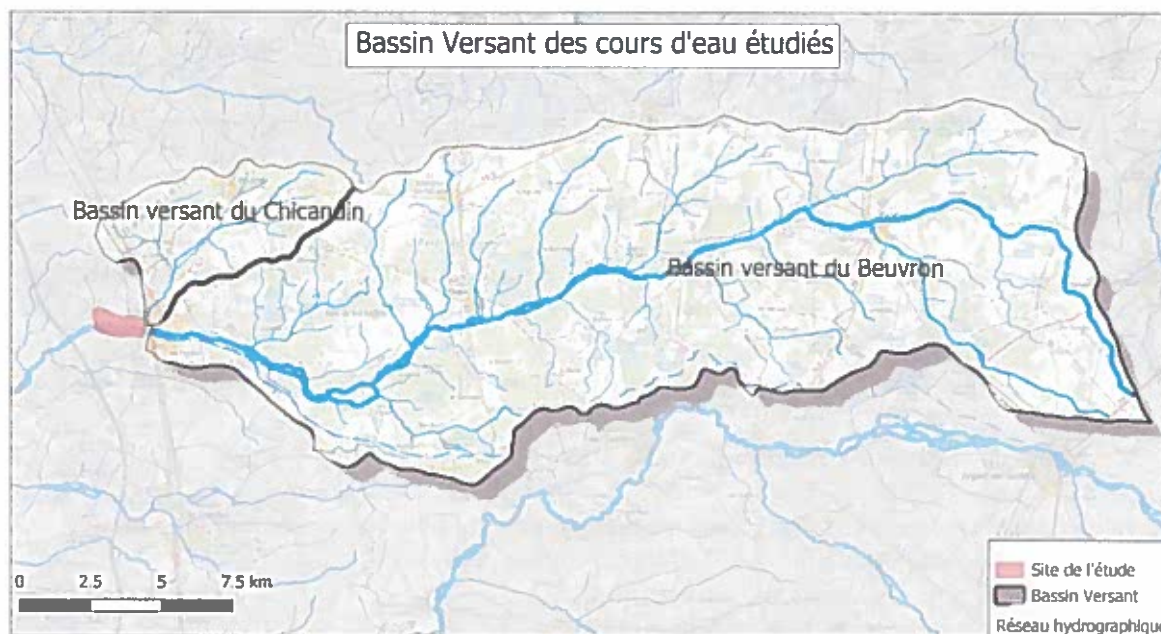


Figure 17 : Carte des bassins versants du Beuvron et du Chicandin sur le site de l'étude (Source: Antea Group)

	Beuvron	Chicandin
Surface BV (km ²)	293,9	27,9
Point haut (m NGF)	185	146.0
Point Bas (m NGF)	112	112.0
Longueur hydraulique (km)	43,524	9,755
Pente	0,17%	0,35%
Surface agricole	0,4	0,3
Surface forêt	0,55	0,65
Surface urbanisée	0,05	0,05
Coefficient de ruissellement des champs	0,4	0,4
Coefficient de ruissellement de la forêt	0,2	0,2
Coefficient des zones urbaines	0,8	0,8
Coefficient de ruissellement global	0,31	0,29

Tableau 2 : Caractéristiques des bassins versants

Il est à noter que le bassin versant du Beuvron est assez allongé et avec une pente faible sur sa globalité. Il est principalement recouvert de zones boisées et d'espaces agricoles, très peu d'urbanisation est présente.

Pour le bassin versant du Chicandin, sa couverture est également constituée principalement de forêt et de zones agricoles. Il possède une compacité plus grande que le bassin versant du Beuvron.

2.4. Analyse hydrologique

2.4.1. Calcul des débits caractéristiques

Dans un premier temps, les temps de concentration¹ des deux bassins versants ont été déterminés sur la base des formules de Passini, Giandotti, Kirpich et Ventura. Une moyenne des quatre résultats obtenus est visible pour les deux bassins versants :

- 36,7 h pour le bassin versant du Beuvron, résultats cohérents avec la forme très allongée du bassin,
- 10 h pour le bassin versant du Chicandin.

Les calculs des débits de pointe décennaux, au droit du secteur d'étude, ont été réalisés à partir :

- des caractéristiques des bassins versants présentés ci-dessus,
- des coefficients de Montana présentés au § 2.2,
- des temps de concentrations déterminés juste avant,
- des formules empiriques suivantes : formule Crupedix (pour le Beuvron car plus adapté à des bassins versant de grande taille) et de Transition (pour le Chicandin plus adaptée à des bassins versant de taille intermédiaire).

¹ Temps de concentration : temps que met une goutte à parcourir la distance entre le haut du bassin versant et le site d'étude

Les débits décennaux obtenus sont les suivants :

	Beuvron (m ³ /s)	Chicandin (m ³ /s)
Débit décennal calculé	42,0 m ³ /s	5,5 m ³ /s

Tableau 3 : Débit de pointe décennale au droit du site

Pour les occurrences supérieures et inférieures à Q10, la méthode du Gradex.

Les résultats obtenus pour les deux cours d'eau au droit du site de l'étude sont les suivants :

	Beuvron	Chicandin
Q5	29,5 m ³ /s	4,0 m ³ /s
Q10	42 m ³ /s	5,1 m ³ /s
Q20	53,2 m ³ /s	11,4 m ³ /s
Q30	59,6 m ³ /s	15,0 m ³ /s
Q50	67,7 m ³ /s	19,5 m ³ /s
Q100	78,5 m ³ /s	25,5 m ³ /s

Tableau 4 : Débits déterminés au droit du site

Ces données sont ensuite comparées aux données existantes sur le secteur afin de retenir les débits de pointe en crue les plus pertinents.

2.4.2. Cohérence avec les stations hydrométriques

Une vérification de la cohérence des résultats obtenus précédemment avec les débits calculés par la banque Hydro pour les stations alentours a été réalisée.

Trois stations hydrologiques sont présentes sur le Beuvron : à Cheverny, à Tour-en-Sologne et à Chaumont-sur-Tharonne. Cependant, toutes sont actuellement fermées et deux d'entre elles n'ont été en fonctionnement que 8 ans donc pas suffisamment longtemps pour permettre d'obtenir des résultats fiables pour les crues. La station à Cheverny a quant à elle fonctionné pendant 15 ans (ce qui est assez peu pour avoir de bon résultats), des résultats pour les différentes occurrences de crues sont présents mais douteux d'après le site de la Banque Hydro. Ces données ne seront donc pas utilisées par la suite.

Les stations placées sur les cours d'eau à proximité sont pour la majorité non exploitables. Trois stations présentent des durées de fonctionnement suffisantes pour être représentatives :

- La Grande Sauldre à Brinon-sur-Sauldre, présentant un bassin versant de 594 km² et une durée de fonctionnement de 49. ans,
- L'Ardoux à Lailly-en-Val, présentant un bassin versant de 155 km² et une durée de fonctionnement de 52. ans,
- Le Dhuy à Saint-Cyr-en-Val présentant un bassin versant de 256 km² et une durée d'exploitation de 50 ans.

Les débits au droit du projet ont été calculés à partir des débits indiqués pour les stations précédentes à partir de la formule de Myer :

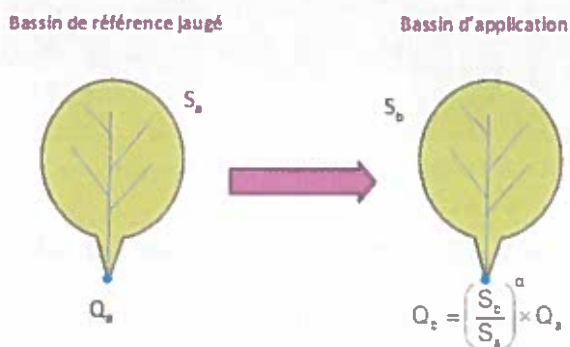


Figure 18: Formule de Myer

Pour le Beuvron et le Chicandin les différents débits décennaux obtenus à partir des trois stations hydrométriques sont les suivants :

Débits décennaux calculés par la formule de Myer (en m ³ /s)			
Calcul mené par rapport au BV :	Dhuy à Saint Cyr en Val	L'Ardoux à Lailly en Val	Grande Sauldre à Brinon
Le Beuvron	17,9	13,5	45,5
Le Chicandin	1,8	1,5	3,8

Tableau 5 : Débits décennaux calculés par la formule de Myer

Ce qui donne une moyenne de 39,9 m³/s pour le Beuvron et de 6 m³/s pour le Chicandin, résultat cohérent avec les débits déterminés au §2.4.1.

2.4.3. Cohérence avec les données Shyreg

La base de données Shyreg regroupe les informations de débits sur les différents cours d'eau du territoire métropolitain. Ces débits ont été estimés grâce à la méthode dite Shyreg mise en place par l'IRSTEA et consistant en une estimation de l'aléa hydrologique basée sur la régionalisation (prise en compte homogénéisée des caractéristiques locales) de paramètre de modèle (générateur de pluie et modélisation hydrologique).

IRSTEA conseille de limiter l'utilisation de ces données à des bassins versants d'une superficie comprise entre 5 et 5000 km². La méthode ne prend pas en compte les caractères particuliers de certains bassins versants tels que les phénomènes karstiques, une sur-urbanisation ou avec une forte influence nivale. Notre bassin ne comporte pas ces spécificités, les données Shyreg sont donc un indicateur pour la suite de l'étude.

Plusieurs stations sont disponibles sur la zone d'étude pour le Beuvron et le Chicandin :



Figure 19: Localisation des stations de calcul Shyreg sur le site de l'étude (Source : IRSTEA)

Les débits de pointes calculés sur ces trois stations sont les suivants :

Station	LO4716	LO4717	LO4718
Cours d'eau	Le Beuvron	Le Chicandin	Le Beuvron
Bassin versant	296,2 km ²	28,4 km ²	324,8 km ²
Période de retour	Débit de pointe (m ³ /s)		
2 ans	19	2,3	20,5
5 ans	26,4	3,25	28,5
10 ans	32,5	4,03	35
20 ans	39,1	4,9	42
50 ans	48,8	6,24	52,4
100 ans	57,5	7,47	61,6

Figure 20: Récapitulatif des données Shyreg sur le site (Source : IRSTEA)

Les données Shyreg sont un plus faibles que les débits calculés par les méthodes empiriques.

2.4.4. Cohérence avec la pluie de référence de l'étude de zone d'inondation

La zone inondable du Beuvron a été déterminée en 2003 par modélisation, donnant lieu à un Atlas des Zones Inondables. Cette zone a été définie sur la base des crues au moins centennales de 1856 et 1910.

Les débits déterminés à proximité du projet pour ces crues sont les suivants :

- 80 m³/s à 5 km à l'amont de Lamotte-Beuvron,
- 90 m³/s à 5 km à l'aval de Lamotte Beuvron,

Notre site se trouve sur la partie aval de Lamotte-Beuvron mais pas à 5km en aval, le Chicandin arrivant au niveau du site d'étude, le débit apporté par celui-ci est compris dans les 90 m³/s. Le débit pris en compte pour le Beuvron sera donc celui de 80 m³/s.

Ce qui est un petit peu supérieur au débit centennal calculé pour le Beuvron sur le site. Les résultats sont donc bien cohérents avec les observations faites lors de la détermination de la zone inondable en 2003.

Pour la suite la modélisation des incidences du projet sera réalisée à partir des débits de l'AZI. En effet ce sont les débits des plus hautes eaux connues (de 1856 et 1910) qui sont supérieur au débit centennal calculé précédemment.

3. Construction du modèle hydraulique

3.1. Description du modèle hydraulique 1D

Le modèle hydraulique réalisé a été construit à partir du logiciel MIKEFLOOD développé par le Danish Hydraulic Institute. Cet outil permet de réaliser des modèles hydrauliques de rivière avec son code de calculs 1D (MIKE11). Il permet d'estimer les hauteurs et vitesses d'écoulement dans des sections paramétrées ou quelconques, en régime permanent uniforme ou en régime transitoire. Il est à même de modéliser des écoulements différenciés entre les différents lits du cours d'eau (lit mineur / lit majeur, division du lit mineur en plusieurs bras, fonctionnement en casier, etc.).

Le schéma ci-après présente la structure du modèle hydraulique. Les profils en travers sont symbolisés par les points rouges, les seuils par des carrés bleus et les conditions limites par des trapèzes bleus.

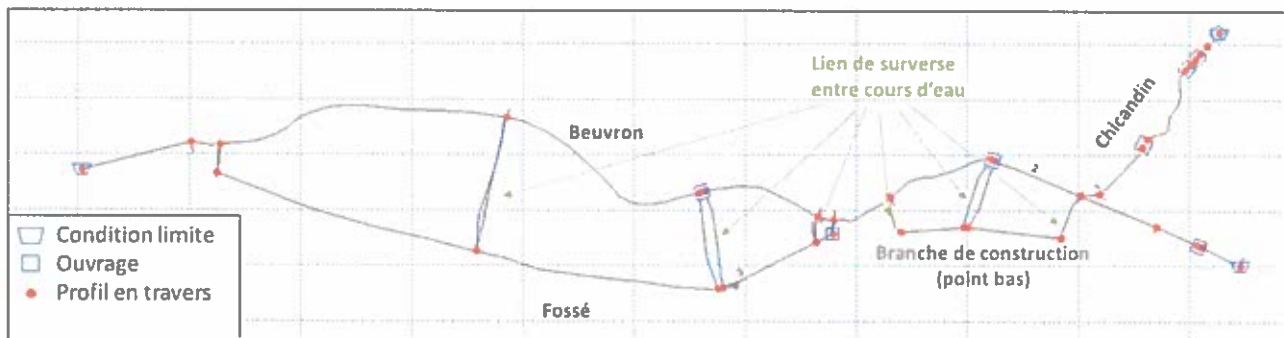


Figure 21: Schéma topologique du modèle hydraulique (Source : DHI)

Le lit mineur et le lit majeur du cours d'eau ont été distingués dans la définition des profils en travers. Les coefficients de Strickler appliqués sur ces deux parties sont les suivants :

- 28 pour le lit mineur,
- 25 pour le lit majeur.

3.2. Définition de l'état initial et de l'état aménagé

Les aménagements prévus n'impactant que peu la zone, seule la topographie sera modifiée entre l'état initial et l'état aménagé du site. Les profils modifiés sont les n°17 à 21, dont les coupes sont visibles au paragraphe 2.1.2.

3.3. Calage du modèle

Il est indiqué que la zone inondable définie sur les cartes d'aléas du Beuvron en novembre 2004 correspond à un débit modélisé de 80 m³/s à 5 km à l'amont de la commune de Lamotte-Beuvron et de 90 m³/s à 5km à l'aval de la commune.

Afin de vérifier la cohérence de notre modèle avec celui réalisé en 2004, il a été injecté un débit de 80 m³/s au niveau du profil amont de notre modèle et un débit de 10 m³/s au niveau du Chicandin.

La zone inondée obtenue pour ce débit est visible sur la carte ci-après. Le contour de la zone inondable déterminée en 2004 ainsi que les cotes obtenues alors sont également reportées pour permettre la comparaison entre les deux résultats.

Sur la base des données précédemment exposées et avec les conditions d'entrée de l'AZI, le calage du modèle a été réalisé grâce à la modification des coefficients de Strickler du lit mineur et majeur. Pour obtenir des niveaux d'eau similaires à ceux de l'AZI, les coefficients utilisés sont donc $K = 25$ pour le lit majeur et $K = 28$ pour le lit mineur.

Après calage, les hauteurs d'eau obtenues présentent des différences avec l'AZI comprises entre 2 cm et 9 cm, comme indiqué sur la figure suivante.

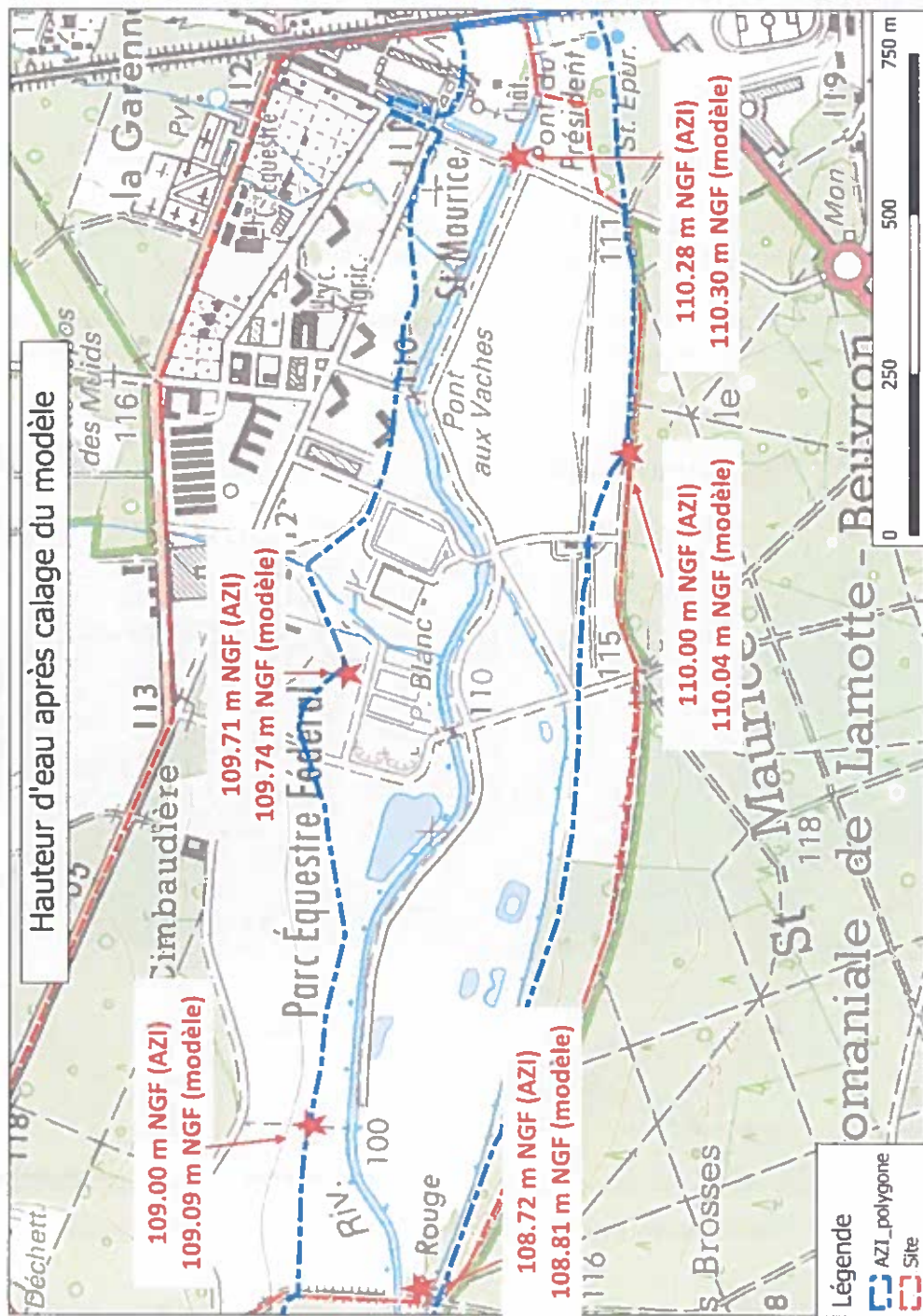


Figure 22: Hauteur d'eau obtenues pour le calage par rapport à l'AZI

4. Résultats obtenus

4.1. Etat initial

Les cotes d'eau obtenues sur le site de l'étude pour l'état initial sont comprises entre 110,63 m NGF et 108,50 m NGF.

Les hauteurs d'eau n'ont pas pu être calculées selon la topographie de l'état initial puisque seul le MNT, prenant déjà en compte les aménagements, est disponible.

La carte des cotes d'eau sur le site à l'état initial est présentée ci-dessous. Il a été indiqué également les cotes obtenues au niveau de certains profils du modèle, toutes n'ont pas été indiquées afin de ne pas surcharger la carte.

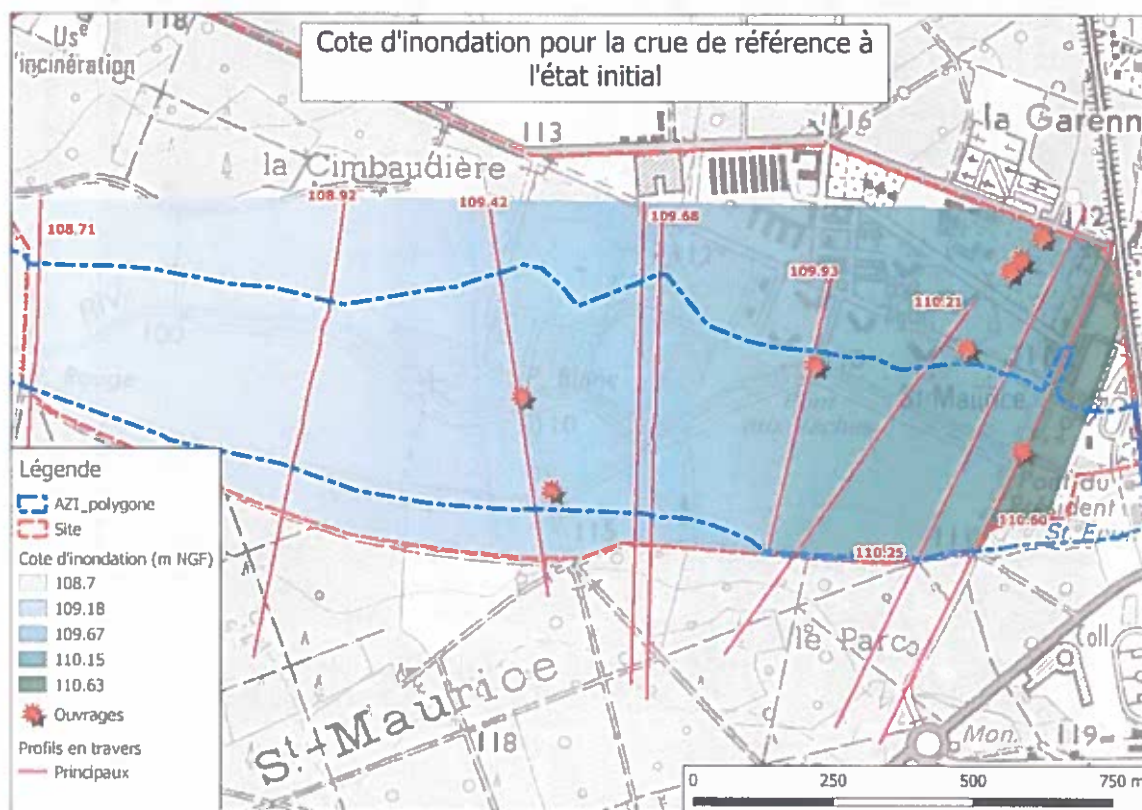


Figure 23: Cote d'inondation pour la crue de référence à l'état initial (Source : Antea Group)

4.2. Etat aménagé

Les cotes d'eau obtenues sur le site de l'étude pour l'état aménagé sont comprises entre 110,63 m NGF et 108,50 m NGF également.

La carte des cotes d'eau sur le site à l'état initial est présentée ci-dessous. Il a été indiqué également les cotes obtenues au niveau de certains profils du modèle, toutes n'ont pas été indiquées afin de ne pas surcharger la carte.

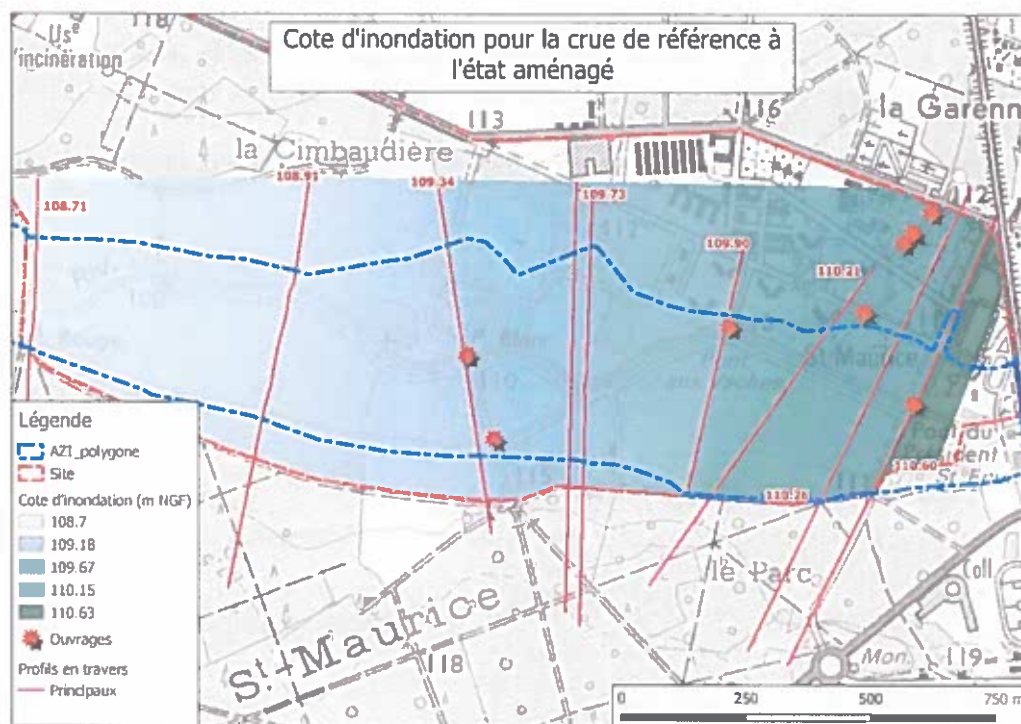


Figure 24: Cote d'inondation pour la crue de référence à l'état aménagé (Source : Antea Group)

4.3. Incidence du projet

Afin d'apprécier de façon plus fine les incidences du projet, une carte des variations des cotes d'inondations est visible sur la carte ci-dessous.

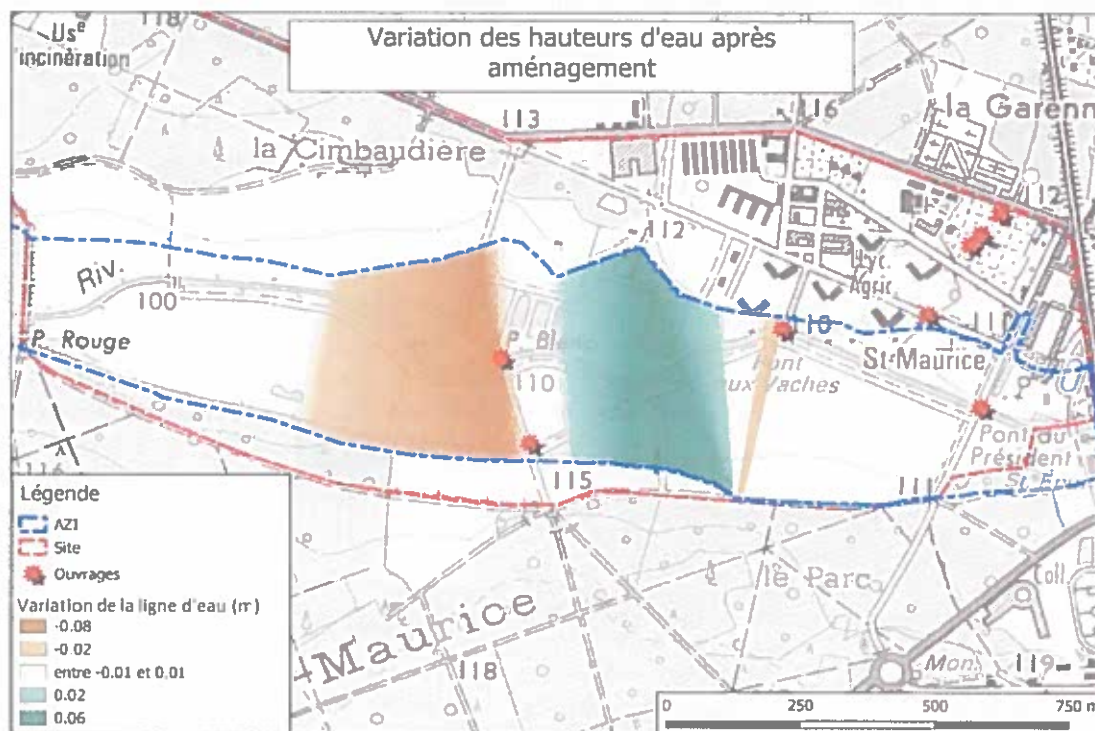


Figure 25: Variation du niveau d'eau après aménagement (Source : Antea Group)

Les variations observées suite aux aménagements sont :

- Une hausse du niveau d'eau comprise entre 0 et 6 centimètres au droit de la zone sur laquelle les remblais ont été réalisés. Cette variation s'étend sur 300 m au droit du projet et en amont,
- Un abaissement de la ligne d'eau entre 0 et 8 cm en aval du site (en arrière du pont blanc) sur une longueur d'environ 340 m.

Le profil en long du Beuvron pour les états initiaux et aménagés est visible ci-dessous afin de visualiser les zones impactées par le projet.

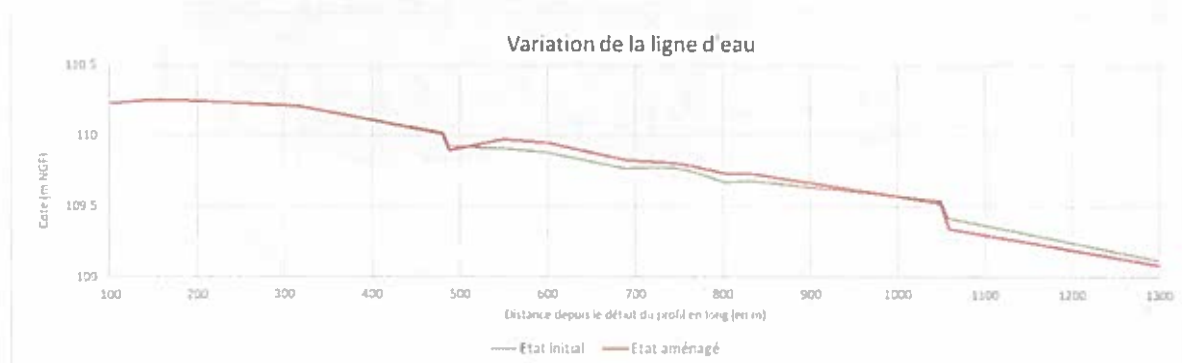


Figure 26 : Variation de la ligne d'eau sur le site de la FFE (Source : Antea Group)

Le modèle hydraulique présentant une précision de quelques centimètres, les variations inférieures à 1 cm n'ont pas été prises en compte pour l'analyse des incidences.

Le niveau d'eau en amont direct du pont blanc ne présente pas de variation suite aux aménagements car la ligne d'eau est tenue par l'ouvrage sur plusieurs mètres.

Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable. Les incertitudes ou les réserves qui seraient mentionnées dans la prise en compte des résultats et dans les conclusions font partie intégrante du rapport.

En conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou d'une reproduction partielle de ce rapport et de ses annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'Antea Group ne sauraient engager la responsabilité de celui-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

Les résultats des prestations et des investigations s'appuient sur un échantillonnage ; ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas liés à l'hétérogénéité des milieux naturels ou artificiels étudiés. Par ailleurs, la prestation a été réalisée à partir d'informations extérieures non garanties par Antea Group ; sa responsabilité ne saurait être engagée en la matière.

Antea Group s'est engagé à apporter tout le soin et la diligence nécessaire à l'exécution des prestations et s'est conformé aux usages de la profession. Antea Group conseille son Client avec pour objectif de l'éclairer au mieux. Cependant, le choix de la décision relève de la seule compétence de son Client.

Le Client autorise Antea Group à le nommer pour une référence scientifique ou commerciale. A défaut, Antea Group s'entendra avec le Client pour définir les modalités de l'usage commercial ou scientifique de la référence.

Ce rapport devient la propriété du Client après paiement intégral de la mission, son utilisation étant interdite jusqu'à ce paiement. A partir de ce moment, le Client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser, sous réserve de respecter les limites d'utilisation décrites ci-dessus.

Pour rappel, les conditions générales de vente ainsi que les informations de présentation d'Antea Group sont consultables sur : <https://www.anteagroup.fr/fr/annexes>



ANNEXES

Annexe I : Coupes des ouvrages de franchissement

Annexe I : Coupes des ouvrages de franchissement

Ouvrage n°1

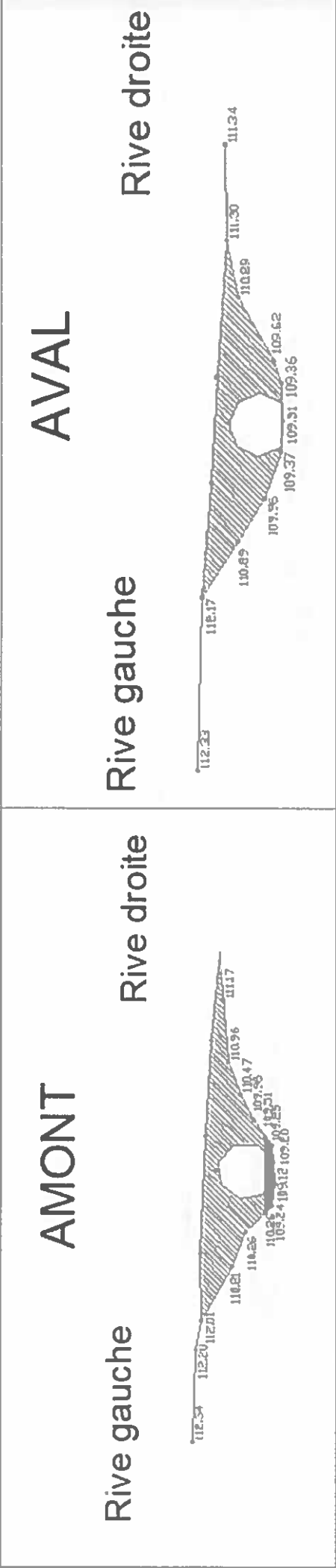
AVAL

Rive gauche

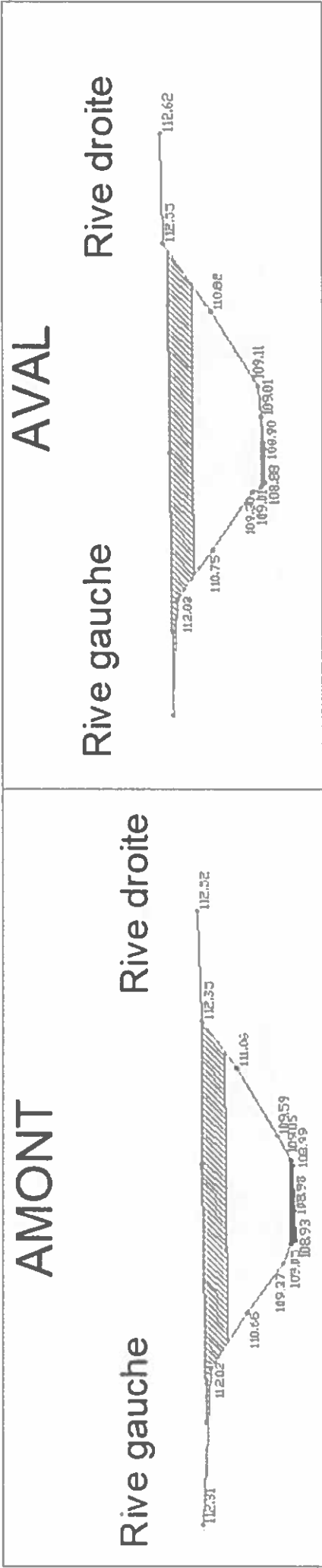
Rive droite



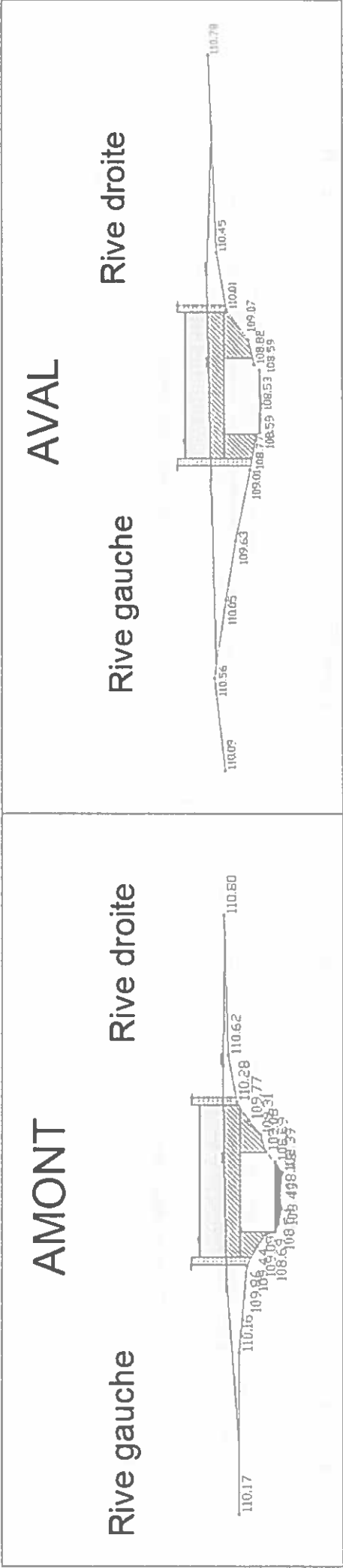
Ouvrage n°2



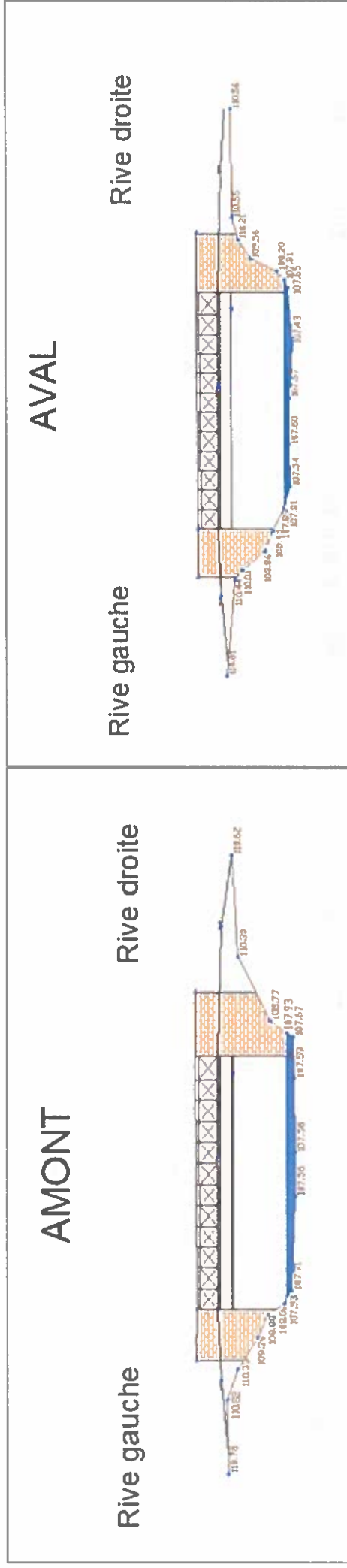
Ouvrage n°3



Ouvrage n°4



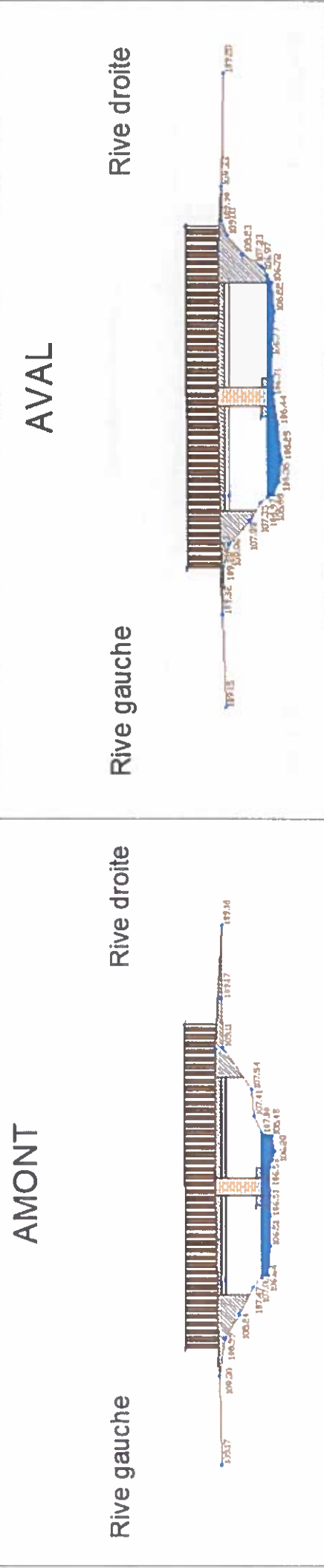
Ouvrage n°5



Ouvrage n°6



Ouvrage n°7



Mesure

Air ambiant
Air intérieur
Exposition professionnelle
Eau
Pollution atmosphérique

Environnement

Due diligence et conseil stratégique
Sites et sols pollués
Travaux de dépollution
Dossiers réglementaires

Eau

Traitement des effluents industriels
Eau ressource et géothermies
Eau potable et assainissement
Aménagement hydraulique

Nos services

Data

Systèmes d'information et data
management
Solutions pour le data
management environnemental

Infrastructures

Déconstruction et désamiantage
Géotechnique
Fondations et terrassements
Ouvrages et structures
Risques naturels
Déchets et valorisation

Aménagement du territoire

Projet urbain
L'environnement au cœur des stratégies et projets
Stratégie territoriale et planification

Références :



