
Rapport de stage individuel

5^{ème} année

Etude pour la mise en place d'une station hydrographique en aval d'une prise d'eau potable

VILLES & TERRITOIRES
DIRECTION REGIONALE OUEST
Les Bureaux du Sillon
8 Avenue des Thébaudières - CS
20232
44815 SAINT HERBLAIN CEDEX
Tél. : 02 28 09 18 00
Fax : 02 40 94 80 99



Tuteur entreprise : Yann Gasowski
Directeur Adjoint Hydraulique

Clément Gardien

Tuteur académique : Pierre Peeters

IMA

2019-2020

Sommaire :

1. Remerciements	5
2. Introduction	6
3. Présentation de la structure d'accueil (Source : https://www.arteliagroup.com/fr)	7
4. Présentation de la mission	8
4.1. Contexte	8
4.2. Fonctionnement du site	8
4.3. Localisation de la station hydrométrique	9
4.4. Mes missions dans l'étude	11
5. Analyse Hydrologique	12
5.1. Données disponibles et méthodologie	12
5.2. Définition des débits caractéristiques au droit du site d'étude	12
5.2.1. Débits moyens mensuels	12
5.2.2. QMNA5 et module	13
5.2.3. Débits de crue	14
6. Modélisation hydraulique	15
6.1. Présentation	15
6.2. Méthodes de simulation	15
6.3. Structure du modèle	15
6.4. Données utilisées	16
6.4.1. Données topographiques	16
6.4.2. Données hydrologiques	17
6.4.3. Synthèse des données disponibles sur le site étudié	17
6.5. Conditions aux limites du modèle	17
6.6. Calage du modèle et définition du débit de plein bord	17
6.6.1. Evènement de calage	18
6.6.2. Résultats du calage	18
6.7. Définition du débit de plein bord	19
7. Définition de la future station hydrométrique	21
7.1. Type de station	21
7.2. Conditions hydrauliques	21
7.3. Equipements de la station	21
7.4. Seuil hydrométrique	23
7.4.1. Principe	23
7.4.2. Proposition d'aménagement	23

8. Verification du maintien de la continuité écologique	24
8.1. Analyse des vitesses et hauteur d'eau	25
8.2. Analyse de la chute	26
9. Détermianction de la Courbe de tarage	29
9.1. Hydrogramme théorique simulé	29
9.2. Courbe de tarage obtenu	29

Figures

Fig. 1. Présentation des agences et départements d'Artelia Région Ouest	7
Fig. 2. Carte de localisation du site d'étude	8
Fig. 3. Carte de localisation du site d'étude (Source : Géoportail)	9
Fig. 4. Seuil en aval de la prise d'eau de l'usine	10
Fig. 5. Pont de la RD174 sur la Sélune	10
Fig. 6. Radier naturel en aval du pont de la RD174	10
Fig. 7. Représentation des débits moyens mensuels et du module (m^3/s)	13
Fig. 8. Géométrie du modèle 1D construit par ARTELIA dans le cadre de l'étude	16
Fig. 9. Représentation du pont de la RD174 intégré dans le modèle (Artelia)	16
Fig. 10. Ligne d'eau du calage	18
Fig. 11. Ligne d'eau au débit de plein bord	20
Fig. 12. Représentation du seuil avec échancrure sous HEC-RAS	23
Fig. 13. Ligne d'eau obtenue au droit du seuil hydrométrique en fonction du débit	25
Fig. 14. Détermination du type de jet (d'après guide ICE)	27
Fig. 15. Courbe de tarage $Q=f(h)$	29
Fig. 16. Courbe de tarage calée altimétriquement	30
Fig. 17. Courbe de tarage de l'échancrure	30
Fig. 18. Courbe de tarage calée altimétriquement au niveau de l'échancrure	31

Tableaux

Tabl. 1 - Débits moyens mensuels (m^3/s)	12
Tabl. 2 - QMNA5 et module	13
Tabl. 3 - Débit moyen journalier maximal et débit instantané maximal (m^3/s).....	14
Tabl. 4 - Données utilisées pour la construction du modèle	17
Tabl. 5 - Synthèse des données de débit de la Sélune au droit du site le 9 juillet 2020	18
Tabl. 6 - Ecart relatif entre les niveaux d'eau observés et simulés	19
Tabl. 7 - Capteurs de mesures envisageables.....	22
Tabl. 8 - Synthèse des vitesses d'écoulement et hauteur d'eau en fonction du débit	26
Tabl. 9 - Récapitulatif des différents types d'écoulement	28
Tabl. 10 - Synthèse profondeurs de fosse minimum en fonction de la hauteur de chute	28

1. REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier en tout premier lieu Mr Jean-Michel MURTIN et Mr Yann GASOWSKI, pour m'avoir accepté au sein de l'entreprise Artelia, du département H2E et ainsi me permettre de découvrir la façon de travailler d'un bureau d'étude.

Je remercie encore une fois Mr. Yann GASOWSKI, pour avoir été mon tuteur et avoir consacré de son temps à la supervision de mon stage. Je remercie de même Mr. Anthony MARTIN pour m'avoir laissé l'assister sur la mission de mise en place d'une station hydrométrique sur la Sélune qui est le principal travail décrit dans ce rapport.

Mes remerciements vont également à Mme. Julie BATTU, Mme. Estelle COURTOIS et Mr. Anthony MARTIN avec qui j'ai partagé pendant 8 mois mon espace de travail. Ils m'ont permis d'en apprendre beaucoup sur le métier.

Finalement, je remercie toutes les personnes du département d'Hydraulique d'Environnement et Écoconception pour le très chaleureux accueil qu'ils m'ont offert et l'intégration aisée au sein de leur équipe.

2. INTRODUCTION

Dans le cadre de mon cursus d'ingénieur en urbanisme et environnement spécialisé dans les milieux aquatiques, un stage d'une durée minimale de 16 semaines doit être réalisé afin de valider le semestre 10. J'ai eu la chance de réaliser mon stage au sein de l'entreprise Artelia Nantes, dans le département Hydraulique Environnement Eco-Conception (H2E) du lundi 17 février au vendredi 14 août 2020 (26 semaines). En raison des circonstances exceptionnelles dues au COVID-19, mon stage a été interrompu du 1^{er} avril au 17 mai et a été prolongé du 14 août au 11 septembre soit un total de 24 semaines.

Durant cette période, j'ai été amené à travailler sur diverses problématiques et cas d'études, avec comme thématique centrale le risque inondation et la restauration de la continuité écologique. Mon rôle était d'assister l'équipe d'ingénieurs, que ce soit en faisant de la recherche bibliographique, de l'analyse de données, de la modélisation hydraulique, de la production de tableaux, cartes et tous autres formes de rendu ainsi qu'en participant à des campagnes de terrain ou réunion avec les acteurs concernés. Pour la suite de ce rapport j'ai choisi de développer plus en détails une seule étude dont j'ai pu participer afin de ne pas survoler l'ensemble de mon travail, et résumer les autres missions sous formes de fiches de synthèses qui seront présentées en Annexe 1.

Ce rapport présentera une étude pour la mise en place d'une station hydrométrique en aval d'une prise d'eau alimentant l'usine de potabilisation de l'eau de Milly.

A la suite d'une présentation d'ARTELIA, le présent rapport se décomposera premièrement d'une présentation générale du contexte de l'étude ainsi que de l'analyse hydrologique du site. Dans un second temps il présentera le modèle hydraulique réalisé. Il se conclura avec la présentation de l'aménagement proposé ainsi que la vérification de la continuité écologique au niveau de ce dernier.

3. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL (SOURCE : [HTTPS://WWW.ARTELIAGROUP.COM/FR](https://www.arteliagroup.com/fr))

Artelia est un groupe d'ingénierie international multidisciplinaire, née de la fusion de Coteba et Sogreah en 2010. L'entreprise exerce aujourd'hui dans neuf secteurs d'activités à savoir : le bâtiment, l'eau, l'énergie, l'environnement, l'industrie, le maritime, le transport, la ville et le multi-sites. Ce groupe indépendant comprenant 42 agences en France et 53 agences à l'international est représenté par 5 900 collaborateurs dans le monde et affiche pour 2018 un chiffre d'affaire de 632 millions d'euros.

Chaque agence Artelia en France est rattachée à une région. Pour Nantes, le lieu de mon stage est rattaché à la région Ouest d'Artelia. C'est ici même qu'est basé le centre de gestion de la région Ouest. Avec près de 80 ans d'ancienneté à Nantes, un réseau de 7 agences comprenant plus de 250 personnes et 20 millions de chiffre d'affaire ; Artelia Région Ouest offre les services, les ressources et la capacité d'expertise de la première société d'ingénierie indépendante de France. La direction de la Région Ouest avec ces divers domaines sont présentés dans le graphique ci-dessous (Fig. 1).

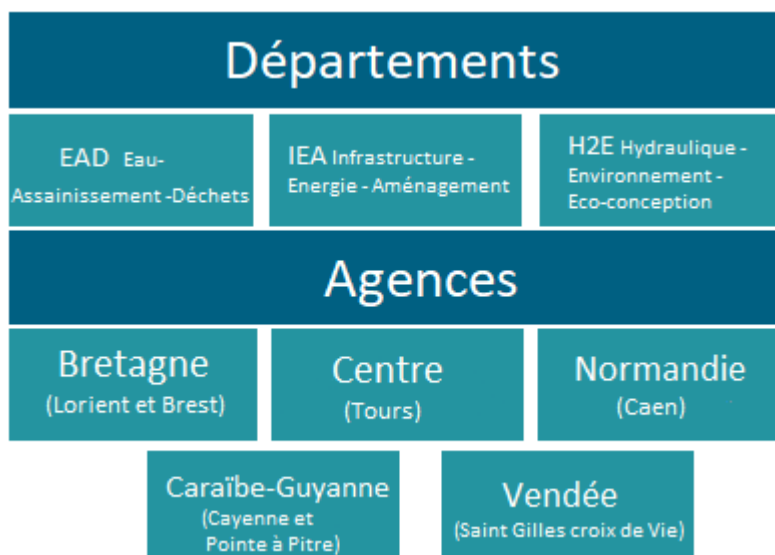


Fig. 1. Présentation des agences et départements d'Artelia Région Ouest

Mon stage s'est déroulé au sein du département H2E plus précisément dans le pôle Hydraulique. Ce dernier est composé d'une équipe de huit personnes qui travaillent sur des thématiques comme le risque inondation, la restauration de continuité écologique, le diagnostic d'ouvrage hydraulique et toutes autres missions en lien avec l'hydraulique fluviale ou maritime.

4. PRESENTATION DE LA MISSION

4.1. CONTEXTE

Le SDEAU50 exploite sur la Sélune une prise d'eau destinée à alimenter l'usine de production d'eau potable de Milly (Fig. 2), commune située dans le département de la Manche (50). Cette prise d'eau a fait l'objet d'un arrêté préfectoral en date du 27 juillet 2019 portant **Déclaration d'Utilité Publique** (DUP) des travaux de prélèvement, de dérivation des eaux, de l'instauration des périmètres de protection et portant autorisation de prélèvement. Son article 5 impose la mise en place d'une station de jaugeage couplée à une station d'alerte à l'aval de la prise d'eau pour une meilleure connaissance des débits réels de restitution. Cette station doit permettre de vérifier le maintien **du débit réservé qui est de 360 L/s (1/10-du module)**.

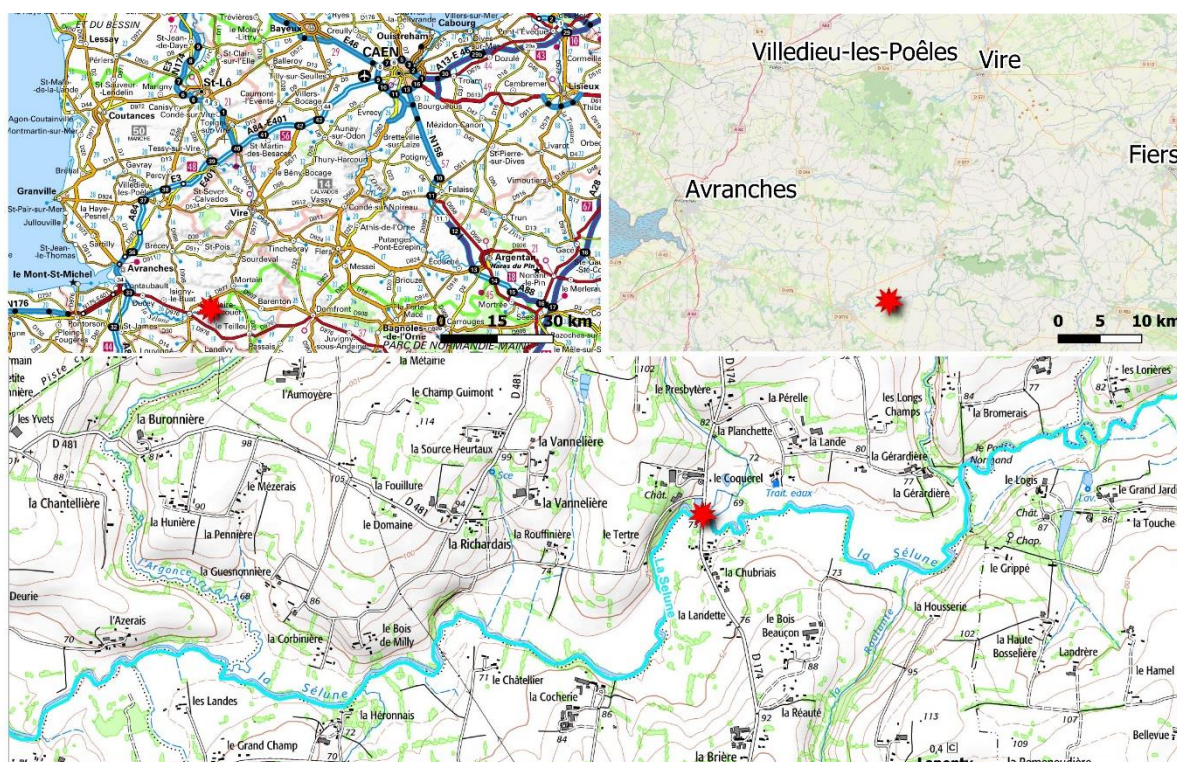


Fig. 2. Carte de localisation du site d'étude

4.2. FONCTIONNEMENT DU SITE

Aujourd'hui, la prise d'eau nécessite un tirant d'eau d'environ 60 cm afin que la pompe fonctionne correctement (Fig. 3). Le seuil aval permet donc de rehausser la ligne d'eau afin de satisfaire son fonctionnement. L'échancrure permet de restituer le débit réservé. En étiage, il est récurrent que le tirant d'eau soit insuffisant pour permettre le pompage dans de bonnes conditions. Le SDEAU50 a notamment déposé plusieurs demandes de dérogation au débit réservé auprès de la DDTM50. Pour cela, une planche de bois est placée dans l'échancrure afin de rehausser le niveau d'eau.

Pour répondre à cette exigence, le SDEAU50 a missionné ARTELIA pour réaliser une étude technique afin d'étudier la possibilité de mettre en place une station de jaugeage qui permette de mesurer de manière précise les faibles débits, tout en assurant la continuité écologique (piscicole et sédimentaire)



Fig. 3. Carte de localisation du site d'étude (Source : Géoportail)

4.3. LOCALISATION DE LA STATION HYDROMETRIQUE

Deux sites étaient envisageables pour implanter la station hydrométrique :

- En amont du seuil de la prise d'eau (Fig. 4) ;
- Le pont de la RD174 (Fig. 5)

La première localisation n'a pas été retenue. En 2021, le SDEAU50 va lancer, en partenariat avec le BRGM (Bureau de Recherche Géologique et Minier), une étude hydrologique et hydraulique à l'échelle du bassin versant de la Sélune afin d'appréhender l'évolution de l'hydrologie à l'horizon 2050. En fonction des conclusions de cette étude, le SDEAU50 va lancer un marché de travaux en vue de modifier le fonctionnement de sa prise d'eau afin qu'elle soit fonctionnelle. Le seuil actuel sera alors réaménagé et/ou supprimé en vue de rétablir, du même coup, la continuité écologique (code ROE28045). Il n'est donc pas pertinent de mettre en place une station de jaugeage sur site.

Ainsi, le pont de la RD174 a été retenu comme le site d'implantation le plus propice en raison de sa facilité d'accès. Au droit de ce pont, les écoulements de la Sélune sont cependant sous l'influence d'un radier naturel (section de contrôle aval Fig. 6) qui contrôle la ligne d'eau sur 420 m en amont.

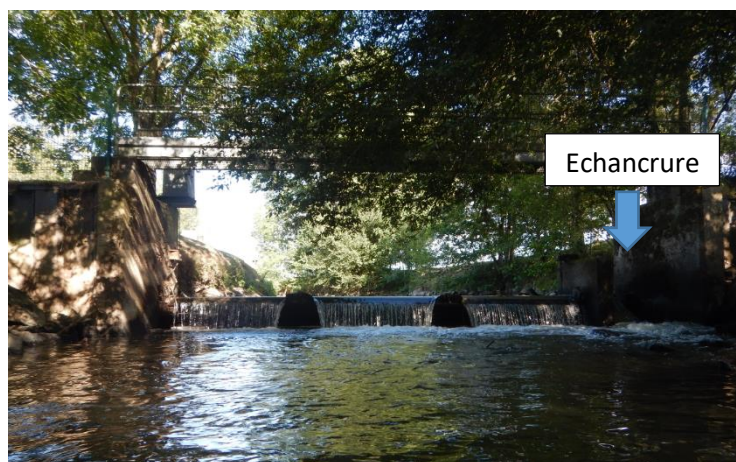


Fig. 4. Seuil en aval de la prise d'eau de l'usine



Fig. 5. Pont de la RD174 sur la Sélune

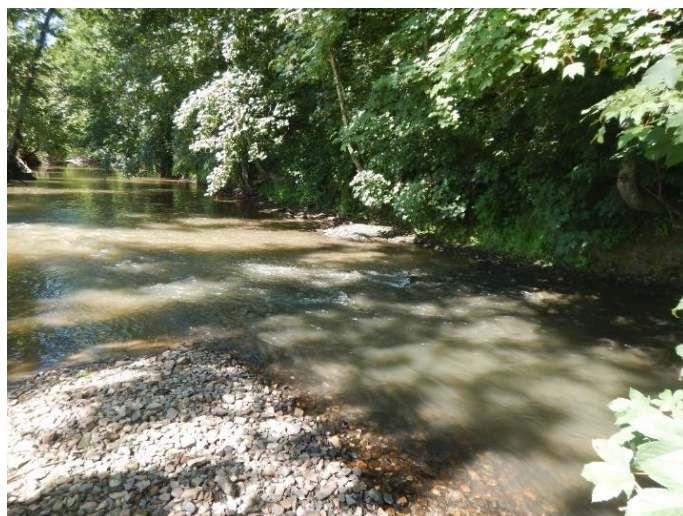


Fig. 6. Radier naturel en aval du pont de la RD174

4.4. MES MISSIONS DANS L'ETUDE

Dans le cadre de cette étude j'ai été amené à réaliser :

- Participer à la campagne topographique ;
- Réaliser du modèle hydraulique (HEC-RAS 1D et Capris) ;
- Rédiger du rapport d'étude ;
- Dimensionner de l'ouvrage ;
- Participer aux échanges avec le client.

5. ANALYSE HYDROLOGIQUE

5.1. DONNEES DISPONIBLES ET METHODOLOGIE

Le bassin versant de la Sélune est couvert par un réseau de station hydrométrique, géré par la DREAL, qui permet de mesurer en continu le débit et la hauteur d'eau de la Sélune dans le temps. La station hydrométrique de Notre-Dame-du-Touchet (19031010) est la plus proche géographiquement du site d'étude et draine un bassin versant d'environ 203 km². Offrant 30 années d'observations hydrologiques (1991-2020), cette station est considérée comme étant représentative de l'hydrologie de la Sélune et peut, par conséquent, être utilisée pour réaliser une analyse hydrologique au droit du site d'étude. Les débits caractéristiques de la Sélune vont être calculés au droit du site d'étude, par application de la formule de Myer, en utilisant les données disponibles à la station hydrométrique de Notre-Dame-du-Touchet.

La **formule de Myer** compare le rapport de surface des bassins versants avec le rapport des débits caractéristiques, en incluant un coefficient régional.

Formule de Myer :

$$Q_A = \left(\frac{BV_A}{BV_B} \right)^\alpha \times Q_B$$

Q_A et Q_B : débits caractéristiques des bassins A (BV étudié) et B (BV de référence)

S_A et S_B : surface des bassins versants A et B

δ : coefficient régional

5.2. DEFINITION DES DEBITS CARACTERISTIQUES AU DROIT DU SITE D'ETUDE

5.2.1. DEBITS MOYENS MENSUELS

Les débits moyens mensuels sont présentés dans le Tabl. 1 - .

Tabl. 1 - Débits moyens mensuels (m³/s)

Bassin versant drainé	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Station hydrométrique de Notre-Dame-du-Touchet (203 km ²)	5.90	5.25	4.30	2.57	1.75	1.25	0.86	0.58	0.63	1.39	3.06	5.30
Pont de la RD174 / Site d'implantation de la future station (261 km ²)	7.59	6.75	5.53	3.30	2.25	1.61	1.10	0.74	0.81	1.79	3.93	6.81

Ainsi, la Sélune est marquée par quatre périodes hydrologiques distinctes (Fig. 7) :

- la période dite de « hautes eaux » qui s'étend des mois de Décembre à Mars qui est caractérisée principalement par des crues hivernales ;
- la période dite de « basses eaux » qui s'étend des mois d'Août à Septembre (période estivale).
- deux périodes intermédiaires (Avril à Juillet et Octobre à Novembre).

Le régime hydrologique de la Sélune est donc **de type pluvial océanique**.

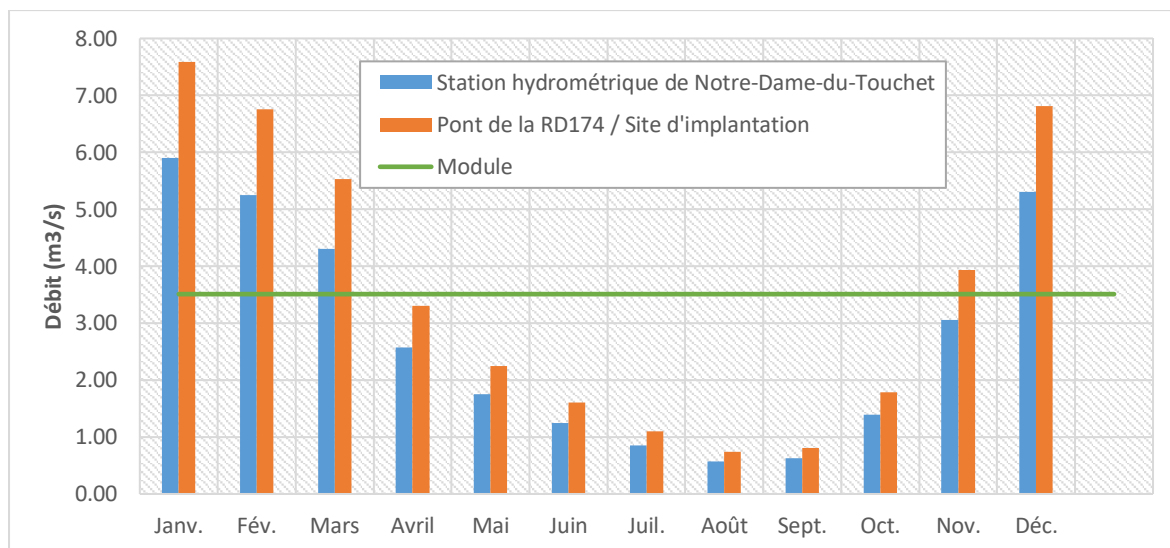


Fig. 7. Représentation des débits moyens mensuels et du module (m³/s)

5.2.2. QMNA5 ET MODULE

Le Tabl. 2 - présente les résultats obtenus pour le QMNA5 et le module.

Tabl. 2 - QMNA5 et module

Bassin versant drainé (surface)	QMNA5 (l/s)	Module (m³/s)
Station hydrométrique de Notre-Dame-du-Touchet (203 km²)	260	2,73
Pont de la RD174 / Site d'implantation de la future station (261 km²)	334	3,51

5.2.3. DEBITS DE CRUE

Le Tabl. 3 - présente le débit moyen journalier maximal et le débit instantané maximal pour différentes périodes de retour au droit du site d'étude.

Tabl. 3 - Débit moyen journalier maximal et débit instantané maximal (m³/s)

Occurrence	Débit moyen journalier maximal (QJ – m ³ /s)	Débit instantané maximal (QIX – m ³ /s)
2 ans	18	23
5 ans	24	31
10 ans	29	37
20 ans	33	42
50 ans	38	49

6. MODELISATION HYDRAULIQUE

6.1. PRESENTATION

Le logiciel **HEC-RAS** (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System), développé au Hydrologic Engineering Center du US Army Corps of Engineers, est un outil conçu pour réaliser des calculs hydrauliques unidimensionnels et bidimensionnels pour des réseaux complexes de cours d'eau naturels et de canaux ; il permet notamment de représenter précisément la quasi-totalité des ouvrages hydrauliques.

La description des cours d'eau et du terrain est basée sur un large choix d'objets et d'options permettant de représenter finement la plupart des situations rencontrées en hydraulique. En particulier, HEC-RAS permet de décrire les singularités d'écoulement provoquées par les ouvrages (digues, barrages, orifices, déversoirs, ...).

HEC-RAS fonctionne sous Windows et bénéficie donc des avantages de cet environnement.

6.2. METHODES DE SIMULATION

HEC-RAS permet le calcul des écoulements en régime permanent (débit constant) et en régime transitoire (débit variable dans le temps) dans les systèmes modélisés.

Les calculs de lignes d'eau permettent aussi bien l'analyse de la capacité de cours d'eau (risques de débordements, inondations) que l'étude de l'impact hydraulique de travaux en lit mineur et majeur (ponts, endiguements).

Les calculs de lignes d'eau d'écoulement graduellement variés sont basés sur l'équation de Bernoulli. Les pertes de charge sont évaluées par l'équation de Manning-Strickler pour le terme de frottement et par des coefficients de contraction-expansion. En écoulement brusquement varié, HEC-RAS utilise l'équation de quantité de mouvement. Celle-ci est appliquée aux ressauts, et dans certains cas, aux passages de ponts et aux confluences.

La résolution de ces équations nécessite la connaissance de la géométrie du cours d'eau, de ses caractéristiques de rugosité et du débit d'écoulement.

6.3. STRUCTURE DU MODELE

L'objectif de cette modélisation hydraulique est de simuler le fonctionnement hydraulique de la Sélune pour des faibles débits, en vue d'y installer une nouvelle station hydrométrique qui sera fonctionnelle même lors des étiages sévères.

Dans le cadre de cette étude, un **modèle hydraulique 1D** a été construit et les écoulements ont été simulés en **régime permanent pour caractériser l'évolution de la ligne d'eau entre l'état actuel et l'état projeté**. Le lit majeur n'a pas été représenté au regard des objectifs de l'étude.

Le lit mineur est décrit sous forme de profils en travers (issus de la campagne topographique réalisée en juillet et de profils interpolés).

Le pont présent dans le lit mineur de la Sélune est décrit sous forme de coupes en travers amont/aval, dans lequel est renseigné sa géométrie (hauteur, largeur, longueur, ...). Cet ouvrage est intégré au

modèle 1D. Le modèle débute du radier qui tient le niveau d'eau en aval de la prise d'eau et se termine au radier suivant, qui tient la ligne d'eau sur l'entièreté du modèle.

La Fig. 8 illustre la géométrie 1D du modèle construit pour simuler les écoulements de la Sélune.

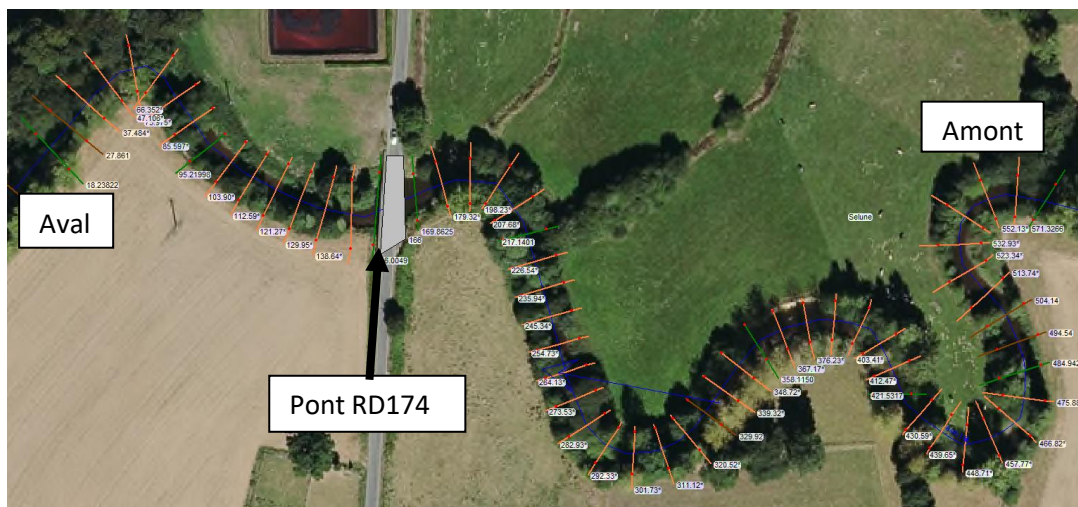


Fig. 8. Géométrie du modèle 1D construit par ARTELIA dans le cadre de l'étude

6.4. DONNEES UTILISEES

La construction du modèle hydraulique se base sur les éléments présentés ci-après.

6.4.1. DONNEES TOPOGRAPHIQUES

Les données topographiques utilisées sont :

- Des profils en travers du lit mineur de la Sélune ;
- Un profil en long du lit mineur de la Sélune ;
- Les relevés géométriques du pont de la RD174 (Fig. 9).

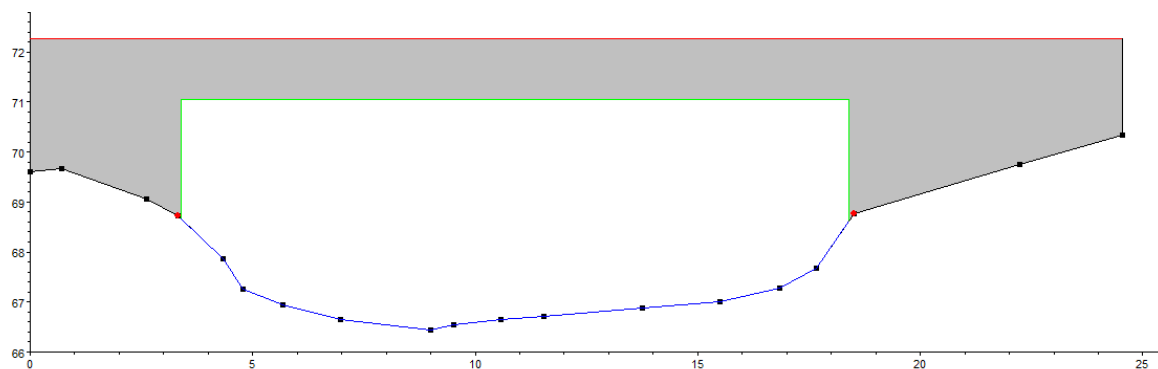


Fig. 9. Représentation du pont de la RD174 intégré dans le modèle (Artelia)

6.4.2. DONNEES HYDROLOGIQUES

Les données hydrologiques utilisées sont :

- Des niveaux d'eau levés sur le long du profil en long ;
- Un jaugeage au courantomètre permettant de connaître le débit de la Sélune lors de la campagne topographique afin de caler le modèle hydraulique.

L'ensemble des éléments hydrologiques et topographiques ont été acquis lors de la campagne de terrain effectuée le 9 et 10 juillet 2020 par ARTELIA.

6.4.3. SYNTHÈSE DES DONNÉES DISPONIBLES SUR LE SITE ETUDIÉ

Le tableau Tabl. 4 - a pour but de faire la synthèse des données structurelles disponibles pour la représentation numérique du lit mineur de la Sélune sous le logiciel HEC-RAS.

Tabl. 4 - Données utilisées pour la construction du modèle

Réseau hydrographique	Linéaire modélisé	Profils en travers utilisés	Ouvrages
	Longueur	Nombre	
La Sélune	570 m	9 profils levés + 53 profils interpolés	1 pont (RD174)

6.5. CONDITIONS AUX LIMITES DU MODÈLE

Le modèle numérique représente la Sélune sur 570 mètres linéaires environ. Il est donc défini par :

- **Une limite amont**, localisée à environ 402 m en amont du pont de la RD174. Cette limite constitue la condition hydraulique amont du modèle. Une valeur de débit constant Q est imposée ;
- **Une limite aval**, localisée à environ 168 m en aval du pont. Cette limite constitue la condition hydraulique aval du modèle. Cette condition aval est définie par une loi hauteur/débit représentative du dernier tronçon aval modélisé (courbe de tarage calculée automatiquement sous le logiciel HECRAS), suivant une loi normale respectant la loi de Manning Strickler. Une pente de 0,0013 m/m (soit 0,13 %) a été renseignée.

6.6. CALAGE DU MODÈLE ET DÉFINITION DU DÉBIT DE PLEIN BORD

Comme pour tout modèle numérique, un processus de calage doit être réalisé afin de s'assurer de la représentativité de ce dernier. Le calage consiste à améliorer progressivement la représentativité et la robustesse du modèle par la simulation d'évènements connus. Les principaux paramètres d'ajustement sont :

- La rugosité du terrain, dépendante de l'occupation ou de l'état de surface du sol ;
- Les coefficients de pertes de charge des ouvrages (perte d'énergie par effet de turbulence).

6.6.1. EVENEMENT DE CALAGE

L'ajustement des paramètres de calage est effectué **par comparaison des niveaux d'eau observés** lors de la campagne topographique et des données hydrologiques calculées par le biais de la formule de Meyer. De plus l'exploitant de la station d'eau potable utilise un ratio de 1,28 par rapport à la station hydrométrique de Notre-Dame-du-Touchet pour calculer les débits au droit du prélèvement en eau. L'ensemble des valeurs de débits dont nous disposons au jour du 9 juillet 2020 sont présentées dans le Tabl. 5 - .

Tabl. 5 - Synthèse des données de débit de la Sélune au droit du site le 9 juillet 2020

Jaugeage au courantomètre	Notre Dame du Touchet / Myer	Notre Dame du Touchet / Ratio 1,28	Vigie crue/ Myer	Vigie crue / Ratio 1,28
0,508 m ³ .s ⁻¹	0,514 m ³ .s ⁻¹	0,512 m ³ .s ⁻¹	0,502 m ³ .s ⁻¹	0,500 m ³ .s ⁻¹

Les résultats des cinq méthodes sont relativement proches ce qui leur donne une véracité. Le débit de calage injecté dans le modèle hydraulique correspond à la moyenne des résultats précédents soit **0,507 m³/s.**

6.6.2. RESULTATS DU CALAGE

Dans l'objectif de caler le modèle hydraulique, les niveaux d'eau levés lors de la campagne topographique ont été intégrés. La ligne d'eau obtenue au terme du calage du modèle est présentée en Fig. 10. Les niveaux d'eau observés sont représentés sur cette figure à l'aide de puces de couleur rouge.

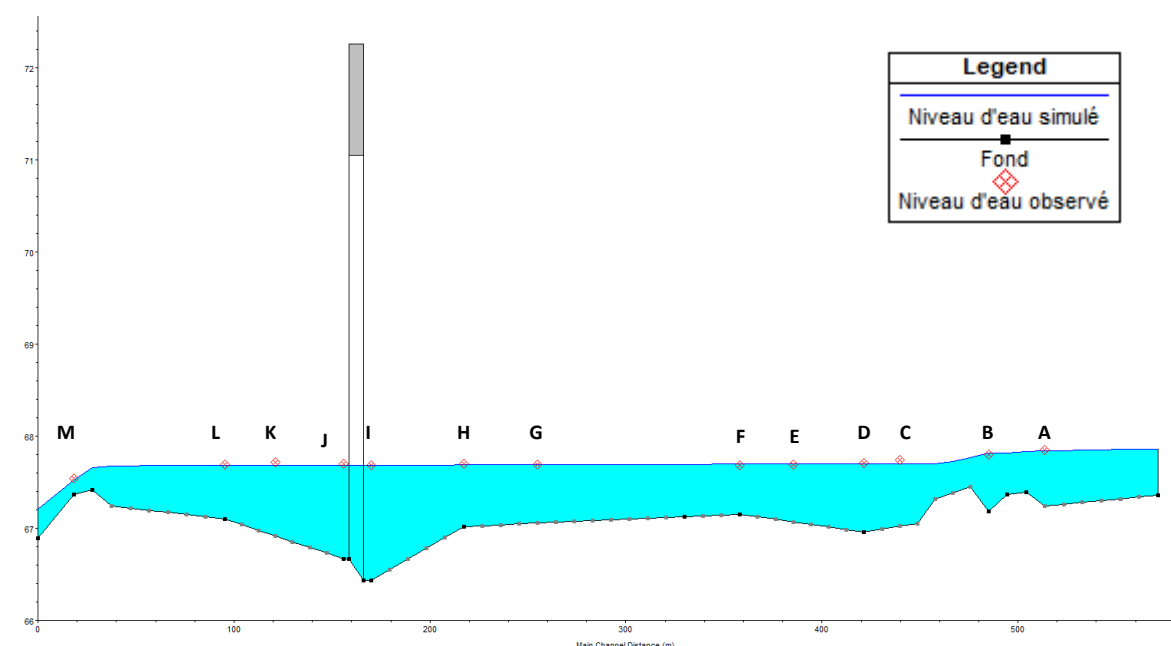


Fig. 10. Ligne d'eau du calage

Afin d'en faciliter la lecture, les résultats du calage sont présentés sous forme d'un tableau comparatif Tabl. 6 - entre les niveaux d'eau mesurés lors de la campagne topographique de juillet 2020 et les niveaux d'eau calculés avec le modèle.

Tabl. 6 - Ecart relatif entre les niveaux d'eau observés et simulés

Lettre associée à l'observation	Niveaux d'eau observés lors de la campagne topographique (m NGF)	Niveaux d'eau simulés avec le modèle (m NGF)	Ecart relatif
A	67,85	67,84	+ 1 cm
B	67,80	67,82	- 2 cm
C	67,74	67,70	+ 4 cm
D	67,71	67,70	+ 1 cm
E	67,69	67,70	- 1 cm
F	67,68	67,70	- 2 cm
G	67,69	67,69	/
H	67,70	67,69	+ 1 cm
I	67,68	67,69	- 1 cm
J	67,70	67,69	+ 1 cm
K	67,72	67,69	+ 3 cm
L	67,69	67,68	+ 1 cm
M	67,54	67,53	+ 1 cm

Les écarts relatifs obtenus entre les niveaux d'eau observés et calculés sont faibles (≤ 4 cm). Ces résultats sont satisfaisants et représentent correctement la ligne d'eau maintenue par le radier en aval du modèle. Ainsi, il est possible de conclure que **le modèle est calé pour l'évènement de calage**.

6.7. DEFINITION DU DEBIT DE PLEIN BORD

Une fois le modèle correctement calé, il est important de définir le débit de plein bord qui correspondra à la limite supérieure de l'hydrogramme. Ce débit correspond au moment où le cours d'eau commence à sortir de son lit.

Pour ce faire, **la formule de Manning-Strickler** a été appliquée au droit de chacun des profils topographiques du modèle en prenant comme hauteur d'eau le haut des berges. Un débit moyen de $26,07 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a été obtenu. Cette valeur théorique est par la suite vérifiée grâce au modèle Fig. 11.

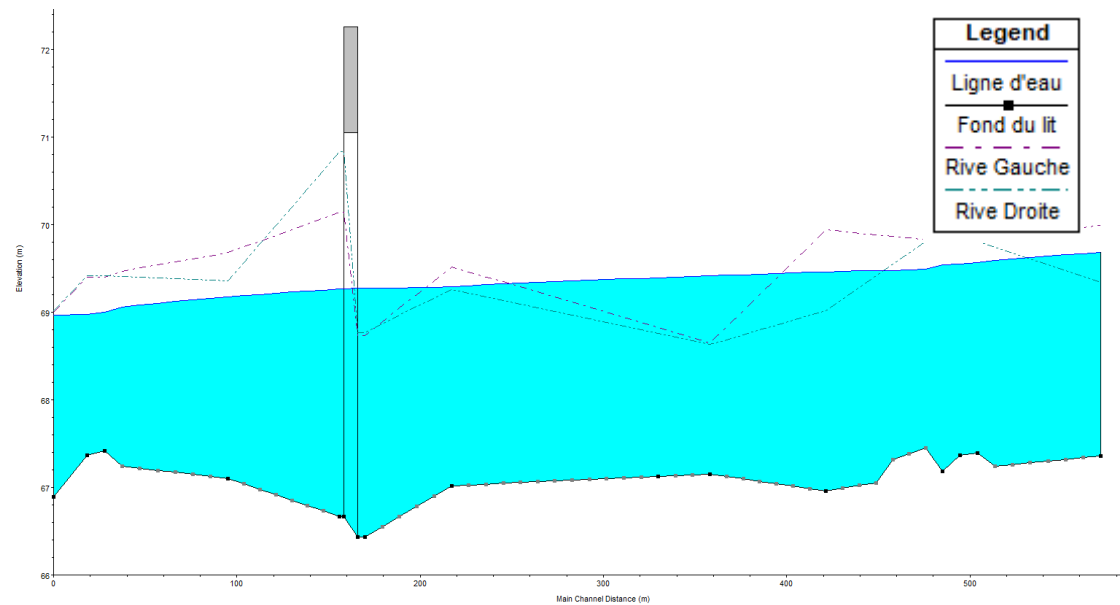


Fig. 11. *Ligne d'eau au débit de plein bord*

Pour un débit de $26 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$, la ligne d'eau est légèrement surélevée au début du modèle et en aval du pont. Malgré tout ce débit semble cohérent avec les résultats fournis par la formule de Manning puisqu'il représente une moyenne sur le linéaire modélisé. Afin d'assurer que le débit de plein bord soit inclue dans l'hydrogramme et la courbe de tarage, des simulations seront effectuées jusqu'à $28 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$.

7. DEFINITION DE LA FUTURE STATION HYDROMETRIQUE

Une station hydrométrique à relation hauteur-débit est usuellement appelée **station limnimétrique** : elle correspond à un emplacement sur lequel la hauteur d'eau est mesurée en continu. Le débit est estimé en appliquant une courbe de tarage $Q=f(h)$.

La station nouvelle station hydrométrique à implanter doit ainsi fournir une **courbe hauteur/débit à relation univoque**.

Le document « Charte de qualité de l'hydrométrie » (Guide de bonnes pratiques, SHAPI) comporte des préconisations techniques sur la définition des stations hydrométriques. Ce document nous a servi de base pour le choix de l'implantation et des ouvrages à mettre en œuvre.

7.1. TYPE DE STATION

Les **stations hydrométriques à relation hauteur-débit avec emplacement d'un capteur unique** correspondent au cas le plus fréquent pour les stations dites « classiques », dont les enjeux sont modérés. Le site hydrométrique est ainsi composé d'une seule station.

Le capteur permet de calculer le débit à toutes les gammes de hauteur. On l'utilise dans le cas de rivières à lit unique avec un contrôle par seuil et/ou chenal selon les gammes de débit. Ce type de station correspond parfaitement à la configuration du site.

7.2. CONDITIONS HYDRAULIQUES

Le lieu d'implantation doit présenter les caractéristiques suivantes :

- **Un tronçon rectiligne** : cette condition est indispensable dès que les vitesses d'écoulement dépassent 0,5 m/s ;
 - **Un lit stable** : bathymétrie stationnaire dans le temps ;
 - Éviter impérativement les mesures dans les zones de remous ou de batillage.
- Pour la mesure de hauteur, il est important de choisir une section avec une vitesse faible où la hauteur d'eau est stable. Les bonnes conditions se rencontrent souvent à l'amont d'un seuil ou d'un ouvrage qui permet un changement de régime hydraulique.

7.3. EQUIPEMENTS DE LA STATION

La **station hydrométrique se composera d'une échelle limnimétrique et d'un capteur** pour la mesure en continue de la hauteur d'eau.

- **Echelle limnimétrique**

Elle sera graduée (en cm) et positionnée sur la même section et à proximité du capteur. C'est l'élément de base d'une station hydrométrique, elle doit donc être opérationnelle en permanence et bien calée.

- **Capteur de mesure**

Les principaux capteurs de mesures rencontrés usuellement sont présentés dans le Tabl. 7 - .

Tabl. 7 - Capteurs de mesures envisageables

Capteur	Principe de fonctionnement	Avantage / Inconvénient
Sonde piezo-résistive	Sonde immergée Mesure la pression exercée par la colonne d'eau à l'aide de jauges de contraintes	Attention aux efforts liés aux vitesses élevées et à présence d'embâcles Surveillance fréquente de la dérive de la sonde
Capteur pneumatique (bulle à bulle)	Sonde immergée Mesure de la pression exercée par la colonne d'eau par l'intermédiaire d'une ligne pneumatique	Attention aux efforts liés aux vitesses élevées et à présence d'embâcles Surveillance fréquente de la dérive de la sonde Les dimensions de la ligne pneumatique (diamètre et longueur du tube) doivent être adaptées aux performances du compresseur
Capteur à ultrasons	Hors d'eau ou immergé Déetecte la surface de la rivière en mesurant soit un tirant d'air, soit le tirant d'eau Une correction liée à la température du milieu (air ou eau) est nécessaire	Une correction liée à la température du milieu (air ou eau) est nécessaire La mesure par ultrasons émergés avec une compensation en température de l'air sont à éviter (soleil)
Radar	Hors d'eau Mesure le tirant d'air qui sépare le capteur de la surface de l'eau, sans qu'une correction de température soit nécessaire	Il y a peu de dérive de la mesure Le système est moins soumis aux agressions externes La maintenance est allégée par rapport aux systèmes immergés Le coût d'un radar peut être supérieur à celui des autres capteurs
Puit muni de flotteurs contreponds	Puit muni d'un codeur qui permet de numériser le déplacement du flotteur La mesure du niveau à l'intérieur d'un puits peut être effectuée avec n'importe lequel des capteurs	Correspond au système historique des stations hydrométriques Attention aux efforts liés aux vitesses élevées et à présence d'embâcles

En raison de la faible dérive de la mesure dans le temps et de la robustesse du système par rapport aux autres équipements, nous préconisons **l'installation d'une sonde type « radar »**.

- **Equipements connexes**

Fréquence d'acquisition : le système d'acquisition permet le stockage des données brutes. Pour des rivières de plaine, le pas de temps d'enregistrement est usuellement entre **15 et 30 min**.

Transmission des données : la transmission des données enregistrées peut être effectuée par ligne téléphonique (en voie d'abandon par les fournisseurs), par réseau (GSM, GPRS), par satellite, par radio (pour les bassins versants rapides) ou ADSL.

Alimentation en énergie : L'alimentation peut être assurée par le réseau électrique lorsque celui-ci est disponible, ou par énergie solaire. Dans le cas où l'implantation se ferait sur le radier du clapet, un **fourreau électrique présent à proximité de la prise d'eau actuelle est disponible, et pourra donc être utilisé**.

Armoire de commande : Elle doit être située au-dessus du niveau de submersion en cas de crue afin de maintenir le service.

7.4. SEUIL HYDROMETRIQUE

7.4.1. PRINCIPE

Comme vu précédemment, le tronçon de mesure doit impérativement être rectiligne avec un écoulement uniforme et avoir des vitesses pas trop rapides pour une mesure de hauteur d'eau stable à l'amont d'un seuil ou sur un tronçon chenalisé.

L'incertitude relative des bas débits calculés par une courbe de tarage hauteur-débit est en général forte, à cause d'un manque de stabilité et/ou de sensibilité du contrôle hydraulique des bas débits. Une section de contrôle naturelle est souvent plate sur tout ou partie de la largeur du cours d'eau, ce qui entraîne une lame déversante très faible à l'étiage. Une variation significative du débit ne provoque alors qu'une faible variation du niveau d'eau, qui est le paramètre mesuré avec une incertitude de quelques millimètres à quelques centimètres.

Pour pallier ce problème, il sera mis en place **une section de contrôle artificielle** (seuil hydrométrique), en aval du point de mesure du niveau d'eau ;

Pour améliorer la sensibilité du contrôle à bas débit, **il faut que le seuil ait une crête incurvée (dans le plan vertical) ou qu'il comporte un rétrécissement ou une échancrure**, de façon à ce que la largeur au miroir se réduise à mesure que le débit diminue.

7.4.2. PROPOSITION D'AMENAGEMENT

Une section de contrôle **de 1 m de long** sera installée en aval du pont de la RD174. Cette dernière présentera en son centre une échancrure rectangulaire **de 20 cm de haut et 4m de large** permettant ainsi de stabiliser le profil. Le point bas de la section sera calé à partir du radier en aval qui tient la ligne d'eau. L'échancrure (Fig. 12) permettra de concentrer les écoulements au fur et à mesure que le débit diminue, afin d'améliorer la précision de la mesure. Cette échancrure permettra de concentrer jusqu'à environ 570 l/s, ce qui comprend le débit réservé et donc la plage de débit critique.

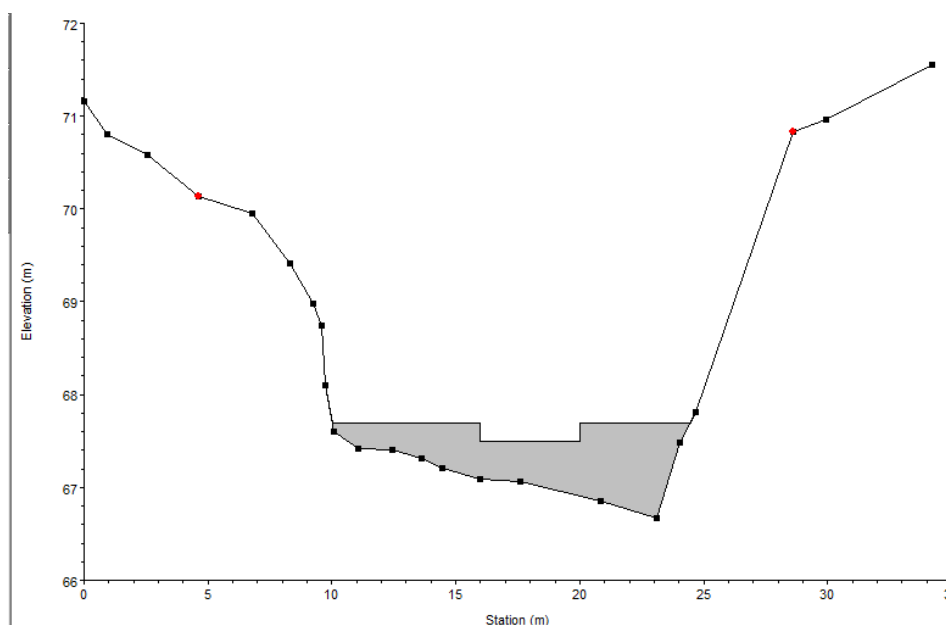


Fig. 12. Représentation du seuil avec échancrure sous HEC-RAS

8. VERIFICATION DU MAINTIEN DE LA CONTINUITE ECOLOGIQUE

L'objectif de ce chapitre est de vérifier que la continuité écologique est assurée au droit de l'aménagement proposé au chapitre précédent. Pour cela nous nous reposons sur le guide d'Informations sur la Continuité Ecologique (ICE), qui présente les paramètres à respecter pour chaque espèce migratrice ainsi que des protocoles standardisés. Dans le cadre de cette étude, les espèces cibles définies par l'article L214.17 du code de l'environnement au niveau du site d'étude sont :

• Le Saumon Atlantique,		 Espèces migratrices sauteuses
• La Truite de mer,		
• La Truite fario,		
• L'Alose		
• La Lamproie fluviatile		
• La Lamproie marine,		
• L'Anguille européenne.		

Au regard des espèces cibles retenues, les critères écologiques suivants seront retenues :

- Tirant d'eau minimum : **0,2 m** ;
- Vitesse maximum d'écoulement : **2 m/s**.

Les anguilles **ont une capacité de nage limitée (< 1 m/s)**, mais peuvent franchir les ouvrages par reptation dans les zones de faibles hauteurs d'eau et de faibles courants.

8.1. ANALYSE DES VITESSES ET HAUTEUR D'EAU

Pour s'assurer que le dispositif proposé respecte la continuité écologique et soit franchissable par l'ensemble des espèces cibles retenues, il est nécessaire d'analyser précisément les vitesses d'écoulement et les hauteurs d'eau au droit de ce dernier.

Pour cela, une **modélisation complémentaire a été réalisée sous le logiciel CAPRIS**. Ce logiciel développé par ARTELIA permet d'obtenir une meilleure précision concernant les vitesses d'écoulement.

La Fig. 13 présente les lignes d'eau obtenues pour différentes valeurs de débit au droit du seuil hydrométrique

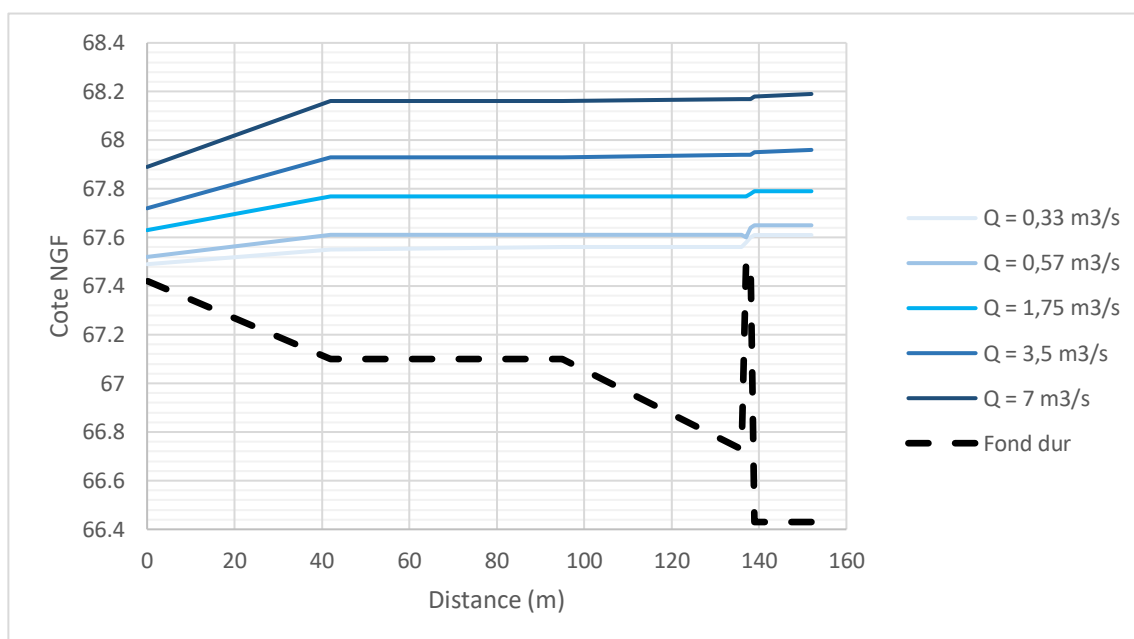


Fig. 13. Ligne d'eau obtenue au droit du seuil hydrométrique en fonction du débit

Le Tabl. 8 - synthétise les vitesses d'écoulement et la hauteur d'eau en fonction du débit en amont et en aval du seuil hydrométrique.

Tabl. 8 - Synthèse des vitesses d'écoulement et hauteur d'eau en fonction du débit

Débits (m ³ /s)	Echancrure	Vitesse (m/s)	Hauteur d'eau (m)
0,33	Amont	0,52	0,15
	Aval	0,75	0,14
0,57	Amont	0,57	0,22
	Aval	0,86	0,20
1,75	Amont	0,59	0,39
	Aval	0,61	0,38
3,5	Amont	0,59	0,55
	Aval	0,60	0,54
7,0	Amont	0,63	0,79
	Aval	0,63	0,78

On constate que pour la valeur du QMA5 (330 L/s) jusqu'à 570 L/s, la hauteur d'eau est inférieure à 20 cm qui est la valeur seuil du passage du saumon atlantique. Cependant, la période d'étiage (période estivale) ne correspond pas à la période de migration préférentielle des salmonidés. De plus les saumons effectuent généralement leur montaison lors des coups d'eau.

La période classique des étiages ne correspond pas non plus à la période de migration préférentielle des lamproies. De plus, les lamproies ont la capacité de se ventouser aux parois du seuil pour le franchir.

8.2. ANALYSE DE LA CHUTE

Pour cette partie notre démarche est celle préconisée par le guide d'Informations sur la Continuité Ecologique (ICE) rédigé par l'OFB.

Les obstacles verticaux ou quasi verticaux provoquent généralement des chutes que les espèces ne peuvent franchir que grâce à leur capacité de saut. Cependant, les espèces non sauteuses peuvent franchir une chute lorsque cette dernière répond à plusieurs critères à savoir :

- L'écoulement doit être dit de « surface » ($DH < 0.5H$) ;
- La hauteur d'eau sur le seuil doit être suffisant pour permettre la nage du poisson ($H > H_{min}$) ;
- La fosse en pied de seuil doit être suffisante ($H_f > H_{min}$).

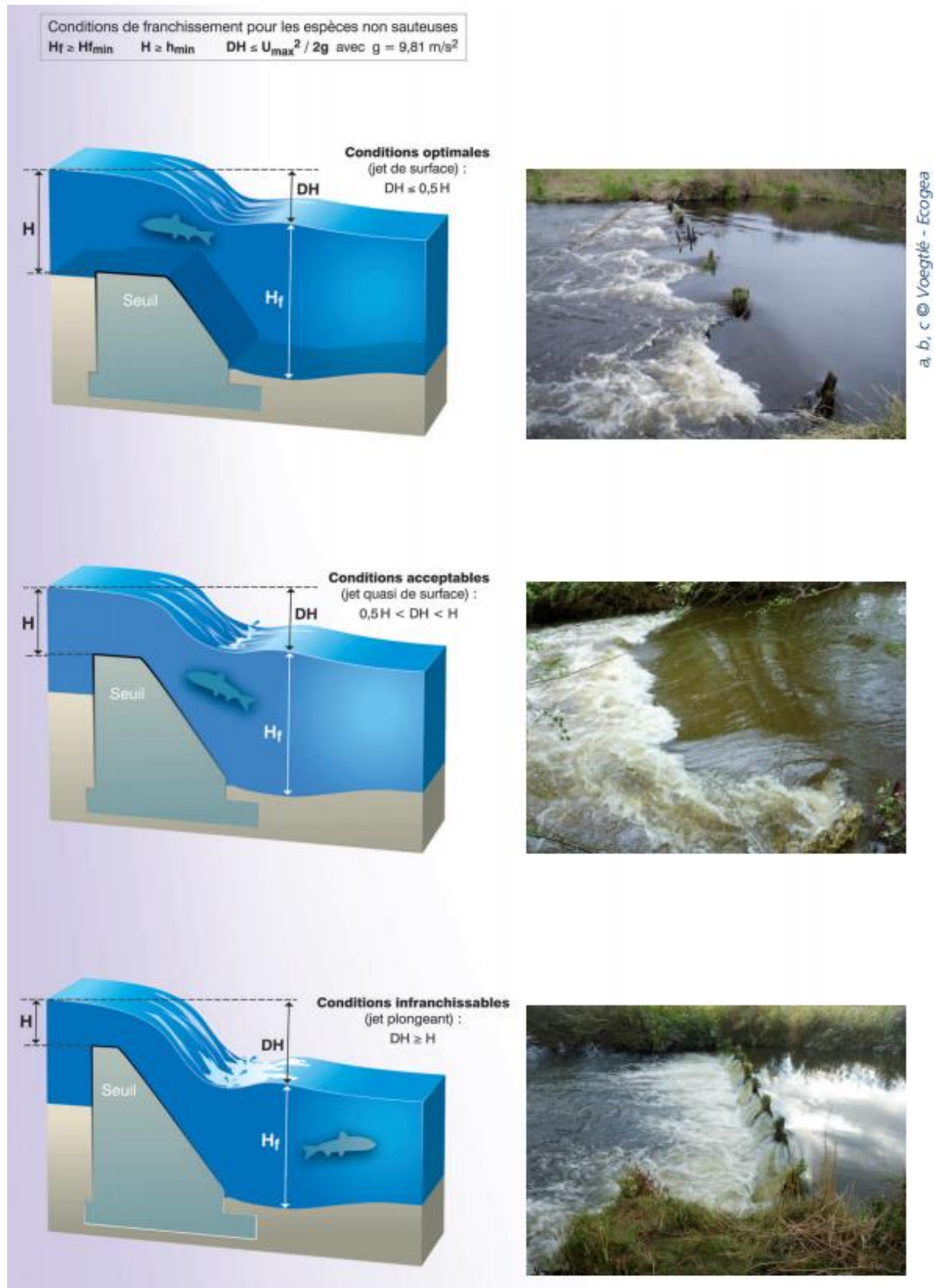


Fig. 14. Détermination du type de jet (d'après guide ICE)

Ces différents critères sont présentés dans le Tabl. 9 - . Les différentes hauteurs d'eau ont été mesurées à partir du modèle HEC-RAS. Ainsi, pour l'intégralité des débits présentés, la chute provoquera des jets de surface, ce qui donnent les conditions optimales pour le franchissement piscicole.

La Tabl. 10 - présente la hauteur de fosse nécessaire en pied de chute de l'ouvrage. Dans tous les cas de figure la hauteur H_f est largement supérieure à la hauteur de fosse nécessaire.

Tabl. 9 - Récapitulatif des différents types d'écoulement

Débit (m ³ /s)	H (m)	H _f	DH (m)	0.5H	Type de jet
0,33	0.16	0.92	0.01	0.08	Jet de surface
0,57	0.22	0.97	0.02	0.11	Jet de surface
1,75	0.49	1.15	0.02	0.245	Jet de surface
3,5	0.56	1.31	0.02	0.28	Jet de surface
7,0	0.79	1.55	0.02	0.395	Jet de surface

Tabl. 10 - Synthèse profondeurs de fosse minimum en fonction de la hauteur de chute

Chute DH (m)	Hauteur de fosse nécessaire (H _{fmin}) en pied de chute verticale ou quasi-verticale (>150%)
≤ 0,25	0,30 m
]0,25 - 0,50]	0,45 m
]0,50 - 0,75]	0,70 m
]0,75 - 1,00]	0,85 m

Les vitesses d'écoulement sont inférieures à 1m/s peu importe le débit. Le franchissement des espèces cibles est assuré même en étiage sévère. Le type de chute ainsi que la hauteur de fosse sont adaptées. Le seuil pour la station hydrométrique permettra la continuité écologique.

9. DETERMINATION DE LA COURBE DE TARAGE

9.1. HYDROGRAMME THEORIQUE SIMULE

A partir du modèle hydraulique construit précédemment, une courbe de tarage a été extraite en simulant un hydrogramme théorique qui évolue de 25 l/s à 28 m³/s. Chaque palier fait l'objet d'une stabilisation afin que la ligne d'eau obtenue soit parfaitement stable.

9.2. COURBE DE TARAGE OBTENU

La courbe de tarage présentée en Fig. 15 a été obtenue en croisant, pour chaque valeur de débit, la hauteur d'eau obtenue à partir du limnigramme calculé par le modèle hydraulique. Fig. 16 présente quant à elle la courbe de tarage calée en altimétrie.

Cette **courbe de tarage est valide pour une gamme de débit comprise entre 50 L/s à 570 L/s qui correspond au plein bord de l'échancrure**. Au-delà, la précision de la mesure risque de ne pas être satisfaisante du fait que l'échancrure devient plane. De fait, pour une hausse importante du débit, la hauteur évoluera peu. Cette courbe de tarage devra faire l'objet d'une validation après travaux à l'aide de jaugeages. Ainsi une courbe de tarage uniquement au niveau de l'échancrure est présentée en Fig. 17 et la courbe de tarage calée en altimétrie pour la l'échancrure en Fig. 18

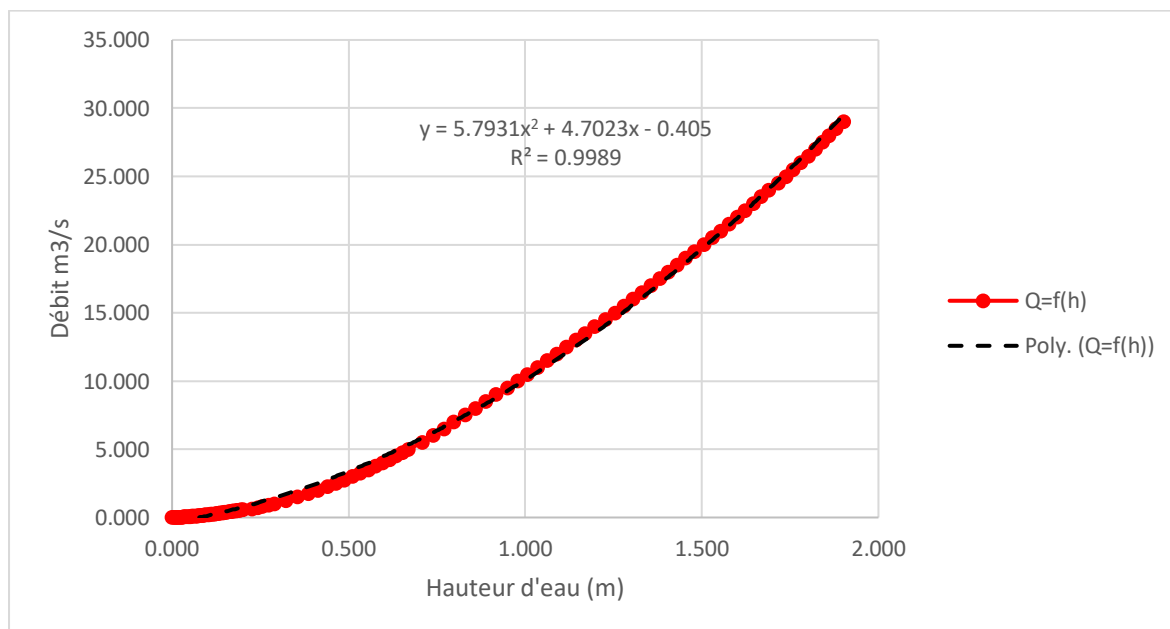


Fig. 15. Courbe de tarage $Q=f(h)$

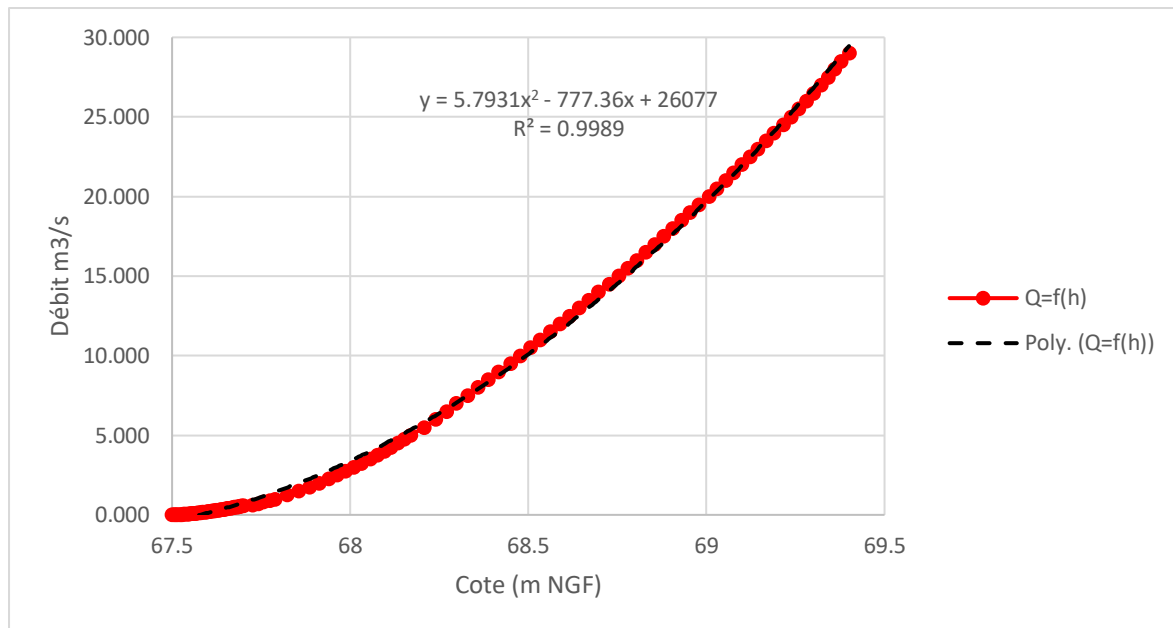


Fig. 16. *Courbe de tarage calée altimétriquement*

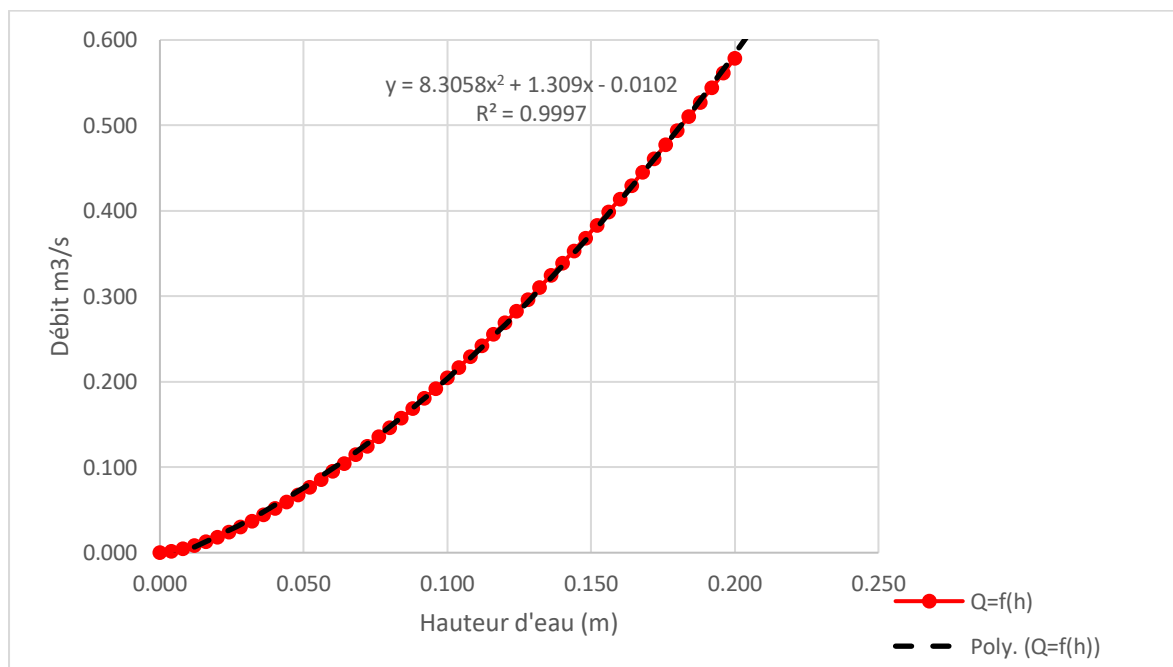


Fig. 17. *Courbe de tarage de l'échancrure*

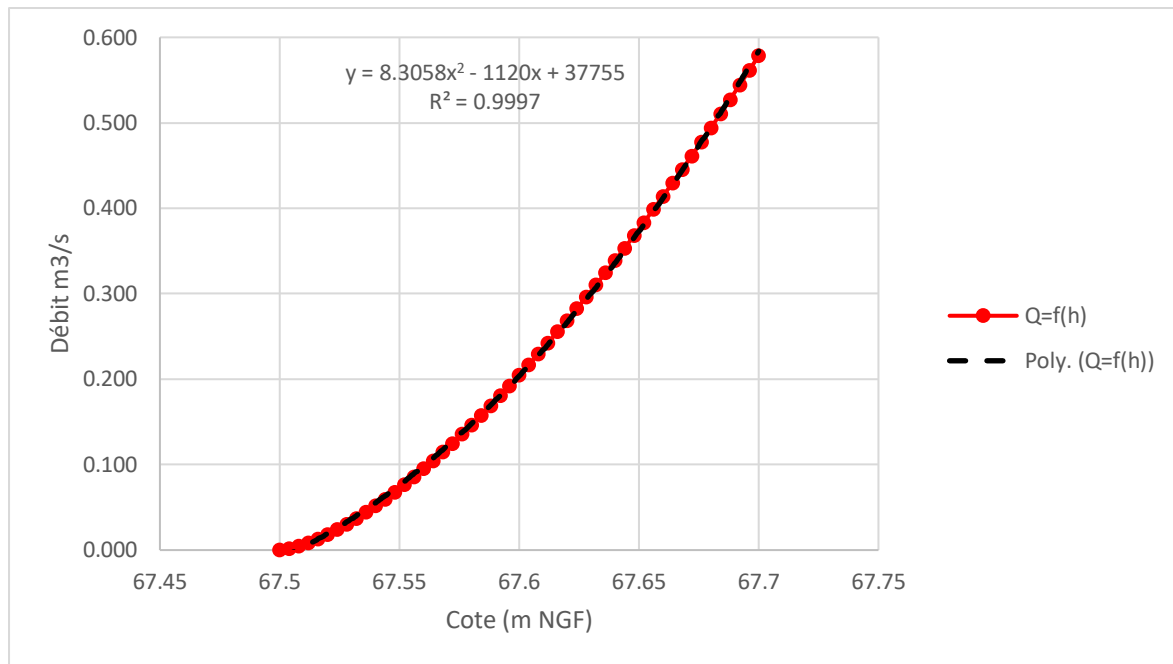
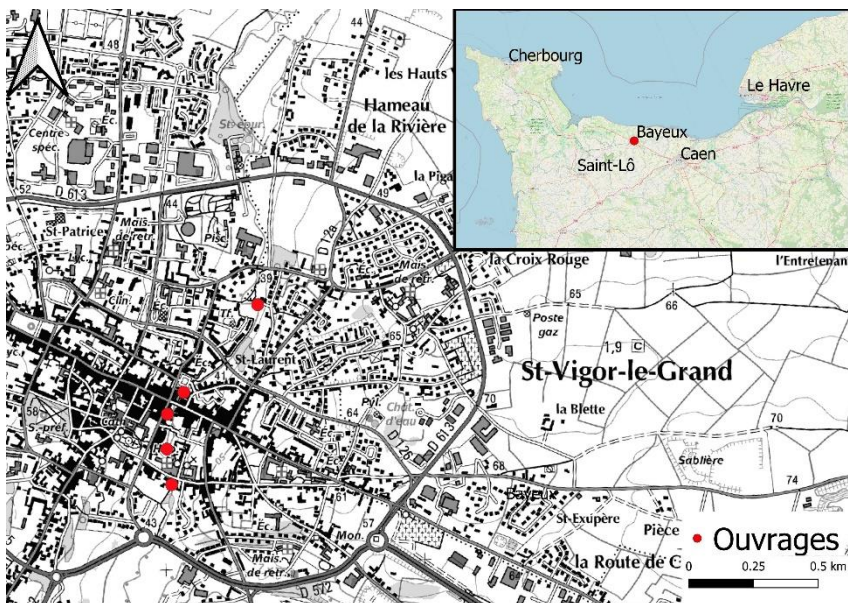


Fig. 18. *Courbe de tarage calée altimétriquement au niveau de l'échancrure*

ANNEXE 1 Autres missions

Maitrise d'œuvre relative à l'aménagement de quatre ouvrages hydrauliques		COMMUNE DE BAYEUX	Bayeux
Présentation de la mission	Localisation		
Dans le cadre de la restauration de la continuité écologique fixée par la Directive Cadre sur l'Eau, la commune de Bayeux propose une étude sur cinq seuils présents dans son centre-bourg. L'objectif est de rendre chacun des ouvrages franchissables aux anguilles européennes et aux truites fario. Deux de ces ouvrages présentent des roues à eau qui devront rester fonctionnelles toute l'année. Ce projet s'inscrit dans un contexte urbain très important et un enjeu patrimonial très fort, dont plusieurs monuments classés dans le périmètre des ouvrages. A la suite d'un diagnostic complet, Artelia devra proposer des solutions d'aménagement sur chacun des ouvrages alliant insertion paysagère en contexte urbain, continuité piscicole et respect réglementaire.			
Missions réalisées durant le stage			
• Participation à la rédaction du rapport d'état des lieux et d'Avant-Projet • Réalisation cartographique • Participation à la campagne de terrain du 6 au 9 juillet 2020 • Rédaction de la note hydrologique à destination de la DREAL (problème de perte karstique).			
Plans et Illustrations			
			
<u>Moulin de Coisel</u>			



Vannage Aval de l'Hopital



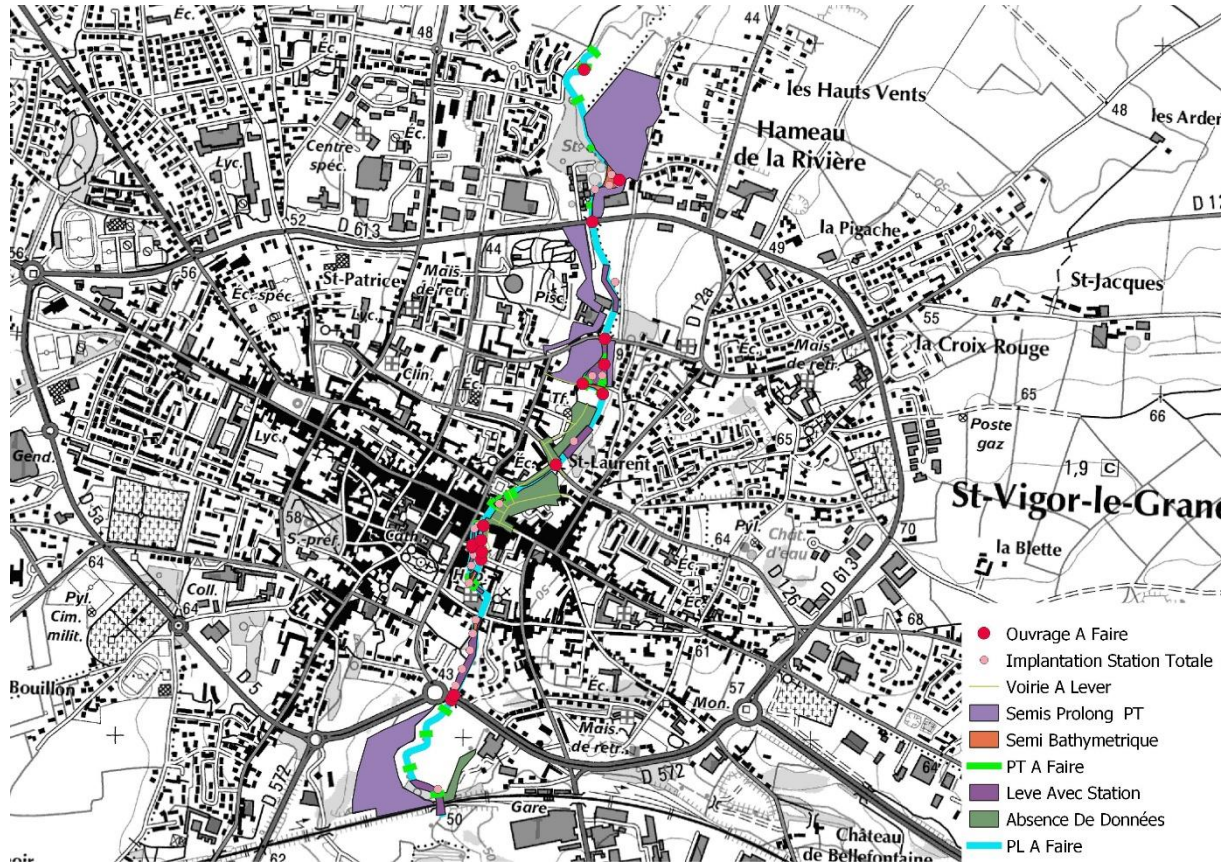
Bief des Tanneurs



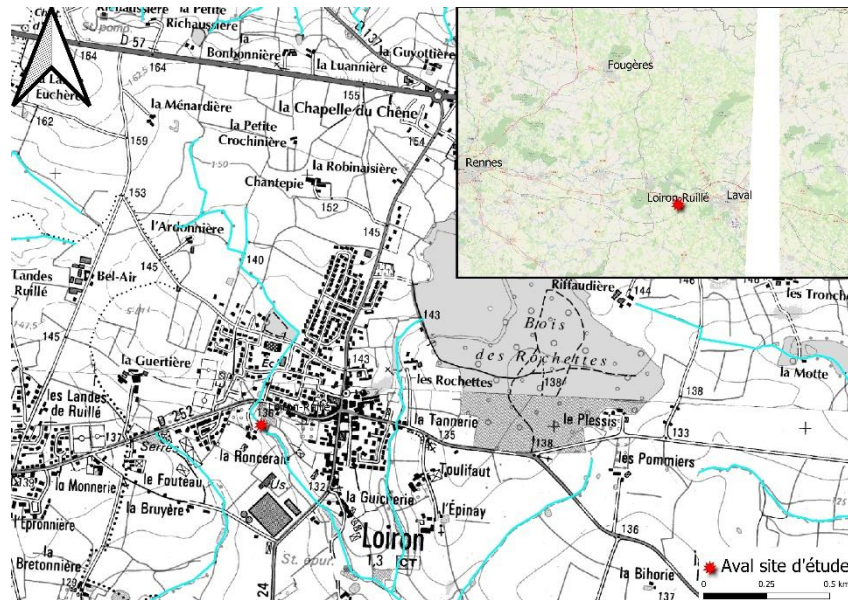
Moulin de Croqueviel



Moulin Renard



Synthèse de localisation des opérations à effectuer sur le terrain

Etude pour la réduction et la prévention de la vulnérabilité aux inondations du bourg de Loiron-Ruillé et rétablissement de la continuité écologique du ruisseau de l'Ardonnière et d'un plan d'eau privé		SYNDICAT DU BASSIN DE L'ODON	Loiron
Présentation de la mission		Localisation	
Le 9 juin 2018, un épisode pluvieux-orageux a touché la commune de Loiron-Ruillé impactant une quarantaine de bâtiments. La commune a fait l'objet d'une reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle. Lors de cet évènement, le ruisseau de l'Ardonnière a connu des débordements importants. Ce ruisseau semble de plus en plus souvent sortir de son lit ce qui inquiète la commune qui projette l'extension de l'urbanisation sur le bassin versant amont. Le ruisseau est busé pour traverser le secteur urbanisé puis ressort au droit d'un plan d'eau privé qui a été vidangé en 2019 du fait de son caractère irrégulier au titre de la loi sur l'eau. Ce plan d'eau présente un ancien barrage qui soutient une route départementale en entrée d'agglomération. Artelia est mandaté pour déterminer l'impact de ce plan d'eau sur le comportement du cours d'eau en crue et pour proposer une remise en état du site en présentant des aménagements dans le sens de la continuité écologique, la restauration des milieux aquatiques et la réduction de la vulnérabilité aux inondations.			
Missions réalisées durant le stage			
• Participation à la rédaction du rapport d'état des lieux et d'Avant-Projet • Participation à la réalisation du cahier des charges topographiques • Participation à la réunion de démarrage le 17 juin 2020 • Participation à la campagne de terrain le 25 juin 2020			
Plans et Illustrations			
			
Reste de l'ancien plan d'eau			



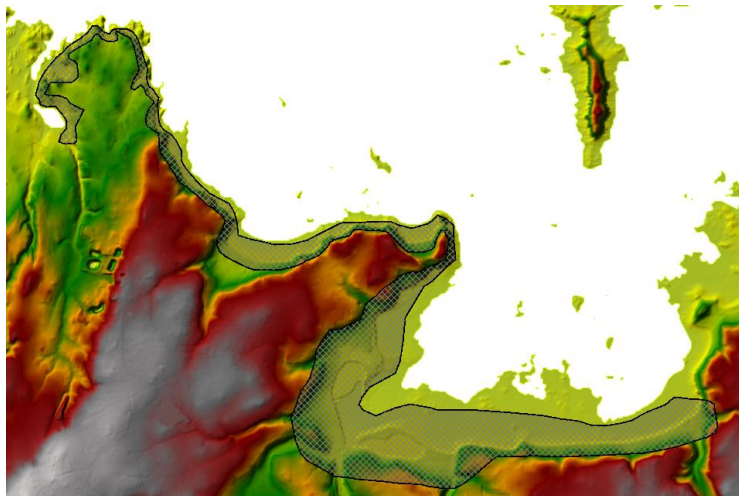
Début de l'ouvrage passant sous la D252

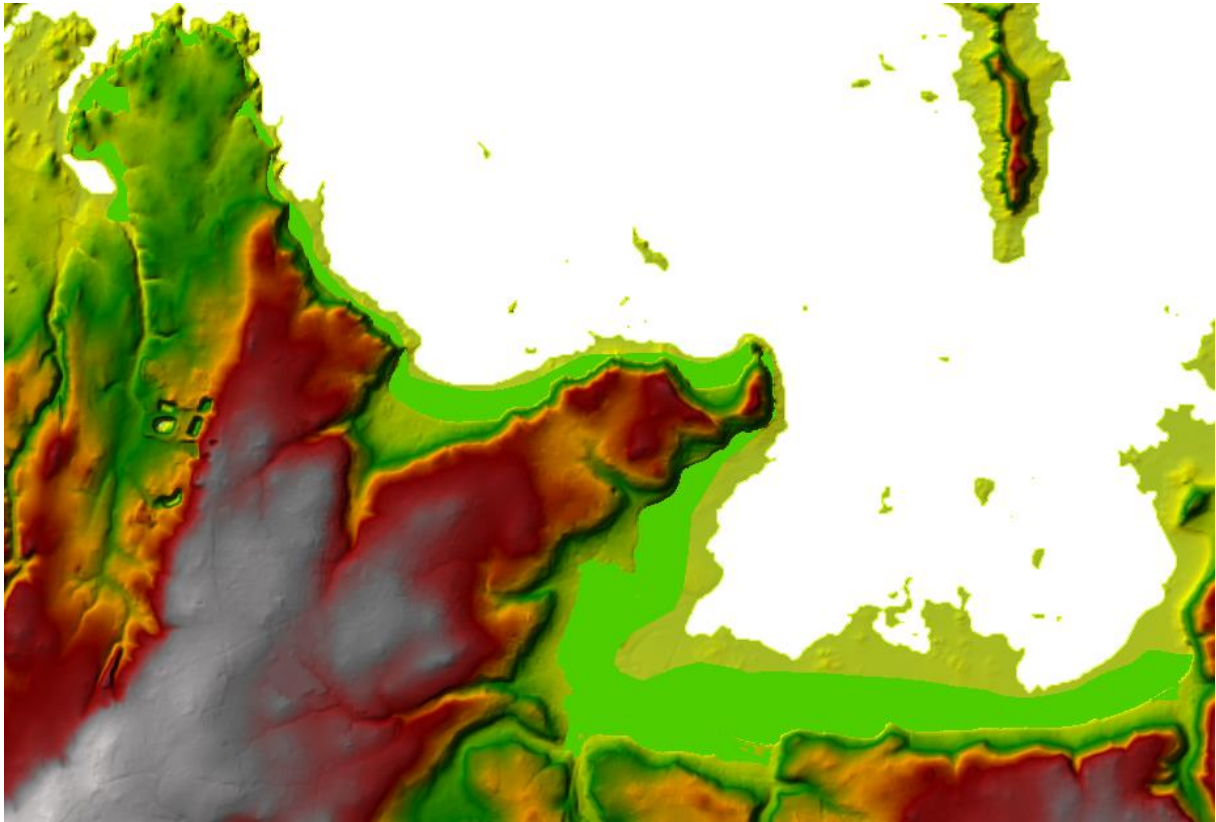


Début du busage sous la ville



Maison inondée lors de la crue de juin 2018

ELABORTATION D'UN PPRL-I		COMMUNE DE PERROS-GUIREC	Perros-Guirec et Louannec
Présentation de la mission		Localisation	
Cette mission porte sur l'élaboration d'un plan de prévention des risques littoraux et d'inondation (PPRL-i) sur les communes de LOUANNEC et PERROS-GUIREC. Ce plan induit une phase d'identification de l'ensemble des données essentielles au bon déroulement de l'étude (climatologie, description du bassin, géologie, description du bassin versant), et une analyse du site (submersion marine, franchissement d'ouvrage, érosion, crue).			
Missions réalisées durant le stage			
• Réalisation du modèle de submersion marine (HEC-RAS 2D) • Calcul des débits de franchissements d'ouvrages • Réalisation du modèle de franchissement d'ouvrage (HEC-RAS 2D) • Réalisation de l'évolution de l'érosion du trait côte (analyse diachronique) avec et sans prise en compte du changement climatique (formule de Bruun)			
Plans et Illustrations			
			
<u>Modèle de submersion marine (HEC-RAS 2D)</u>			



Résultat de la submersion

▪ Méthode de TAW:

$$\frac{q}{\sqrt{g H_{m0}^3}} = \frac{A}{\sqrt{\tan \alpha}} \gamma_b \xi_{m-1,0} \exp \left(-B \frac{R_c}{H_{m0}} \frac{1}{\xi_{m-1,0} \gamma_b \gamma_f \gamma_\beta} \right)$$

Pente de la plage

Paramètre du déferlement

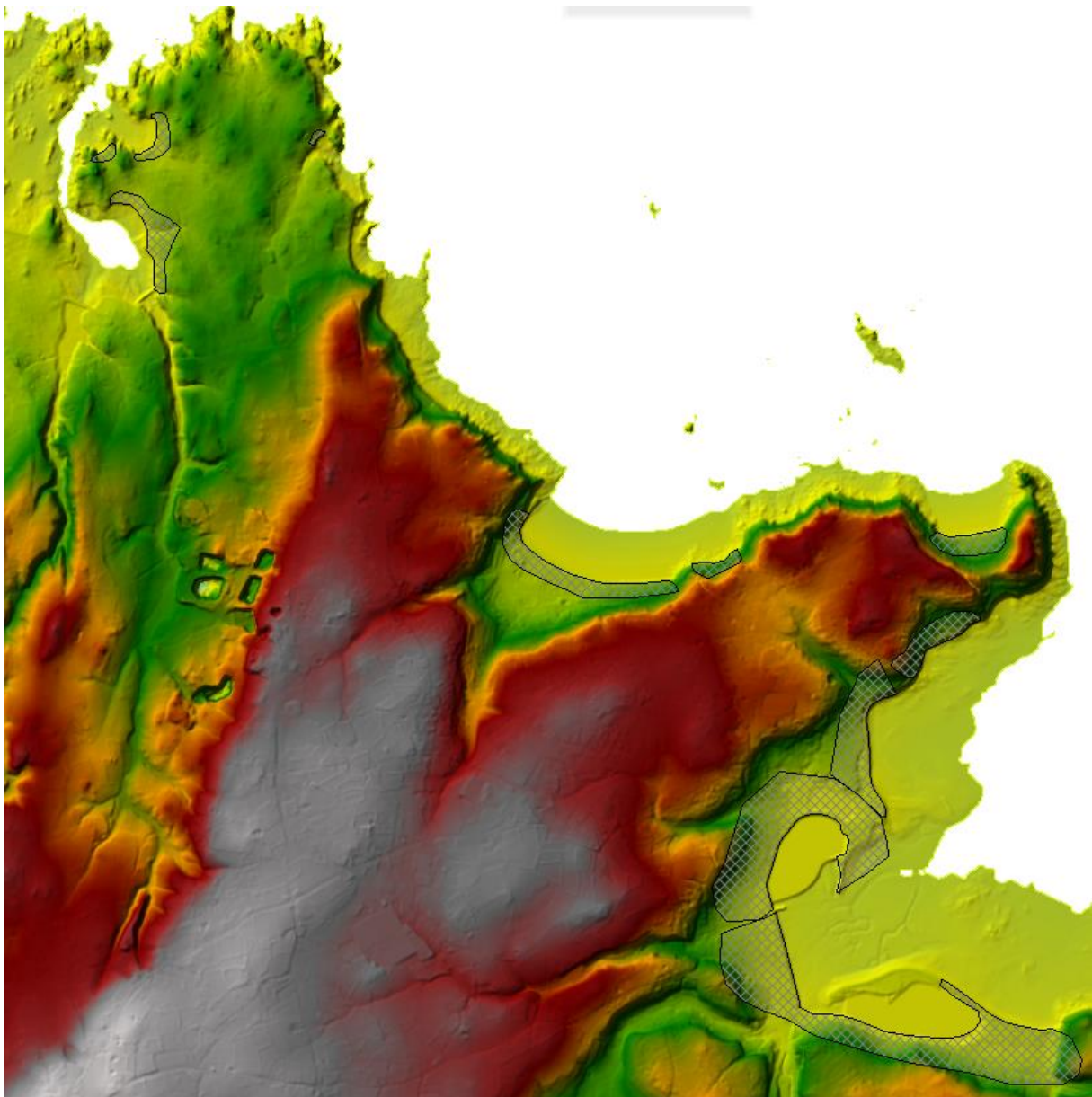
$$\xi = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{H_{m,0}/L_0}} = \frac{\tan \alpha \cdot \sqrt{g \cdot T^2}}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot H_{m,0}}}$$

Hauteur de houle (Goda 2000)

$$\frac{H_b}{hb} = \frac{A}{hb/L_0} \left\{ 1 - \exp \left[-1.5 \pi \cdot \frac{hb}{L_0} \left(1 + 15 s^{4/3} \right) \right] \right\}$$

Hauteur d'eau
=
Niveau d'eau - côte de plage considérée

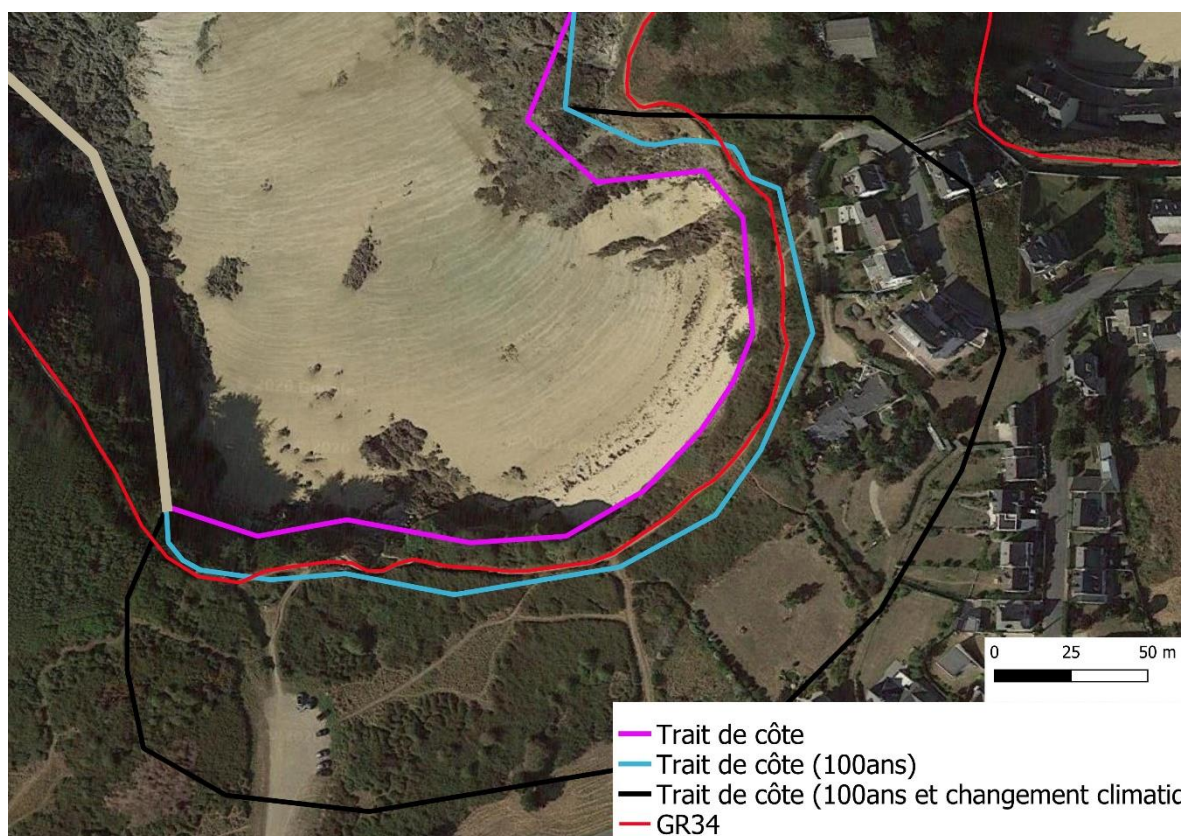
Formule de TAW utilisée pour le franchissement d'ouvrage



Modèle du franchissement d'ouvrage (HEC-RAS 2D)

Plan de Prévention des Risques Littoraux et d'inondation des communes de Pléneuf-Val-André et Erquy		DIRECTION DEPARTEMENTALE DES TERRITOIRES DE LA MER DES COTES D'ARMOR	Pléneuf-Val-Andre et Erquy
Présentation de la mission		Localisation	
Cette mission porte sur l'élaboration d'un plan de prévention des risques littoraux et d'inondation (PPRL-i) sur les communes de LOUANNEC et PERROS-GUIREC. Ce plan induit une phase d'identification de l'ensemble des données essentielles au bon déroulement de l'étude (climatologie, description du bassin, géologie, description du bassin versant), et une analyse du site (submersion marine, franchissement d'ouvrage, érosion, crue).			
Missions réalisées durant le stage			
• Calcul de l'évolution du trait de côte de 1929 à 2013 • Calcul du changement climatique sur la prochaine décennie (Formule de Bruun) • Cartographie de l'évolution du trait de côte sur 100 ans avec et sans prise en compte du changement climatique • Rédaction de la partie érosion sur le rapport de la partie 2			
Plans et Illustrations			
			

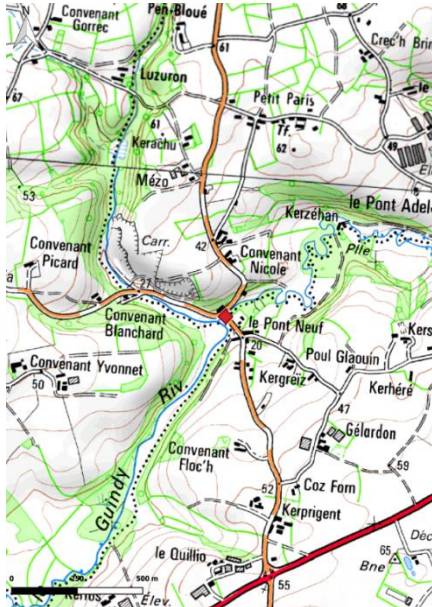
Evolution du trait de côte à diverses années au niveau de la plage du Guen



Evolution du trait de côte au niveau de l'Anse du Pisso



Exemple de l'atlas cartographique trait de côte calculé

Etude préalable à l'aménagement du Pont Neuf sur le Guindy en vue de la restauration de la continuité écologique		DEPARTEMENT DES COTES D'ARMOR	Camlez, Plouguiel, Minihi-Tréguier
Présentation de la mission		Localisation	
Le pont Neuf situé sur la rivière du Guindy est en limite de 3 communes et fait partie des nombreux ouvrages hydrauliques sous Maîtrise d'ouvrage du Département des Côtes d'Armor. Cet ouvrage est référencé dans la base du Référentiel des Obstacles à l'Écoulement et est classé sur un tronçon en liste 2 au titre de l'article L214-17 du Code de l'Environnement et doit par conséquent respecter les conditions de libre continuité écologique. Cette étude comprend un état des lieux de la situation initiale avec une proposition de scénario d'aménagements en première partie. En seconde partie, une étude plus détaillée du scénario retenu.		 	
Missions réalisées durant le stage			
• Réalisation du mémoire technique en réponse à l'appel d'offre public • Réalisation des différentes cartographies du mémoire • Réalisation du chiffrage et planning			
Plans et Illustrations			
Informations confidentielles			



POLYTECH[®]
TOURS

35 ALLÉE FERDINAND DE LESSEPS
37200 TOURS

Clément Gardien

2019-2020

Etude pour la mise en place d'une station hydrographique en aval d'une prise d'eau potable :

A la suite de la mise en place d'un arrêté préfectoral, le SDeau50 qui exploite la Sélune à Milly pour produire de l'eau potable doit mettre en place une station hydrométrique respectant le débit réservé du cours d'eau. Ce dernier a mandaté le bureau d'étude ARTELIA afin de réaliser l'étude et proposer un aménagement en rivière compatible avec les exigences de l'arrêté mais également avec la continuité écologique.

Ce rapport, présentera le type de station hydrométrique choisit, sa localisation, une proposition d'aménagement appuyée par une modélisation hydraulique (HEC-RAS 1D) ainsi que la vérification du maintien de la continuité écologique.

Mots Clés : SDeau50, station hydrométrique, continuité écologique, modèle hydraulique, seuil avec échancrure

Artelia Villes et Territoires: 8 avenue des Thébaudières
44815 Saint Herblain

Tuteur entreprise : Yann Gasowski Directeur Adjoint Hydraulique

Tuteur académique : Pierre Peeters