



HAL
open science

Réalisation d'un avant-projet : mission de maîtrise d'œuvre pour la réalisation de travaux de gestion et de restauration de la Chée et de la Nausonce (55)

Anaïs Dubois-Canuet

► To cite this version:

Anaïs Dubois-Canuet. Réalisation d'un avant-projet : mission de maîtrise d'œuvre pour la réalisation de travaux de gestion et de restauration de la Chée et de la Nausonce (55). Sciences de l'ingénieur [physics]. 2021. dumas-03602450

HAL Id: dumas-03602450

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03602450>

Submitted on 9 Mar 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Réalisation d'un Avant-Projet

Mission de maîtrise d'œuvre pour la réalisation de travaux de gestion
et de restauration de la Chée et de la Nausonce (55)



Du 01 mars au 31 août 2021

Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur de l'ENGEES

Anaïs DUBOIS-CANUET
Promotion Liège_ 2018-2021

Remerciements

Je tiens à remercier l'ensemble du personnel du bureau d'études IRH Ingénieur Conseil pour leur accueil au sein de l'entreprise, leur sympathie, les nombreux échanges et les découvertes que j'ai pu faire à leurs côtés.

Je remercie tout particulièrement ma tutrice de stage, Carine PARISOT, pour sa présence, son soutien, sa patience et toutes les connaissances qu'elle a pu m'apporter durant la totalité de mon stage.

Je tiens également à remercier Blandine COLLANGE pour le partage de son expérience et sa confiance.

Merci à Alice ROBERT de m'avoir aidé durant toute la durée du stage et de m'avoir accompagnée sur certains projets et sur le terrain.

Plus généralement, je remercie tout le service eau d'IRH Nancy pour sa bonne humeur et tous les moments passés ensemble.

Merci également à Pierre-Antoine AUDEON pour son soutien et ses encouragements durant ces six mois de stage.

Résumé

Réalisation d'un Avant-Projet pour une mission de maîtrise d'œuvre pour la réalisation de travaux de restauration et de gestion de la Chée et de la Nausonce (55)

La Communauté de Communes de l'Aire à l'Argonne, située dans la Meuse, souhaite effectuer des travaux de gestion et de restauration de deux cours d'eau situés sur son territoire : la Chée et un de ses affluents, la Nausonce. Un diagnostic avait déjà été réalisé en 2016 par le bureau d'études SINBIO. Puis le bureau d'études IRH Ingénieur Conseil a été missionné pour réaliser la mission de maîtrise d'œuvre, en commençant par la phase d'Avant-Projet.

La phase d'Avant-Projet se décline en plusieurs grandes parties : la reconnaissance du terrain qui permet d'appréhender le secteur et de cerner les enjeux ; l'ajustement des travaux anciennement préconisés par le bureau d'études SINBIO ; une étude hydrologique qui permettra de connaître les débits de crue et d'étiage des cours d'eau permettant le dimensionnement des aménagements, les aménagements proposés sont ensuite chiffrés pour permettre au maître d'ouvrage de connaître l'enveloppe financière nécessaire à la réalisation du programme de travaux.

Cette dernière partie a été réalisée sur une autre mission de restauration de cours d'eau du fait de l'absence de données topographiques.

Les propositions d'aménagement présentées dans ce mémoire ne sont pas les propositions finales car il est nécessaire d'obtenir les levés topographiques pour pouvoir terminer le dimensionnement. Toutefois, ce mémoire présente une méthodologie d'actions à entreprendre pour un projet de restauration et de gestion de cours d'eau ainsi que la démarche à suivre pour dimensionner ces actions.

Abstract

Realization of a Pre-Project for a project management mission for the realization of restoration work and management of the Chée and the Nausonce (55)

The Communaute de Communes de l'Aire à l'Argonne, located in the Meuse, wishes to carry out management and restoration work on two water courses located on its territory: the Chée and one of its tributaries, the Nausonce. A diagnosis had already been made in 2016 by the SINBIO design office. It is now the design office IRH Consulting engineer who is tasked to continue the project management mission, starting with the Pre-project phase.

The Pre-Project phase is divided into several main parts: the field recognition that makes the understanding of the sector possible and to identify the issues; the adjustment of the work formerly recommended by the SINBIO design office; a hydrological study that will allow to know the flows of flood and low water of the two water courses; and a dimensioning part including a financial estimation of the total cost of the works.

This last part was made on another river restoration mission because of the lack of topographical datas.

The development proposals presented in this submission are not final proposals because it is necessary to obtain the topographical surveys in order to complete the design. However, this brief presents a methodology of actions to be undertaken for a water course restoration and management project and the approach to follow to size these actions.

Table des matières

Remerciements	3
Résumé	4
Abstract.....	4
Tables des figures, tableaux et équations	8
Symboles et abréviations	11
Introduction	12
1 Généralités	13
1.1 Généralités sur les cours d'eau	13
1.1.1 Description d'un cours d'eau ^[1]	13
1.1.2 Dynamique et équilibre d'un cours d'eau	13
1.1.2.1 Équilibre entre sédiments et eau ^[2]	13
1.1.2.2 Mobilité des berges ^[3]	14
1.1.2.3 Mobilité d'un cours d'eau	16
1.1.2.4 Rôle de la ripisylve ^[4]	16
1.1.2.5 Continuité écologique	18
1.1.2.6 Ouvrages ^[6]	18
1.1.2.7 Trame Verte et Bleue ^[7]	19
1.2 La restauration de cours d'eau ^{[8] [9]}	19
1.2.1 Les grands types de restauration	20
1.2.2 Études préalables à la restauration.....	21
1.2.2.1 La reconnaissance terrain	21
1.2.2.2 Les levés topographiques.....	21
1.2.2.3 Les indicateurs ^[10]	21
1.2.3 Les différentes interventions possibles.....	23
1.2.4 Éléments de suivi d'une restauration.....	24
2 Réglementations en vigueur	25
2.1 Directive-Cadre sur l'Eau ^[11]	25
2.2 Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (2006) ^[12]	25
2.3 Droit d'eau ^[13]	26
2.4 Loi Grenelle II ^[14]	26
2.5 Compétence GEMAPI ^[15]	27
2.6 NATURA 2000 ^[16]	27

3	Méthodologie du projet de restauration de cours d'eau de la Chée et de la Nausonce	28
3.1	Les différents acteurs entrant en jeu	28
3.2	Le rôle du maître d'œuvre lors des différentes phases de la mission	28
3.2.1	L'avant-projet (AVP) ^[18]	28
3.2.2	La concertation locale préalable (MC1)	29
3.2.3	La constitution du dossier réglementaire	29
3.2.3.1	Déclaration	29
3.2.3.2	Déclaration d'Intérêt Général (DIG)	29
3.2.4	Le projet (PRO)	29
3.2.5	Assistance à la passation de contrats de travaux (ACT)	29
3.2.6	VISA des documents d'exécution (VISA)	30
3.2.7	Ordonnance, pilotage et coordination (OPC)	30
3.2.8	Direction de l'exécution des travaux (DET)	30
3.2.9	Assistance lors des opérations de réception (AOR)	31
4	Rappel du contexte et des objectifs de l'étude	32
4.1	Contexte de l'étude ^[19]	32
4.2	Enjeux de l'étude	34
4.2.1	Population piscicole ^[20]	34
4.2.2	État des cours d'eau ^[21]	35
4.2.3	Zones remarquables autour du périmètre d'intervention	35
4.2.4	Contraintes	36
5	Mise en œuvre	37
5.1	Options et solution retenue	37
5.1.1	CHE – BD – 02	37
5.1.2	CHE – BG – 02	38
5.2	Récapitulatif global du programme d'action proposé par IRH	39
5.3	Étude hydrologique	39
5.3.1	Caractérisation des bassins versants	39
5.3.1.1	La Chée à Villotte-devant-Louppy	39
5.3.1.2	La Chée à Bettancourt-la-Longue	40
5.3.1.3	Exutoire du secteur d'étude et tronçons CHE-BD-06 et CHE-CP-01	41
5.3.2	Définition des débits	41
5.3.3	Résultats	41
5.3.3.1	Les débits classés	41
5.3.3.2	Le module	42
5.3.3.3	Le débit de crue	42
5.3.3.4	Le débit d'étiage	43

5.3.3.5 Puissance spécifique et auto-restauration.....	44
5.4 Descriptif des travaux proposés.....	45
5.4.1 Volet gestion/préservation	45
5.4.1.1 Travaux d'entretien.....	45
5.4.1.2 Travaux de plantation	46
5.4.1.3 Travaux de mise en défens des berges	47
5.4.2 Volet renaturation/restauration	49
5.4.2.1 Travaux d'effacement ou d'aménagement des ouvrages hydrauliques.....	49
5.4.2.2 Travaux de diversification du lit	52
6 Remarques.....	62
Conclusion.....	63
Bibliographie	64
Annexes.....	66

Tables des figures, tableaux et équations

Figure 1 : Schéma représentant la structure d'un cours d'eau	13
Figure 2 : Balance de Lane représentant l'équilibre dynamique d'un cours d'eau	13
Figure 3 : Schéma récapitulatif des différents types d'érosion.....	14
Figure 4 : Illustrations d'un glissement et d'un éboulement de berges.....	15
Figure 5 : Schéma de fonctionnement d'un méandre.....	16
Figure 6 : Schéma représentatif des strates d'une bonne ripisylve	17
Figure 7 : Schéma présentant les avantages d'une ripisylve.....	18
Figure 8 : Présentation des différents niveaux de restauration.....	21
Figure 9 : Schéma présentant le rôle des éléments dans la classification de l'état écologique	22
Figure 10 : Secteur d'étude	32
Figure 11 : Récapitulatif des actions retenues par la CCAA et leurs coûts prévisionnels	34
Figure 12 : Localisation des principaux sites de frayères à truite fario	34
Figure 13 : Sites remarquables à proximité de la zone d'étude	35
Figure 14 : Tronçon CHE-BD-02	37
Figure 15 : Ouvrages OU1 et OU2, Les-Hauts-de-Chée_17/03/2021.....	37
Figure 16 : Cours d'eau traversant une parcelle non protégée, Les-Hauts-de-Chée_17/03/2021	38
Figure 17 : Tronçon CHE-BG-02	38
Figure 18 : Zone dépourvue de végétation, Seigneulles_17/03/2021	39
Figure 19 : Seuil OU11 à supprimer, Seigneulles_17/03/2021	39
Figure 20 : Débit moyen mensuel de la Chée à Villotte-devant-Louppy en m ³ /s.....	40
Figure 21 : Débit moyen mensuel de la Chée à Bettancourt-la-Longue en m ³ /s	40
Figure 22 : Débits classés naturels de la Chée.....	41
Figure 23 : Secteurs concernés par des travaux d'entretien.....	46
Figure 24 : Secteurs concernés par des travaux de plantation	47
Figure 25 : Secteurs concernés par des travaux de mise en défens des berges	48
Figure 26 : Exemple d'ajustement du lit après effacement d'un seuil.....	49
Figure 27 : Secteurs concernés par des travaux sur les ouvrages hydrauliques	50
Figure 28 : Localisation des travaux prévus au droit du tronçon 4 de la Wiseppe	51
Figure 29 : Photos de l'ouvrage OU12 sur le tronçon n°4 de la Wiseppe	51
Figure 30 : Aménagement du profil en long pour suppression du seuil	52
Figure 31 : Illustration d'une remise en fond de talweg	53
Figure 32 : Schéma de principe de mise en place de banquettes végétalisées	53
Figure 33 : Essences d'hélophytes retenues	54
Figure 34 : Secteurs concernés par des travaux de diversification ou de Remodelage/Retalutage.....	55
Figure 35 : Secteurs à aménager à la sortie de Beaufort-en-Argonne.....	56
Figure 36 : Localisation des travaux prévus au droit du tronçon 1 et 2 de la Wiseppe	56
Figure 37 : Implantation et tracé de la remise en fond de talweg au droit des tronçons 1 et 2	57
Figure 38 : Dimensions du lit de la rivière de contournement.....	57
Figure 39 : Aménagements prévus au droit du profil en travers des tronçons 1 et 2 de la Wiseppe	58
Figure 40 : Photos du tronçon n°6 de la Wiseppe.....	59
Figure 41 : Localisation des travaux prévus au droit du tronçon 6 de la Wiseppe	59
Figure 42 : Dimensions des aménagements prévus au droit du profil P35	60
Figure 43 : Vue en plan des aménagements prévu au droit du tronçon n°6 de la Wiseppe	60
Figure 44 : Tronçon CHE-BD-01	67
Figure 45 : Tronçon CHE-BD-03	68
Figure 46 : Passage à gué bétonné impactant OU3, Les-Hauts-de-Chée_17/03/2021.....	68
Figure 47 : Zones dépourvues de ripisylve à gauche et embâcles à droite, Les-Hauts-de-Chée_17/03/2021	69
Figure 48 : Tronçon CHE-BD-RD-06	69
Figure 49 : Zone humide ZH-CHE-02, Les-Hauts-de-Chée_17/03/2021.....	70
Figure 50 : Tronçon CHE-BD-04	70

Figure 51 : OU4 et OU5, Les-Hauts-de-Chée_ 17/03/2021.....	71
Figure 52 : Seuil OU6 détruit à gauche et canalisation à droite, Les-Hauts-de-Chée_ 17/03/2021	71
Figure 53 : Berges dépourvues de végétation et piétinement, Les-Hauts-de-Chée_ 17/03/2021	71
Figure 54 : Tronçon CHE-BD-05	72
Figure 55 : Seuil OU7, Les-Hauts-de-Chée_ 17/03/2021	72
Figure 56 : Entretien de ripisylve, Les-Hauts-de-Chée_ 17/03/2021	73
Figure 57 : Dépôt anthropique à gauche et atterrissement à droite, Les-Hauts-de-Chée_ 17/03/2021 ..	73
Figure 58 : Zone d'implantation du passage à gué, Les-Hauts-de-Chée_ 17/03/2021	73
Figure 59 : Tronçon CHE-BD-06	74
Figure 60 : Zone d'aménagement à l'amont (à gauche) et à l'aval (à droite) de Condé-en-Barrois, Les-Hauts-de-Chée_ 17/03/2021	74
Figure 61 : OU8 à supprimer et Ancien vannage OU9 à aménager, Les-Hauts-de-Chée_ 17/03/2021.....	75
Figure 62 : ROE45865 à conserver, Les-Hauts-de-Chée_ 17/03/2021	75
Figure 63 : zone d'érosion de berge, Les-Hauts-de-Chée_ 17/03/2021	75
Figure 64 : Tronçon CHE-BG-01	76
Figure 65 : OU10 à supprimer, Seigneulles_ 17/03/2021	76
Figure 66 : Banquettes en traversée urbaine de Seigneulles, Seigneulles_ 17/03/2021.....	77
Figure 67 : Tronçon CHE-BG-03	77
Figure 68 : Ouvrages déjà supprimés, Les-Hauts-de-Chée_ 17/03/2021.....	78
Figure 69 : Buse OU12 à aménager et seuil OU13 à supprimer, Les-Hauts-de-Chée_ 17/03/2021	78
Figure 70 : Entretien de ripisylve, Les-Hauts-de-Chée_ 17/03/2021	79
Figure 71 : Zone de plantation de ripisylve et de clôtures, Les-Hauts-de-Chée_ 17/03/2021	79
Figure 72 : Tronçon CHE-BG-RD-04	79
Figure 73 : Végétation présente autours de la zone humide ZH-CHE-07, Les-Hauts-de-Chée_ 17/03/2021	80
Figure 74 : Partie non clôturée de la zone humide ZH-CHE-07, Les-Hauts-de-Chée_ 17/03/2021	80
Figure 75 : Tronçons CHE-BG-04, CHE-BG-04a et CHE-BG-04b	81
Figure 76 : Entretien de ripisylve, Les-Hauts-de-Chée_ 17/03/2021	81
Figure 77 : Tronçon CHE-CP-01	82
Figure 78 : Seuil OU14 à gauche et radier OU15 à droite, Les-Hauts-de-Chée_ 07/04/2021.....	82
Figure 79 : Seuil OU16 à supprimer, Les-Hauts-de-Chée_ 07/04/2021	83
Figure 80 : Aménagements en traversée urbaine de Louppy-sur-Chée, Louppy-le-Château_ 07/04/2021	183
Figure 81 : Tronçon CHE-CP-01a	84
Figure 82 : Seuil OU17 à supprimer, Les-Hauts-de-Chée_ 07/04/2021	84
Figure 83 : Tronçon CHE-CP-02	85
Figure 84 : Entretien de ripisylve, Louppy-le-Château_ 07/04/2021.....	85
Figure 85 : "Cascades" naturelles sur le tronçon CHE-CP-02, Louppy-le-Château_ 07/04/2021	86
Figure 86 : Passage à gué OU18, Louppy-le-Château_ 07/04/2021.....	86
Figure 87 : Ligne électrique sur le tronçon CHE-CP-02, Louppy-le-Château_ 07/04/2021.....	86
Figure 88 : Tronçon CHE-CP-03	87
Figure 89 : Zones concernées par la mise en place d'abreuvoirs, Louppy-le-Château_ 07/04/2021	87
Figure 90 : Tronçon CHE-CP-04	88
Figure 91 : Entretien de ripisylve, Villotte-devant-Louppy_ 07/04/2021	88
Figure 92 : Tronçon NAU-CP-01.....	89
Figure 93 : Entretien de ripisylve (à gauche) et plantation (à droite) sur le tronçon NAU-CP-01, Les-Hauts-de-Chée_ 07/04/2021	89
Figure 94 : Occupation du sol – Bassin versant de la Chée à l'exutoire du secteur d'étude	92
Tableau 1 : Présentation des classes ICE	19
Tableau 2 : Présentation des différentes actions envisagées pour une restauration de cours d'eau	23
Tableau 3 : Récapitulatif des actions proposées par SINBIO et leurs coûts prévisionnels	33
Tableau 4 : Récapitulatif de la qualité des eaux.....	35
Tableau 5 : Modules calculés aux différents points de l'étude.....	42

Tableau 6 : Temps de concentration obtenus par les différentes formules	42
Tableau 7 : Débits de crues Q5 calculés aux différents points de l'étude	42
Tableau 8 : Débits de crues Q10 calculés aux différents points de l'étude	43
Tableau 9 : Débits de crues calculés aux différents points de l'étude	43
Tableau 10 : Débits d'étiages calculés aux différents points de l'étude	43
Tableau 11 : Débits calculés aux différents points de l'étude.....	44
Tableau 12 : Puissance spécifiques des différents bras	45
Tableau 13 : Détail des travaux d'entretien sur le secteur d'étude par tronçon	46
Tableau 14 : Détail des travaux de plantation sur le secteur d'étude par tronçon	47
Tableau 15 : Détail des travaux de mise en défens sur le secteur d'étude par tronçon.....	48
Tableau 16 : Incidence hydraulique des aménagements au droit du tronçon n°4 de la Wiseppe	52
Tableau 17 : Détail des travaux de diversification du lit en traversée de commune et de remodelage/Retalutage sur le secteur d'étude par tronçon	55
Tableau 18 : Incidence hydraulique au droit du profil 17, tronçons 1 et 2 de la Wiseppe	58
Tableau 19 : Incidence hydraulique au droit du profil 35, tronçon 6 de la Wiseppe	60
Tableau 20 : Tableau récapitulatif du programme d'action.....	90
Tableau 21 : Montant des travaux d'aménagement d'une rampe rugueuse_ Wiseppe, tronçon 4	93
Tableau 22 : Montant des travaux de remise en fond de talweg _ Wiseppe, tronçons 1 et 2	94
Tableau 23 : Montant des travaux de diversification des écoulements _ Wiseppe, tronçon 6.....	95
Équation 1 : Formule de la puissance spécifique	44
Équation 2 : Formule de Myers	91
Équation 3 : Calcul de débit par la méthode rationnelle	91
Équation 4 : Formule de Giandotti	91
Équation 5 : Formule de Passini	91
Équation 6 : Formule de Ventura	92
Équation 7 : Formule GEMAGREF	92

Symboles et abréviations

ICE : Informations sur la Continuité Écologique

TVB : Trame Verte et Bleue

IBGN : Indice Biologique Global Normalisé

IBD₂₀₀₇ : Indice Biologique Diatomées

IBMR : Indice Biologique Macrophytique en Rivière

IPR : Indice Poisson Rivière

DCE : Directive-Cadre sur l'Eau

LEMA : Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques

MAPTAM : Modernisation de l'Action Publique Territoriale et l'Affirmation des Métropoles

EPCI-FP : Établissements Publics de Coopération Intercommunale à Fiscalité Propre

GEMAPI : Gestion des Milieux Aquatiques et la Prévention des Inondations (GEMAPI)

ZNIEFF : Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique

ZICO : Zones d'Importance pour la Conservation des Oiseaux

ZPS : Zones de Protection Spéciales

ZSC : Zones Spéciales de Conservation

COFIL : Comité de Pilotage

DDT : Direction Départementale du Territoire

AESN : Agence de l'Eau Seine-Normandie

OFB : Office Français de la Biodiversité

FDPPMA : Fédération pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique

AVP : Avant-Projet

MC1 (ou MC2) : Mission de Concertation 1 (ou 2)

DLE : Dossier Loi sur l'Eau

DIG : Déclaration d'Intérêt Général

PRO : Projet

ACT : Assistance à la passation de contrats de travaux

DCE : Dossier de Consultations des Entreprises

VISA : VISA des documents d'exécution

OPC : Ordonnance, pilotage et coordination

DET : Direction de l'exécution des travaux

AOR : Assistance lors des opérations de réception

CCTP : Cahier des Clauses Techniques Particulières

DREAL : Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

ROE : Référentiel national des Obstacles à l'Écoulement

Introduction

Les cours d'eau ont toujours été essentiels aux développements, qu'ils soient environnementaux, économiques ou sociaux. Par le passé, les cours d'eau ont beaucoup été anthropisés de différentes façons : l'artificialisation des berges pour augmenter les capacités d'urbanisation, la canalisation pour la navigation, le déplacement du lit pour faciliter l'exploitation agricole, ...

Les prises de conscience sur le rôle et les apports du milieu naturel, les différentes réglementations mises en place comme la Directive européenne Cadre sur l'Eau (DCE) ou encore les différentes aides allouées par le gouvernement poussent les communes à engager des démarches afin de préserver et de restaurer les masses d'eau.

C'est pourquoi la Communauté de Communes du Pays de Revigny (COPARY), la Communauté de Communes de l'Aire à l'Argonne et de la Communauté d'Agglomération de Bar-le-Duc ont décidé de lancer une étude en 2016 pour préserver et gérer les cours d'eau présents sur leurs territoires. C'est donc en 2016 que le bureau d'études SINBIO est missionné afin d'établir un diagnostic de la Chée et de ses affluents. Après ce diagnostic, les Communautés de Communes ont décidé de se séparer et de réaliser chacune leurs propres travaux de restauration et de gestion. La Communauté de Communes de l'Aire à l'Argonne a donc recruté le bureau d'études IRH Ingénieur Conseil pour la mission de maîtrise d'œuvre complète dont la phase d'Avant-Projet sur la Chée et un de ses affluents, la Nausonce. Comme le projet s'étend exclusivement sur le territoire de la Communauté de communes de l'Aire à l'Argonne, seule partie des deux cours d'eau est concernée par le programme de travaux.

La phase d'Avant-Projet se déroule en plusieurs parties :

- ✓ la reconnaissance terrain : essentielle pour se familiariser avec le projet et proposer des travaux adaptés ;
- ✓ l'appropriation et la mise à jour du programme de travaux proposé par le bureau d'étude SINBIO, en réévaluant les enjeux du territoire et en précisant les actions qui ont déjà été menées depuis le diagnostic ou les secteurs qui se sont dégradés ;
- ✓ une étude hydrologique permettant d'obtenir les débits nécessaires au dimensionnement, notamment lors de l'aménagement ou de la suppression des ouvrages hydrauliques ;
- ✓ le dimensionnement des actions préconisées et leurs coûts. Le dimensionnement n'a malheureusement pas pu être réalisé sur le secteur de l'étude en raison d'une absence de données liée à un manque de budget de la Communauté de Communes pour réaliser les levés topographiques, mais il a pu être exécuté sur une autre mission de restauration de cours d'eau.

Dans un premier temps, le présent rapport va développer des généralités en abordant les cours d'eau et les éléments les constituant, leurs mobilités mais également la restauration de ces derniers. Ensuite, une deuxième partie détaillera la réglementation en vigueur. Dans un troisième temps, une méthodologie de la mission sera précisée en décrivant les tâches du maître d'œuvre lors des différentes phases du marché. Enfin, une partie de l'avant-projet avec un dimensionnement sera présentée.

1 Généralités

1.1 Généralités sur les cours d'eau

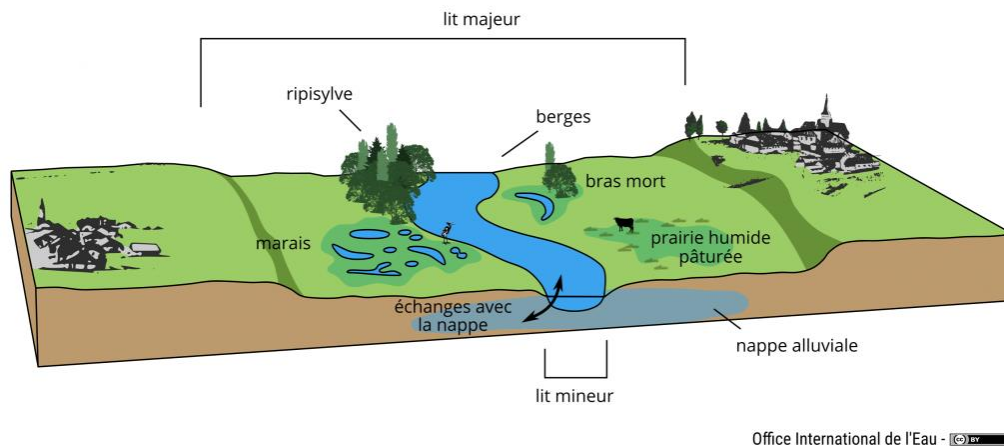
1.1.1 Description d'un cours d'eau [1]

Un cours d'eau est un écoulement d'eau d'une source jusqu'à une embouchure. Il est structuré par plusieurs éléments : le lit mineur, le lit majeur, les berges et la ripisylve (Cf. figure 1). Chacun de ces éléments est essentiel au bon fonctionnement du cours d'eau.

Le lit mineur, délimité par les berges, correspond à l'espace utilisé, la plupart du temps, par le cours d'eau pour s'écouler. Les berges quant à elles, sont des talus que l'on retrouve de part et d'autre du cours d'eau.

Le lit majeur correspond à l'espace utilisé par le cours d'eau lors des crues. Lorsque le lit majeur n'est pas occupé par le cours d'eau, il peut contenir toutes sortes d'espaces humides comme des marais, des annexes hydrauliques ou encore des bras de cours d'eau morts, créés lors des précédentes crues. Ces zones humides permettent de créer des habitats diversifiés pour les différentes espèces.

La structure du cours d'eau



Office International de l'Eau - © BY

Figure 1 : Schéma représentant la structure d'un cours d'eau
(Source : <https://www.sybtb.fr/le-territoire/fonctionnement-des-cours-deau/>)

1.1.2 Dynamique et équilibre d'un cours d'eau

1.1.2.1 Équilibre entre sédiments et eau [2]

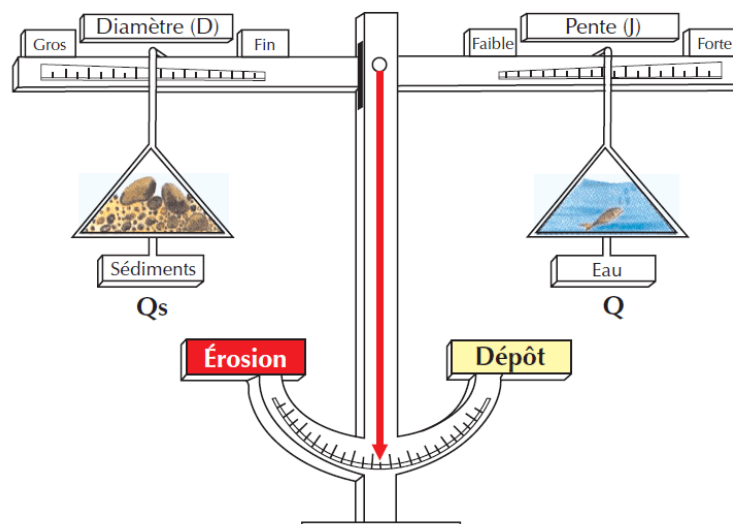


Figure 2 : Balance de Lane représentant l'équilibre dynamique d'un cours d'eau
(Source : <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30632.88321>)

Le cours d'eau recherche, à tout instant, un équilibre entre son débit liquide et son débit solide, comme illustré ci-dessus (Cf. figure 2). Dès que l'un des deux débits est plus important que l'autre, un déséquilibre, observable de diverses manières, apparaît.

En effet, lorsque le débit liquide est trop important ou que la pente est trop importante, on peut observer l'apparition d'érosions au niveau des berges et au niveau du fond du lit du cours d'eau. Lorsque le débit liquide est moins important que le débit solide ou que la pente est faible, les sédiments s'accumulent et forment un dépôt qui ne peut s'évacuer que si le débit liquide augmente à son tour. En réalité, même si cette compensation entre débits solide et liquide n'est jamais totalement atteinte par les cours d'eau, leur fonctionnement tend à atteindre cet équilibre dynamique entre dépôt et érosion.

En plus de chercher un constant équilibre entre débit liquide et débit solide dans son lit, le cours d'eau est également très mobile latéralement. En effet, le lit mineur évolue constamment en érodant les berges ou le lit, en mobilisant les sédiments ou encore en modifiant son tracé.

1.1.2.2 Mobilité des berges [3]

Les berges sont des éléments essentiels au bon fonctionnement du cours d'eau puisqu'elles servent de support pour la végétation, d'habitats pour les espèces, mais elles permettent également les échanges entre l'eau, la faune et la flore.

Les berges sont sculptées par le débit de plein bord, c'est-à-dire le débit maximum que peut atteindre le cours d'eau sans déborder de son lit mineur. Les berges sont caractérisées par la nature du sol, leur pente, leur hauteur, leur végétation ainsi que la situation hydraulique du secteur. Il existe deux types de berges : les berges cohésives et les berges non-cohésives. Les berges non-cohésives sont celles qui s'érodent plus facilement en raison de leur nature (du sable ou des graviers) contrairement aux berges cohésives (en limons ou argiles) qui s'érodent lors des crues.

- **Érosion**

L'érosion des berges est la dégradation de ces dernières par l'arrachement des matériaux les constituant. Ces matériaux sont transportés puis déposés dans une zone où les écoulements sont moins rapides ou lors d'une décrue. L'érosion peut s'effectuer à différents endroits en fonction des aléas rencontrés par le cours d'eau, comme le montre la figure 3.

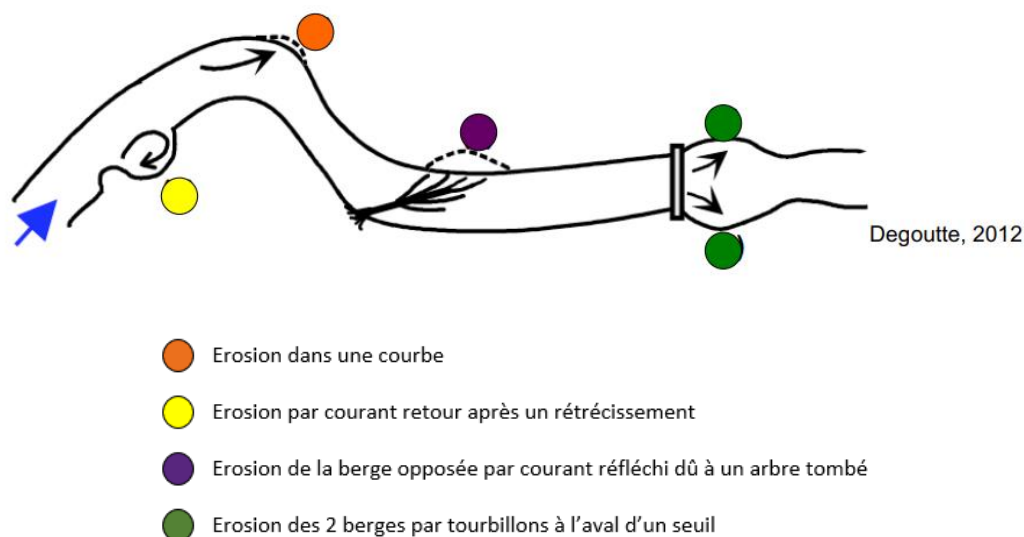


Figure 3 : Schéma récapitulatif des différents types d'érosion
(Source : BEAULIEU Emilie, Aménagement de cours d'eau, ENGEES)

En plus de ces érosions, des glissements et des éboulements peuvent avoir lieu.

Un glissement peut survenir lors de la décrue. En effet, pendant les hautes eaux, le sol est saturé en eau ce qui stabilise les berges ; c'est lorsque le niveau d'eau baisse que le glissement peut se produire en raison de la pression présente dans le talus. L'éboulement survient lorsqu'un affouillement en pied de berge est creusé par l'eau (Cf. figure 4).

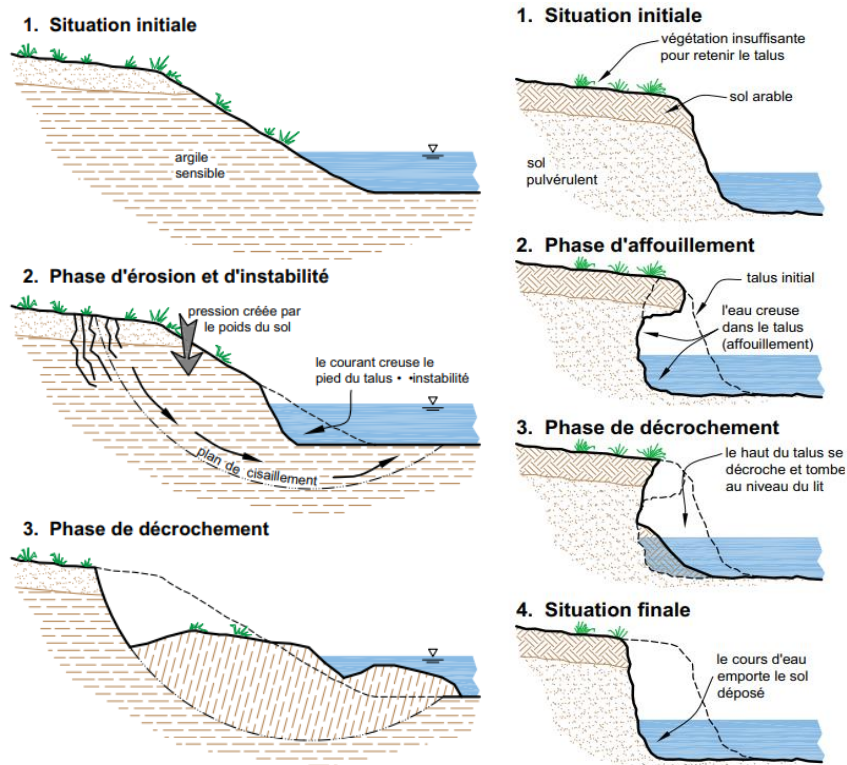


Figure 4 : Illustrations d'un glissement et d'un éboulement de berges
 (Source : https://www.agrireseau.net/agroenvironnement/documents/Berges_FR_web.pdf)

L'érosion des berges participe à l'apport de sédiments nécessaire au cours d'eau pour atteindre son équilibre dynamique, c'est donc un phénomène naturel. Cependant, ces érosions peuvent être accentuées par plusieurs facteurs.

- **Les interventions anthropiques**

La mobilité des berges peut également être le résultat d'interventions anthropiques d'artificialisation ou de protection des berges. En effet, ces actions génèrent des points durs qui vont empêcher le phénomène d'érosion au niveau des installations, mais qui vont cependant déplacer le problème plus en aval. L'artificialisation des berges ne permet plus l'érosion des berges ce qui va obliger le cours d'eau à trouver une autre source de sédiments pour rétablir son équilibre dynamique : le fond du lit. Une incision du lit sera donc provoquée ce qui va augmenter les vitesses d'écoulement et donc engendrer, en période de crues, un risque de sur-inondation et une érosion en aval.

En plus des problèmes hydrauliques que génère cette artificialisation, la continuité écologique entre le lit mineur et les diverses annexes hydrauliques présentes dans la plaine inondable est brisée entraînant une dégradation de la qualité écologique des berges et donc du cours d'eau.

D'autres activités peuvent également endommager les berges, comme l'agriculture. En effet, le bétail situé en bord de cours d'eau peut s'abreuver et traverser librement dans le lit. Ceci provoque un piétinement des berges et du lit du cours d'eau dégradant la qualité de celui-ci. Ce libre accès entraîne un apport de matériaux terreux, qui augmente le phénomène de sédimentation dans le fond de lit, mais également la dégradation de la qualité du cours d'eau, causée par les déjections des animaux.

- **Espèces nuisibles**

La présence d'espèces nuisibles comme le ragondin peut également être dévastatrice pour les berges. Ces rongeurs creusent leurs galeries dans les berges qui sont dépourvues de ripisylves et qui s'ameublissent. Ces animaux se développent très rapidement et n'ont pas de prédateur naturel, c'est pourquoi leur population n'est pas régulée. Leur éradication est impossible en raison de leur effectif mais une régulation par piégeage reste possible.

Les berges évoluent donc au fil de l'eau et du temps, il en est de même avec la totalité du cours d'eau.

1.1.2.3 Mobilité d'un cours d'eau

La mobilité des cours d'eau se réalise par la migration progressive des méandres ou par la divagation brusque du lit mineur.

- **Migration progressive**

La migration progressive des méandres est la conséquence de l'érosion des berges.

Un méandre est caractérisé par une érosion de la rive concave (extérieur), le transport de sédiments et un dépôt sur la rive convexe (intérieur), comme le montre la figure 5.

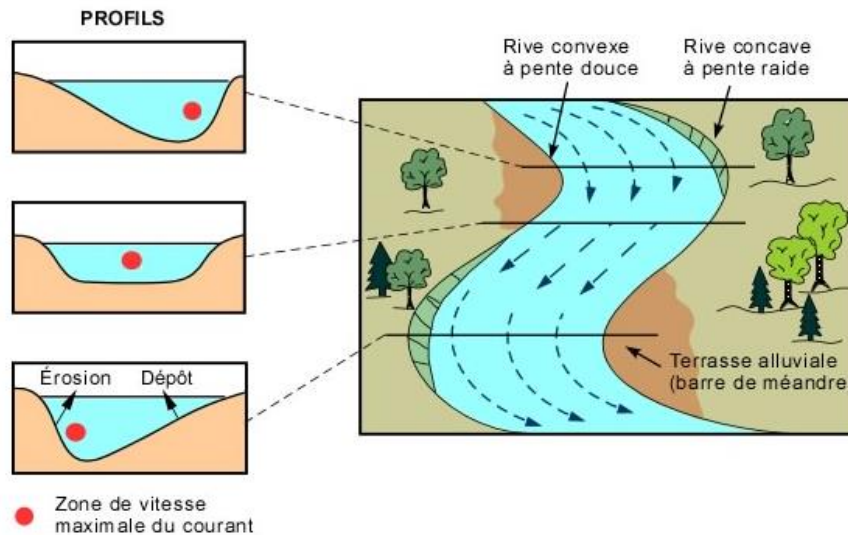


Figure 5 : Schéma de fonctionnement d'un méandre

(Source : <http://www2.qql.ulaval.ca/personnel/bourque/s3/eaux.ruissellement.html>)

Les méandres sont une preuve de l'ajustement du gabarit, de la sinuosité et de la pente du cours d'eau. À leur niveau, la sinuosité augmente, la pente diminue et l'énergie emmagasinée par le cours d'eau est donc dissipée. La migration des méandres peut entraîner la fermeture de ceux-ci et donc créer des annexes hydrauliques qui enrichissent la biodiversité du cours d'eau.

- **Divagation brusque**

Lorsque la sédimentation et l'érosion se combinent, une divagation brusque du lit mineur peut survenir. Cette divagation modifie le tracé du lit du cours d'eau et change donc le chemin emprunté par celui-ci.

Même si le cours d'eau est en continuelle évolution et peut changer de faciès, la végétation qui l'accompagne joue un rôle essentiel à son bon fonctionnement.

1.1.2.4 Rôle de la ripisylve [4]

La végétation présente sur les rives d'un cours d'eau est appelée ripisylve. Elle est généralement composée de trois strates qui forment un gradient de végétation. On trouve tout d'abord la strate herbacée, composée de plantes aquatiques ou semi-aquatiques, puis la strate arbustive, servant de zone intermédiaire composée d'arbustes ou de buissons, et pour finir la strate arborescente, composée d'arbres à hauteur importante (Cf. figure 6).

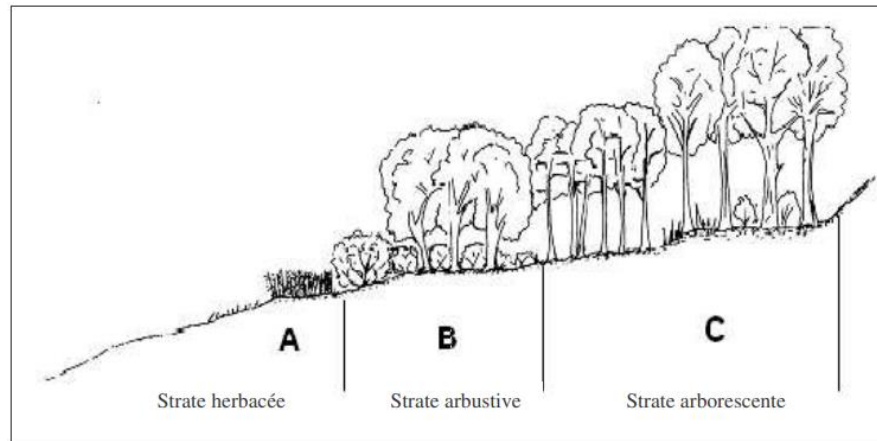


Figure 6 : Schéma représentatif des strates d'une bonne ripisylve

(Source : http://www.aquaterra-solutions.fr/pdf/guides_ats/GUIDEATS-CHAP1.pdf)

La ripisylve présente de nombreuses fonctions essentielles au cours d'eau (Cf. figure 7) : biologiques, mécaniques et hydrauliques, d'épuration des eaux et enfin socio-économiques.

- **Fonctions biologiques**

La ripisylve présente sur les berges offre tout d'abord des lieux d'alimentation, d'habitat ou encore de reproduction pour les différentes espèces. En plus de cette diversité d'espaces, la végétation abondante permet aux espèces de se déplacer d'une zone à l'autre en formant des corridors écologiques essentiels à la continuité écologique. De plus, les espèces constituant la ripisylve favorisent l'ombrage ce qui permet de limiter le réchauffement de l'eau et par conséquent de freiner le développement des végétaux aquatiques et améliorer les conditions de vie des espèces aquatiques comme les salmonidés. Finalement, les débris issus de la végétation sont la principale source d'apport en matière organique pour le cours d'eau. Il faut toutefois veiller à ne pas avoir d'apport excessif qui pourrait asphyxier le cours d'eau.

- **Fonctions mécaniques et hydrauliques**

Outre les nombreuses fonctions biologiques apportées, la stabilisation des berges est également assurée par la végétation. En effet, les racines permettent de maintenir les berges et de limiter les érosions. Ces dernières permettent également l'infiltration des eaux dans le sol et forme donc un lien entre la nappe et les eaux de surface. Une dissipation de l'énergie hydraulique est également assurée par la frondaison en partie grâce aux parties aériennes des plantes en contact avec l'eau, mais également grâce aux débris comme les arbres tombés dans le lit du cours d'eau.

- **Fonctions d'épuration des eaux**

La ripisylve présente le long du cours d'eau permet de créer une zone tampon qui piège les éléments indésirables rapportés par le ruissellement des eaux. Cette zone tampon sert de barrière et permet d'éviter la dégradation biologique du cours d'eau. Plus cette zone sera large, plus sa fonction épuratrice sera importante. La fonction d'épuration des eaux s'exerce également au niveau des racines. En effet, elles permettent d'absorber le phosphore et l'azote présents dans le cours d'eau afin d'éviter l'eutrophisation du milieu.

- **Fonctions socio-économiques**

En plus de son rôle technique, la végétation des berges a une réelle fonction paysagère et contribue fortement aux services écosystémiques culturels comme l'inspiration esthétique, l'identité culturelle ou encore le sentiment d'appartenance. Enfin, les arbres peuvent être utilisés pour la production de bois et ainsi apporter des bénéfices financiers.

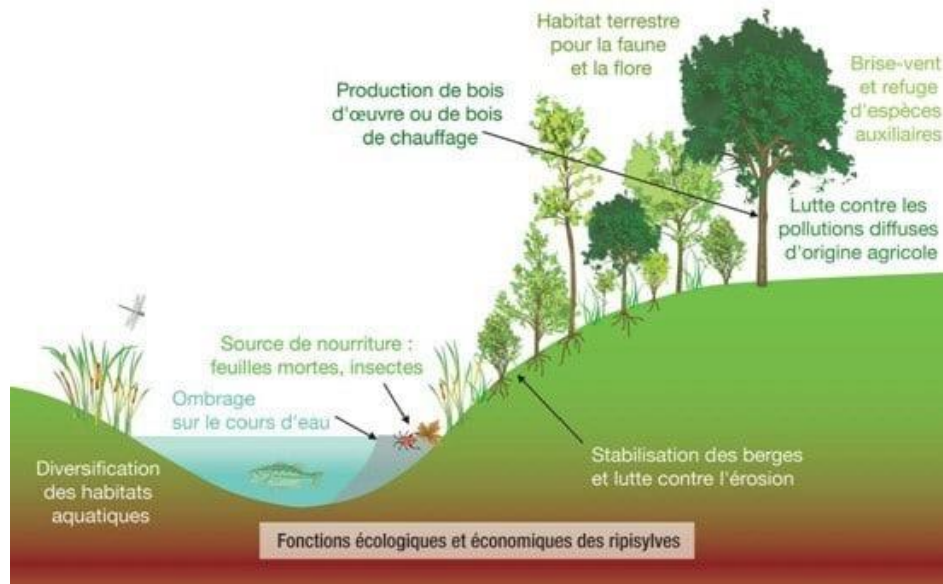


Figure 7 : Schéma présentant les avantages d'une ripisylve

(Source : Syndicat Mixte d'Aménagement du Trec, de la Gupie et du Médier)

La ripisylve assure le maintien du bon état du cours d'eau cependant la présence d'espèces exotiques envahissantes sur les berges peut perturber ce fonctionnement.

- **Les espèces exotiques envahissantes** [5]

Une espèce exotique envahissante est une espèce qui a été introduite volontairement ou non par l'Homme et qui compromet l'équilibre de la biodiversité. Ces espèces peuvent être animales ou végétales et sont soumises à des réglementations qui obligent leur gestion.

Cette gestion est déclinée en 3 options : l'approche préventive en agissant sur les vecteurs, gérer l'invasion des espèces plantées en les régulant et l'éradication. Malgré ces options, les espèces exotiques envahissantes posent de réels problèmes et prolifèrent le long des cours en menaçant leur stabilité écologique comme la renouée du Japon, la balsamine de l'Himalaya ou encore les ragondins.

1.1.2.5 Continuité écologique

La dégradation de la biodiversité est en partie causée par la fragmentation des milieux. Afin de lutter contre ce déclin, la préservation des espèces, des habitats et de leurs échanges est vitale et associée au concept de continuité écologique. La continuité écologique prend en compte les réservoirs de biodiversité (espaces présentant une riche biodiversité) et les corridors écologiques (axes de déplacement des espèces reliant les réservoirs de biodiversité).

1.1.2.6 Ouvrages

Les ouvrages transversaux aménagés par l'Homme sont de réels barrages pour le déplacement des espèces aquatiques et donc la continuité écologique. Il existe plusieurs types d'ouvrages comme les seuils, les barrages, les buses ou encore les ponts.

Ces ouvrages ont des impacts néfastes sur le cours d'eau et plus particulièrement sur sa structure ; l'action engendrée sur ses flux solides et liquides entraîne de l'érosion et du dépôt. En plus d'avoir ces effets, les ouvrages peuvent bloquer le passage de certaines espèces et notamment des espèces piscicoles.

Le protocole d'Informations sur la Continuité Écologique (ICE) permet d'évaluer le franchissement des obstacles en mettant en relation les conditions hydrauliques de l'ouvrage et les capacités biologiques des espèces. Ce système applique une classe de franchissabilité (Cf. tableau 1) à chaque ouvrage qui permet de déterminer si la continuité écologique est assurée.

Tableau 1 : Présentation des classes ICE

 (Source : https://www.gesteau.fr/sites/default/files/gesteau/content_files/document/ice-integralite-juillet2014.pdf)

Classe ICE	Statut	Explications
0	Barrière totale	La barrière est infranchissable pour les espèces-cibles/stades du groupe considéré et constitue un obstacle total à leur migration
0,33	Barrière partielle à impact majeur	L'obstacle est infranchissable une grande partie du temps et/ou pour une partie très significative de la population. Le franchissement de l'obstacle à la montaison n'est possible que durant une partie limitée de la période de migration et pour une fraction limitée de la population du groupe considéré.
0,66	Barrière partielle à impact significatif	Le franchissement de l'obstacle à la montaison est possible une grande partie du temps et pour la majeure partie de la population. L'obstacle reste donc néanmoins infranchissable une partie de la période de migration pour une fraction significative de la population du groupe considéré
1	Barrière franchissable à impact limité	La barrière ne représente pas un obstacle significatif à la migration des espèces-cibles/stades du groupe considéré
NC	Barrière à impact indéterminé	La franchissabilité de l'obstacle n'est pas appréciable avec les seules données ICE. L'évaluation de l'impact nécessite des investigations complémentaires ou une analyse plus poussée

Afin d'éviter la dégradation ou la perte de cette continuité écologique, des actions comme la Trame Verte et Bleue ont été mises en place.

1.1.2.7 Trame Verte et Bleue [7]

Grâce aux différentes actions mises en place, il existe des zones naturelles préservées mais elles sont fragmentées et éparées. Le rôle de la Trame Verte et Bleue (TVB) est de relier tous ces espaces naturels pour permettre l'interaction et la libre circulation des espèces.

Cette trame concerne les milieux naturels et semi-naturels terrestres (trame verte) ainsi que les milieux aquatiques et humides (trame bleue).

Cette trame est un outil d'aménagement du territoire qui vise à améliorer la qualité et la diversité des paysages et à rétablir la continuité écologique.

Quand le cours d'eau est trop dégradé et que sa continuité écologique est compromise voire totalement perdue, il faut agir plus globalement en réalisant des projets visant à rétablir le bon fonctionnement des cours d'eau.

1.2 La restauration de cours d'eau [8] [9]

Les cours d'eau se sont dégradés au fil du temps en raison de l'activité anthropique. De nombreux problèmes peuvent être fréquemment observés sur les cours d'eau tels que :

- une érosion des berges ;
- un mauvais écoulement du cours d'eau qui peut entraîner des débordements ;
- des ouvrages bouchés par des embâcles ;
- une dégradation du lit par le bétail ;
- un manque de ripisylve ;
- un manque d'entretien de ripisylve : présence de végétation dans le cours d'eau qui dégrade sa qualité ;
- une rupture de la continuité écologique causée par la présence d'ouvrages infranchissables ce qui entraîne une diminution des populations piscicoles.

Tous ces problèmes conduisent à :

- une perte de milieux humides, d'habitats et de biodiversité ;
- une accentuation des problèmes d'inondations et d'érosions ;
- une dégradation de la qualité de l'eau.

Afin d'éviter ces complications, les projets de restauration de cours d'eau commencent à voir le jour dès 1970.

1.2.1 Les grands types de restauration

Durant les siècles derniers, l'Homme modifiait les cours d'eau afin de rendre leurs comportements plus prévisibles et pour utiliser cette ressource dans son intégralité. Aujourd'hui, l'Homme souhaite garder cette visibilité en laissant cependant les cours d'eau reprendre leur fonctionnement initial.

Pour se faire, une restauration est nécessaire. Il en existe deux types, la restauration **passive** et la restauration **active** :

- La restauration passive est souvent réalisée sur les cours d'eau puissants, car plus un cours d'eau est puissant, plus sa restauration est simple et les effets sont rapides.
- La restauration active quant à elle s'effectue sur des cours d'eau peu actifs qui ont de faibles apports solides. Les résultats de cette restauration sont plus longs à obtenir et moins visibles que celle des cours d'eau puissants.

Les actions envisagées pour retrouver le fonctionnement initial du cours d'eau sont rassemblées en trois grandes catégories :

- La préservation lorsque les états morphologiques et écologiques sont bons. Les actions à mettre en œuvre sont des campagnes de sensibilisation auprès des usagers, la protection réglementaire ou des achats afin d'obtenir la maîtrise foncière sur des zones menacées.
- La limitation des dysfonctionnements futurs lorsque les états morphologiques et écologiques sont partiellement dégradés. L'objectif est de bloquer les perturbations qui se développent. Pour se faire, des actions ponctuelles peuvent être effectuées comme la mise en place de seuil de fond pour stopper l'incision du lit, la gestion des débits de barrages, ...
- La restauration lorsque l'état général du cours d'eau est dégradé. Cette restauration peut avoir différents degrés d'intervention en fonction de ses objectifs (Cf. figure 8) :
 - Le niveau faible qui est réalisé lorsqu'une restauration fonctionnelle du cours d'eau n'est pas réalisable. La restauration de niveau faible est souvent axée autour du domaine piscicole et ne nécessite que peu d'emprise foncière. Elle est donc adaptée aux zones urbaines ayant d'importantes contraintes foncières.
 - Le niveau moyen qui a pour ambition de restaurer le transport solide, les habitats, la nappe alluviale et la ripisylve. La restauration de niveau moyen nécessite donc un peu plus d'emprise foncière que le niveau faible.
 - Le niveau fort qui a pour objectif de restaurer le fonctionnement du cours d'eau dans son entièreté : de l'hydrosystème à la dynamique en passant par la continuité écologique. La restauration de niveau fort cible les mêmes aspects que celle de niveau moyen tout en ajoutant un espace de mobilité au cours d'eau, elle demande donc une emprise foncière très importante.

		AMBITION DE RESTAURATION		
		Faible	Moyenne	Forte
CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE	Ouvrages < 50cm	Aménagement visant à améliorer le franchissement piscicole : SEUIL : brèches, rampe... BUSE : recalage de buse, microseuil, déflecteur...	Arasement total ou partiel : Diminution de la hauteur de chute Remplacement ou suppression de l'ouvrage	
	Ouvrages ≥ 50cm	Aménagement visant à améliorer le franchissement piscicole : Rivière de contournement Passe à poisson	Arasement partiel Brèche dans l'ouvrage	Arasement total de l'ouvrage (conservation d'un seuil de fond éventuellement)
HYDROMORPHOLOGIE	Recalibrage - Rectification	Linéaire d'intervention inférieur à 20 fois la largeur plein bord et dont l'emprise sera comprise dans le lit existant <i>Exemple</i> : Recharge du matelas alluvial / Déblai remblai des berges / Diversification des faciès d'écoulement (Risbermes, épis, blocs, déflecteurs ...)	Linéaire d'intervention compris entre 20 et 100 fois la largeur plein bord et dont l'emprise sera comprise dans le lit existant <i>Exemple</i> : Recharge du matelas alluvial / Déblai remblai des berges / Diversification des faciès d'écoulement (Risbermes, épis, blocs, déflecteurs ...)	Linéaire d'intervention supérieur à 100 fois la largeur plein bord ou dont l'emprise pourra se situer en dehors du lit existant Exemple : Recharge du matelas alluvial / Déblai remblai des berges / Reméandrage
	Déplacement cours d'eau		Restauration hydromorphologique en dehors de son talweg	Restauration hydromorphologique dans son talweg
	Busage de cours d'eau		Remise à ciel ouvert partielle	Remise à ciel ouvert totale

Figure 8 : Présentation des différents niveaux de restauration

(Source : https://www.arraa.org/sites/default/files/media/documents/journees_techniques/3-a.hubert_-_afb.pdf)

Afin d'estimer le niveau de restauration le plus adapté au cours d'eau étudié, des indicateurs de diagnostic ont été mis en place.

1.2.2 Études préalables à la restauration

Avant d'effectuer un projet de restauration de cours d'eau, il est nécessaire d'effectuer une étude préalable.

Cette étude devra prendre en compte un certain nombre d'éléments afin de déterminer la nature ou l'urgence de la restauration. Ces éléments peuvent être déterminés de manières différentes : grâce à une reconnaissance sur le terrain, d'après des levés topographiques ou encore par des indicateurs.

1.2.2.1 La reconnaissance terrain

La reconnaissance du terrain permet de visualiser la dégradation du cours d'eau. En effet, sur le terrain, on peut observer les éléments déterminants pour la restauration et les localiser comme les érosions, le piétinement, le transport solide, la ripisylve, les ouvrages présents, les zones humides, ou plus globalement le secteur et la vallée.

1.2.2.2 Les levés topographiques

Les levés topographiques permettent de connaître les mesures essentielles comme la largeur du lit du cours d'eau, sa pente mais aussi la morphologie du secteur d'étude. Ces levés sont nécessaires si un aménagement ou un effacement d'ouvrage est prévu.

1.2.2.3 Les indicateurs ^[10]

Les indicateurs permettent de décrire l'état écologique d'un cours d'eau en prenant en compte les critères biologiques et physico-chimiques.

- **Indicateurs biologiques**

L'état biologique des masses d'eau est en partie caractérisé par quatre indices :

- L'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN), basé sur les macro-invertébrés benthiques (qui vivent sur le fond ou sur des supports variés)
- L'Indice Biologique Diatomées (IBD₂₀₀₇), basé sur les algues diatomées

- L'Indice Biologique Macrophytique en Rivière (IBMR), basé sur les macrophytes
- L'Indice Poisson Rivière (IPR)

- **Indicateurs physico-chimiques**

Les indicateurs physico-chimiques qui permettent de vérifier les normes de qualité environnementales des masses d'eau sont les suivants :

- La température
- Le bilan d'oxygène qui comprend l'oxygène dissous, le taux de saturation, le DBO5 et le carbone organique dissous
- La salinité
- L'état d'acidification avec une mesure de pH
- La concentration en nutriments en prenant en compte les taux de phosphates, de phosphore total, d'ammonium, de nitrites et de nitrates

L'état écologique est ensuite défini selon les règles suivantes présentées ci-dessous (Cf. figure 9).

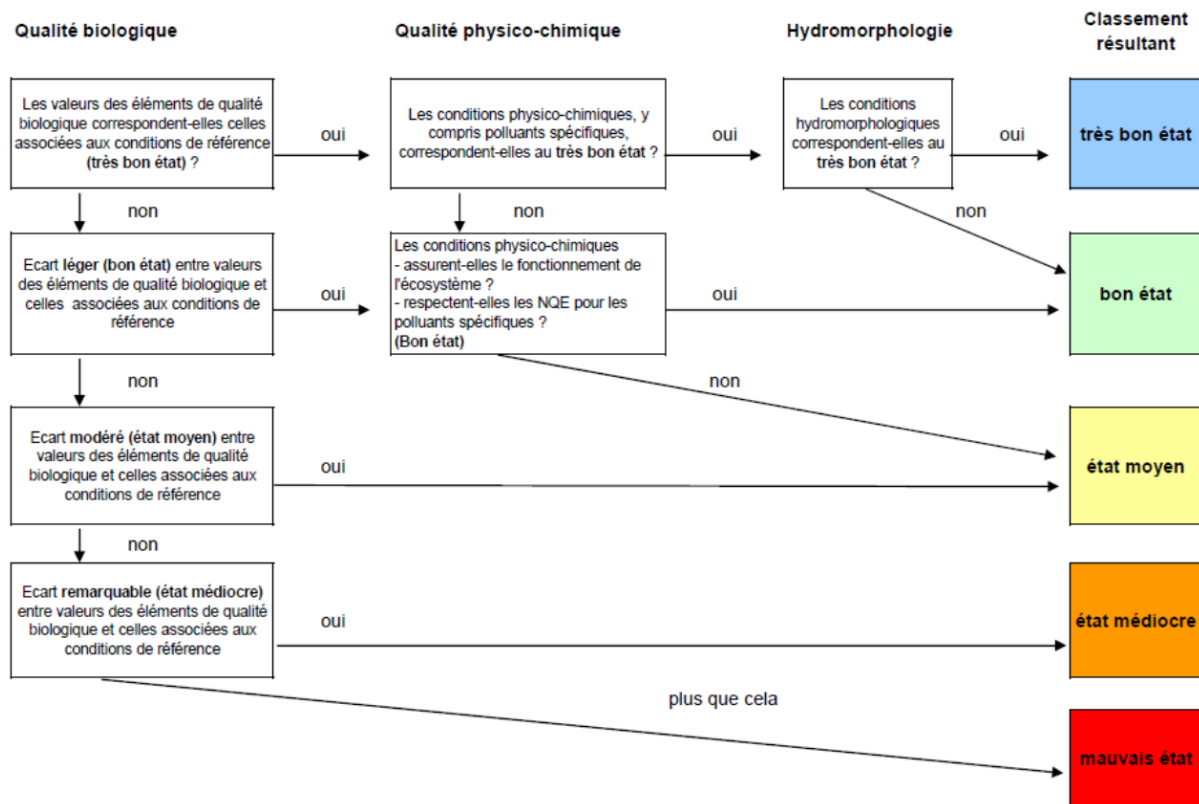


Figure 9 : Schéma présentant le rôle des éléments dans la classification de l'état écologique

(Source : <https://www.eaufrance.fr/sites/default/files/2019-05/guide-reee-esc-2019-cycle3.pdf>)

1.2.3 Les différentes interventions possibles

Afin de restaurer le bon état fonctionnel d'un cours d'eau, des actions bien précises peuvent être envisagées. Ces dernières sont spécifiques à chaque domaine d'interventions, présentant un objectif qui lui est propre. Ces actions sont présentées dans le tableau 2, ci-dessous :

Tableau 2 : Présentation des différentes actions envisagées pour une restauration de cours d'eau
(Source : IRH)

Domaine d'interventions	Objectifs	Actions proposées
Agriculture	Réduire l'impact des culture (engrais et pesticides) sur la qualité de l'eau et l'impact du bétail sur les lits et berges	<ul style="list-style-type: none"> - Pose de clôtures - Mise en place d'abreuvoirs - Empierrement de passage à gué - Mise en place de passerelles agricoles - Mise en place de pont-cadre
Annexes hydrauliques	Préserver ces milieux pour assurer leurs fonctions d'autoépuration, de préservation et de développement de la biodiversité	<ul style="list-style-type: none"> - Reconnexion de bras morts, frayères - Retrait de remblais anthropiques - Mise en place d'un passage busé
Gestion des déchets	Éliminer le dépôt sauvage de déchets	<ul style="list-style-type: none"> - Retrait de déchets ou de décharges
Gestion des écoulements	Gestion sélective des encombres d'origine naturelle ou artificielle ou risquant de porter préjudice à la sécurité des ouvrages d'art, à l'écoulement de l'eau dans les secteurs à enjeux ou à la circulation piscicole	<ul style="list-style-type: none"> - Retrait d'encombres petits ou moyens - Retrait de gros encombres - Retrait de laisses de coupes sur les berges
Gestion des espèces invasives	Action visant à limiter l'expansion des foyers d'espèces invasives	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en place d'un feutre géotextile opacifiant après arrache des pieds et fauche régulière des potentiels rejets
Hydromorphologie	Action visant à diversifier les écoulements, recréer une diversité d'habitats et limiter le colmatage	<ul style="list-style-type: none"> - Diversification du lit par banquettes végétalisées - Diversification du lit par épis - Diversification du lit par adoucissement des berges - Gestion des atterrissements - Diversification en traversée urbaine - Renaturation du lit par reprise de l'ancien lit
Ouvrages hydrauliques	Minimiser voire supprimer l'impact des ouvrages sur la libre circulation piscicole et le transit sédimentaire	<ul style="list-style-type: none"> - Construction de passes à poissons - Réalisation d'échancures - Construction de pré-barrages aval - Création d'une rivière de contournement - Construction d'une rampe en enrochement liaisonnés - Effacement de l'ouvrage
Ripisylve	Restaurer et gérer la ripisylve en place	<ul style="list-style-type: none"> - Replantation simple - Entretien de ripisylve (3 niveaux d'intensité) - Coupes particulières (résineux/peupliers)

1.2.4 Éléments de suivi d'une restauration

Pour analyser les impacts de la restauration sur le cours d'eau et proposer des mesures correctives si besoin, il est important d'effectuer un suivi quelques temps après l'intervention.

Deux suivis sont importants : le suivi géomorphologique et le suivi écologique.

- Le suivi géomorphologique correspond à une cartographie des faciès d'écoulement, des levés topographiques (profils en long et en travers) et des mesures granulométriques.
- Le suivi écologique quant à lui, est majoritairement effectué grâce à des inventaires piscicoles, hydrobiologiques, faunistiques et floristiques.

2 Réglementations en vigueur

Depuis le développement des projets visant à préserver l'état des masses d'eau, de nombreux textes réglementaires ont été rédigés pour encadrer ces intentions et leurs mises en application.

2.1 Directive-Cadre sur l'Eau ^[11]

La Directive-Cadre sur l'Eau (DCE) est une directive européenne adoptée en 2000. Elle instaure la gestion et la protection de l'eau par des secteurs naturels appelés bassins hydrographiques. La DCE vise la protection de toutes les eaux par le biais de plusieurs objectifs :

- l'arrêt de toutes dégradations des ressources en eaux et des milieux ;
- l'atteinte d'un bon état écologique et chimique pour les eaux superficielles et souterraines d'ici 2015 (sauf si une dérogation est présentée) ;
- la réduction voire la suppression des rejets de substances afin de diminuer les pollutions qui y sont liées ;
- la mise en place de normes à respecter afin de préserver les zones protégées.

De plus, la DCE introduit la notion de continuité écologique, définie comme la libre circulation des organismes vivants et des sédiments. Le bon état des eaux attendu pour 2015 dépend fortement de cette continuité écologique, c'est pourquoi, la DCE indique que tout obstacle devra être aménagé.

2.2 Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (2006) ^[12]

La Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) du 30 décembre 2006, est une transposition de la Directive Cadre Européenne sur l'eau de 2000.

Elle a pour but de permettre le retour à un bon état des eaux à l'horizon 2015, l'amélioration des conditions d'accès à l'eau partout en France et pour tout le monde tout en apportant une transparence du service public de l'eau lors de son fonctionnement et la rénovation de l'organisation de la pêche en eau douce.

Avec cette loi, deux points majeurs sont abordés : la reconnaissance du droit à l'eau pour tous, qui apporte une continuité aux actions déjà engagées par la France, ainsi qu'une réelle prise en compte du changement climatique dans la gestion des ressources en eau.

Les principaux enjeux de cette loi sont les suivants :

- La réorganisation des institutions telles que le Service Police de l'Eau et le Conseil Supérieur de la Pêche. Ce dernier a changé pour former l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (Onema) qui apporte un appui technique à la mise en œuvre des politiques de l'eau.
- Le renforcement de la Police de l'eau par l'unification des législations sur la pêche et l'eau.
- La lutte contre les pollutions diffuses en proposant des plans d'action présentés en tant que mesures potentiellement obligatoires dans certains secteurs : zones d'alimentation des captages, zones humides d'intérêt particulier et les zones d'érosion diffuses. La traçabilité des ventes de produits phytosanitaires est maintenue et un contrôle est effectué au niveau du matériel utilisé pour ces produits.
- La reconquête de la qualité écologique des cours d'eau en assurant le rétablissement de la continuité écologique par des méthodes dites « douces » et en consolidant la gestion locale et concertée des ressources en eau.
- La mise à disposition de nouveaux moyens aux maires et aux communautés d'agglomération pour améliorer leurs compétences en gestion des eaux et donc faciliter l'accès à l'eau.

Le classement des cours d'eau est introduit par la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques de 2006. Ce classement est effectué en fonction du type de cours d'eau et de sa franchissabilité. La liste 1 vise à la non-dégradation des cours d'eau tandis que la liste 2 se concentre sur la restauration de ces derniers.

En effet, les cours d'eau classés liste 1 sont les rivières en très bon état écologique, les cours d'eau identifiés comme jouant le rôle de réservoir biologique nécessaire au maintien ou à l'atteinte du bon état écologique et les rivières à forts enjeux pour les poissons migrateurs amphihalins dont l'anguille. Les conséquences du classement liste 1 sont les suivantes : les ouvrages nouveaux sont interdits, les ouvrages existants devront assurer la continuité écologique lors du renouvellement de leurs autorisations ou concessions.

Le classement en liste 2, concerne les cours d'eau où il est nécessaire d'assurer le transport suffisant des sédiments et la libre circulation des poissons migrateurs. Les ouvrages doivent donc être gérés ou entretenus et équipés afin d'assurer la continuité écologique dans les 5 années suivant le nouveau classement.

2.3 Droit d'eau ^[13]

Afin d'exploiter la force motrice de l'eau, il est nécessaire d'avoir un droit d'eau. Il en existe deux types : le droit fondé **en titre** et le droit fondé **sur titre**.

- **Droit fondé en titre**

Lorsque l'ouvrage et le droit d'eau ont été établis avant la Révolution Française de 1789, on dit qu'il est fondé en titre. Ce droit est rattaché aux ouvrages servant à l'utilisation de moulin et il est caractérisé par son existence légale et sa consistance légale, c'est-à-dire le débit d'eau dérivé et la hauteur de chute du moulin.

Ce type de droit permet aux propriétaires d'éviter les demandes d'autorisation ou de renouvellement, mais les oblige toutefois à suivre les directives de la loi sur l'eau avec notamment le respect des débits réservés, de la continuité écologique, des droits des tiers, ...

De plus, si le propriétaire souhaite modifier la consistance légale du droit pour qu'il y ait une augmentation de la puissance motrice, il doit effectuer une demande d'autorisation préfectorale au titre de la Loi sur l'eau.

- **Droit fondé sur titre**

Lorsque le droit d'eau est établi après 1790, on dit qu'il est fondé sur titre. Un droit fondé sur titre est obtenu grâce à une autorisation qui découle d'un règlement d'eau.

Un règlement d'eau est un document officiel qui autorise la réalisation d'un ouvrage sur le cours d'eau et qui stipule les conditions de fonctionnement de celui-ci.

Contrairement au droit fondé en titre, le droit fondé sur titre n'est pas éternel, une demande de renouvellement d'autorisation doit être effectuée afin de le conserver.

2.4 Loi Grenelle II ^[14]

La Loi Grenelle II, décrétée le 12 juillet 2010, permet d'appliquer et de compléter la loi précédente : la Loi Grenelle I. Cette dernière mettait en application, sous forme de programmes, les engagements établis lors du Grenelle de l'Environnement dans les différents secteurs, tous acteurs du développement durable.

La Loi Grenelle II a pour objectif central la lutte contre le changement climatique. Les actions mises en œuvre pour atteindre ce résultat se concentrent sur six grands axes :

- L'urbanisme et les bâtiments ;
- Les transports ;
- La gestion des déchets et la protection sanitaire ;
- Le climat et l'énergie :

L'objectif principal de ce domaine d'activité est de réduire l'émission des gaz à effet de serre de l'ordre de 20% à l'horizon 2020 avec la promotion des énergies renouvelables et l'élaboration de schémas régionaux du climat de l'air et de l'énergie pour réduire la consommation d'énergie.

- **La préservation de la biodiversité :**

Des mesures sont mises en place pour préserver les espèces et les espaces (habitats, ressources en eau, ...). Une des causes majeures de la dégradation de la biodiversité est l'utilisation des pesticides, c'est pourquoi la Loi Grenelle II tend à la contrôler pour la réguler.

De plus, pour préserver la biodiversité, la continuité écologique est primordiale. La Loi Grenelle II permet d'assurer ou de rétablir cette continuité afin d'assurer les flux d'espèces entre différents espaces.

- **La mise en place d'une nouvelle gouvernance écologique :**

L'idée est d'instaurer une démocratie écologique dans tous les secteurs. Pour ce faire, des rapports sociaux et environnementaux sont développés, un renforcement des concertations publiques en amont des projets est instauré et des associations environnementales sont désignées pour faire partie des conseils économiques, sociaux et environnementaux régionaux.

2.5 Compétence GEMAPI ^[15]

La compétence GEMAPI découle de la loi de modernisation de l'action publique territoriale et l'affirmation des métropoles (MAPTAM) du 27 janvier 2014, qui attribuait aux communes ou aux établissements publics de coopération intercommunale à fiscalité propre (EPCI-FP) la gestion des milieux aquatiques et la prévention des inondations (GEMAPI).

À compter du 1^{er} janvier 2018, la compétence GEMAPI instaurée, aux communes et aux EPCI, les missions suivantes :

- l'aménagement des bassins versants ;
- l'entretien et l'aménagement des cours d'eau, canaux, lacs et plans d'eau ;
- la défense contre les inondations et contre la mer ;
- la protection et la restauration des zones humides et des formations boisées riveraines.

2.6 NATURA 2000 ^[16]

Contrairement aux différentes lois ou services énoncés ci-dessus, le réseau Natura 2000 ne dicte aucune règle mais répertorie des zones. Ce réseau est européen et a été mis en place dans le cadre des Directives Oiseaux et Habitats de 1979 et 1992 afin de conserver la nature.

L'inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF) en 1982, permet de lister les espèces ou habitats ayant un grand intérêt écologique.

Il existe deux types de ZNIEFF ^[17] :

- **Les ZNIEFF de type 1** sont les espaces qui présentent des espèces, des associations d'espèces ou des habitats rares et qui détiennent un grand intérêt biologique et/ou écologique.
- **Les ZNIEFF de type 2** sont les ensembles naturels riches ou peu modifiés qui offrent des potentialités biologiques importantes.

L'inventaire des Zones d'Importance pour la Conservation des Oiseaux (ZICO) en 1979, a pour objectif de répertorier les zones hébergeant les oiseaux sauvages.

Le réseau Natura 2000 regroupe un grand nombre de sites naturels ayant une vulnérabilité ou une rareté en termes de faune et flore. Ces zones sont séparées en deux grandes catégories :

- Les Zones de Protection Spéciales (ZPS), issues de l'inventaire ZNIEFF et reliées à la protection des oiseaux, des espaces de reproduction, de mue, d'hivernage ou encore des corridors pour la migration.
- Les Zones Spéciales de Conservation (ZSC), issues de l'inventaire ZICO et rattachées à la protection des habitats et des espèces végétales et animales.

Le réseau Natura 2000 est donc composé de l'ensemble des ZPS et des ZSC.

3 Méthodologie du projet de restauration de cours d'eau de la Chée et de la Nausonce

Les projets de restauration de cours d'eau se démocratisent de plus en plus en raison de l'urgence climatique, de la réglementation en vigueur mais également des aides allouées, notamment par les agences de l'eau, à ces projets qui peuvent parfois atteindre un taux de 80%.

3.1 Les différents acteurs entrant en jeu

Les différents acteurs entrant en jeu, se regroupent sous la forme d'un comité de pilotage (COPIL). La mission du COPIL est de veiller au bon déroulement du projet tout en vérifiant les délais, les coûts et surtout les impacts engendrés.

Le COPIL est composé du maître d'ouvrage, du maître d'œuvre, des services de l'État et de la fédération de pêche.

- Le maître d'ouvrage est le commanditaire du projet, pour cette étude, c'est la Communauté de Communes de l'Aire à l'Argonne qui a défini le cahier des charges et donc ses objectifs, son budget et son calendrier prévisionnel.
- Le maître d'œuvre est IRH Ingénieur Conseil et a été choisi par le maître d'ouvrage pour réaliser le projet. Il produit les études préalables nécessaires et accompagne le projet dans son entièreté en supervisant la réalisation des interventions.

Le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre sont en étroite collaboration durant toute la durée du projet.

- Les services de l'État sont représentés par :
 - le Conseil Départemental de la Meuse ;
 - la Direction Départementale du Territoire (DDT) de la Meuse ;
 - l'Agence de l'Eau Seine Normandie (AESN) qui dépend du Ministère de la Transition Écologique et Solidaire et apporte son soutien financier sur le projet ;
 - la Chambre départementale d'agriculture dirigée par des élus ;
 - l'Office Français de la Biodiversité (OFB) qui dépend du Ministère de la Transition Écologique et Solidaire et du Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation.

Tous ces établissements veillent au bon respect des réglementations et accompagnent le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre lors des différentes phases.

- La Fédération de la Meuse pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (FDPPMA), une association qui définit des orientations départementales pour la pêche et la gestion des milieux aquatiques et assure des suivis du domaine piscicole.

Le maître d'œuvre est le lien entre toutes les parties du COPIL, il interagit avec chacune d'elle, mais également avec les usagers comme les exploitants agricoles et les riverains ou toutes personnes extérieures lors des phases de réalisation de travaux.

3.2 Le rôle du maître d'œuvre lors des différentes phases de la mission

3.2.1 L'avant-projet (AVP) ^[18]

Les objectifs d'IRH lors de la phase d'avant-projet sont de :

- détailler la faisabilité technique, économique et réglementaire des travaux proposés ;
- définir les éventuelles études complémentaires ;
- détailler la mise en œuvre des travaux ;
- définir les spécifications techniques détaillées des ouvrages ;
- élaborer les différents plans d'aménagements ;
- confirmer la programmation dans le temps ;
- établir l'estimation détaillée du coût prévisionnel définitif des aménagements.

Avant toutes choses, une réunion de lancement ainsi qu'une reconnaissance du terrain sont nécessaires afin de faire un état des lieux des données disponibles et de recueillir l'ensemble des données existantes

3.2.2 La concertation locale préalable (MC1)

Dans le but de communiquer sur le projet et d'impliquer la population, des rencontres spécifiques sont organisées. IRH se charge de la préparation, de l'animation et de la rédaction des comptes-rendus des différentes réunions, mais également de la création de plaquettes d'information qui ont pour but de présenter le programme de restauration dans sa globalité.

3.2.3 La constitution du dossier réglementaire

3.2.3.1 Déclaration

Conformément au titre III du chapitre IV – Section 1 du Code de l'Environnement, les travaux du programme de restauration seront soumis à déclaration loi sur l'eau au titre de la rubrique 3.3.5.0 de l'article R214-1.

Le rôle d'IRH dans cette phase est de rédiger le document d'incidences appelé Dossier Loi sur l'Eau (DLE). Il doit permettre d'apprécier les incidences du projet sur l'eau et les milieux aquatiques et doit par conséquent décrire l'état initial et établir un diagnostic ; présenter les impacts du projet ; définir des mesures correctives et compensatoires si besoin ; prévoir un suivi du projet cohérent avec l'état initial. Lors de la rédaction du dossier de déclaration, l'évaluation des incidences NATURA 2000 est également réalisée.

3.2.3.2 Déclaration d'Intérêt Général (DIG)

Le document DIG est réalisé sur la base des évaluations et des conclusions établies lors de la phase AVP, et en concertation avec la Police de l'eau en fonction de leurs prescriptions et attentes particulières. La procédure DIG à son terme :

- autorise l'intervention du maître d'ouvrage sur les propriétés privées (en l'absence de DIG, les riverains sont susceptibles de contester les travaux) ;
- justifie l'engagement de fonds publics en domaine privé ;
- garantis, vis-à-vis des financeurs, le bon déroulement d'une opération programmée sur le long terme.

3.2.4 Le projet (PRO)

Au cours de cette phase, le rôle d'IRH consistera à :

- établir les caractéristiques finales du projet ;
- d'élaborer les plans définitifs des aménagements en vue de la constitution du dossier de consultation des entreprises ;
- de programmer la mise en œuvre définitive des travaux.

C'est lors de cette phase que la solution retenue est dimensionnée et que le mode opératoire des travaux est finalisé.

3.2.5 Assistance à la passation de contrats de travaux (ACT)

IRH a pour rôle, au cours de la mission ACT, de :

- accompagner le Maître d'Ouvrage dans la passation des contrats de travaux de façon à retenir l'offre la mieux adaptée à ses besoins ;
- passer un marché de travaux conformément au Code de la commande publique en limitant les risques de recours pendant la procédure ;
- conclure un marché de travaux solide permettant de défendre les intérêts du Maître d'Ouvrage et de réunir les conditions nécessaires au déroulement harmonieux du marché.

IRH rédige donc le Dossier de Consultations des Entreprises (DCE), en définissant précisément les cadres technique et contractuel de la consultation, analyse les offres des entreprises et examine les pièces contractuelles du marché établi.

3.2.6 VISA des documents d'exécution (VISA)

La phase VISA a pour objectif d'assurer au Maître d'Ouvrage que les documents remis par l'entrepreneur respectent les dispositions du marché de travaux, sont conformes au marché et ne comportent ni erreurs, omissions, ni contradictions décelables par un homme de l'art.

Pour faciliter les échanges, un fichier de suivi des VISA est établi avec une classification des avis attribués par le maître d'œuvre :

- **VSR** : Visé Sans Réserve, autorise l'émission du Bon Pour Exécution (BPE) et la réalisation des travaux ;
- **VAR** : Visé Avec Réserves, autorise la poursuite du processus de réalisation moyennant la prise en compte de l'observation au stade du BPE ;
- **R** : Refusé, à modifier et à soumettre de nouveau.

3.2.7 Ordonnance, pilotage et coordination (OPC)

En phase d'**étude**, IRH procède à une analyse détaillée des contraintes du site, et les formalités nécessaires à la réalisation du chantier.

En phase de **préparation**, IRH met en place l'organisation du chantier avec les entreprises. Une mise au point est également faite sur les tâches à réaliser pour chaque entreprise et IRH détermine la planification et la coordination dans le temps des études d'exécution.

En phase d'**exécution des travaux**, IRH effectue hebdomadairement des réunions de coordinations, préparées au préalable avec les entreprises.

IRH procède au constat des retards de démarrage ou de fin de tâches planifiées. En cas de besoin, un recalage du calendrier d'exécution sera réalisé.

En phase de **réception**, IRH assiste le maître d'ouvrage pour les visites préparatoires à la réception (opérations préalables à la réception ou OPR).

À la suite de la réception des ouvrages avec ou sans réserve, IRH contrôle l'exécution de la levée des réserves figurant au procès-verbal de réception.

Enfin, pour l'établissement du décompte général des dépenses (DGD), une éventuelle répartition des pénalités peut être réalisée par IRH, suivant les pièces émises en cours de chantier pour justifier ou non les retards constatés.

3.2.8 Direction de l'exécution des travaux (DET)

La direction de l'exécution des travaux porte sur un contrôle de la conformité de l'exécution des ouvrages par rapport aux pièces contractuelles, notamment le respect des délais, ainsi que sur le suivi administratif et financier de chantier.

Avant le démarrage des travaux, une réunion publique est organisée par IRH à destination de la population locale et des usagers dans le but de présenter les travaux prévus ainsi que l'entreprise retenue et les modalités d'exécutions.

Un suivi administratif et financier est effectué par IRH. De plus, le maître d'œuvre s'engage, pendant la période de travaux, à vérifier l'avancement en tenant un journal de bord, en faisant des réunions hebdomadaires sur le chantier et en validant toutes les modifications éventuelles apportées au projet.

3.2.9 Assistance lors des opérations de réception (AOR)

Lors de cette phase, le maître d'œuvre assure le maître d'ouvrage de son assistance pour les opérations de mise en service et de réception de l'installation.

À l'issue des travaux, en vue de l'établissement du constat de fin de travaux de construction, la mission d'IRH consiste :

- à dresser l'inventaire des ouvrages et des matériels objets du marché ;
- à vérifier leur réalisation ;
- à relever les omissions, imperfections ou malfaçons, qui devront être consignées au procès-verbal et que l'entreprise sera tenue de reprendre, de compléter, ou de terminer.

IRH rédige les procès-verbaux et vérifie les calendriers et planning élaborés par l'entreprise pour les travaux permettant la levée des réserves et propose la réception avec ou sans réserve des ouvrages.

Le maître d'œuvre vérifie le contenu et la conformité du dossier des ouvrages exécutés remis par les entreprises avec notamment la cartographie de récolement des travaux de plantation de ripisylve ainsi que les plans de récolement des aménagements d'ouvrages hydrauliques et les instructions de suivi des aménagements. La réception des travaux peut être prononcée au terme de l'exécution concluante des travaux et des essais.

IRH assiste le maître d'ouvrage également pendant la durée de parfait achèvement. Sur apparition d'un désordre signalé, IRH se déplace sur site pour prendre connaissance de sa nature, en évaluer la cause probable afin de proposer une solution de remédiation. Ces éléments sont fournis au Maître d'Ouvrage sous la forme d'un rapport incluant les formalités, garanties et entreprises en cause et les suites à donner.

4 Rappel du contexte et des objectifs de l'étude

4.1 Contexte de l'étude ^[19]

À la suite du diagnostic établi par le bureau d'étude SINBIO en 2016, la Communauté de Communes de l'Aire à l'Argonne a souhaité poursuivre sa démarche en recrutant un bureau d'études pour réaliser la maîtrise d'œuvre du programme de travaux.

L'objectif est de réétudier les propositions faites par le bureau d'études SINBIO, de les justifier voire de les adapter.

L'étude sera effectuée sur un périmètre restreint :

- 19 tronçons de la Chée,
- 1 tronçon de la Nausonce.

Le tout correspondant à un linéaire d'environ 40 km de cours d'eau (Cf. figure 10).

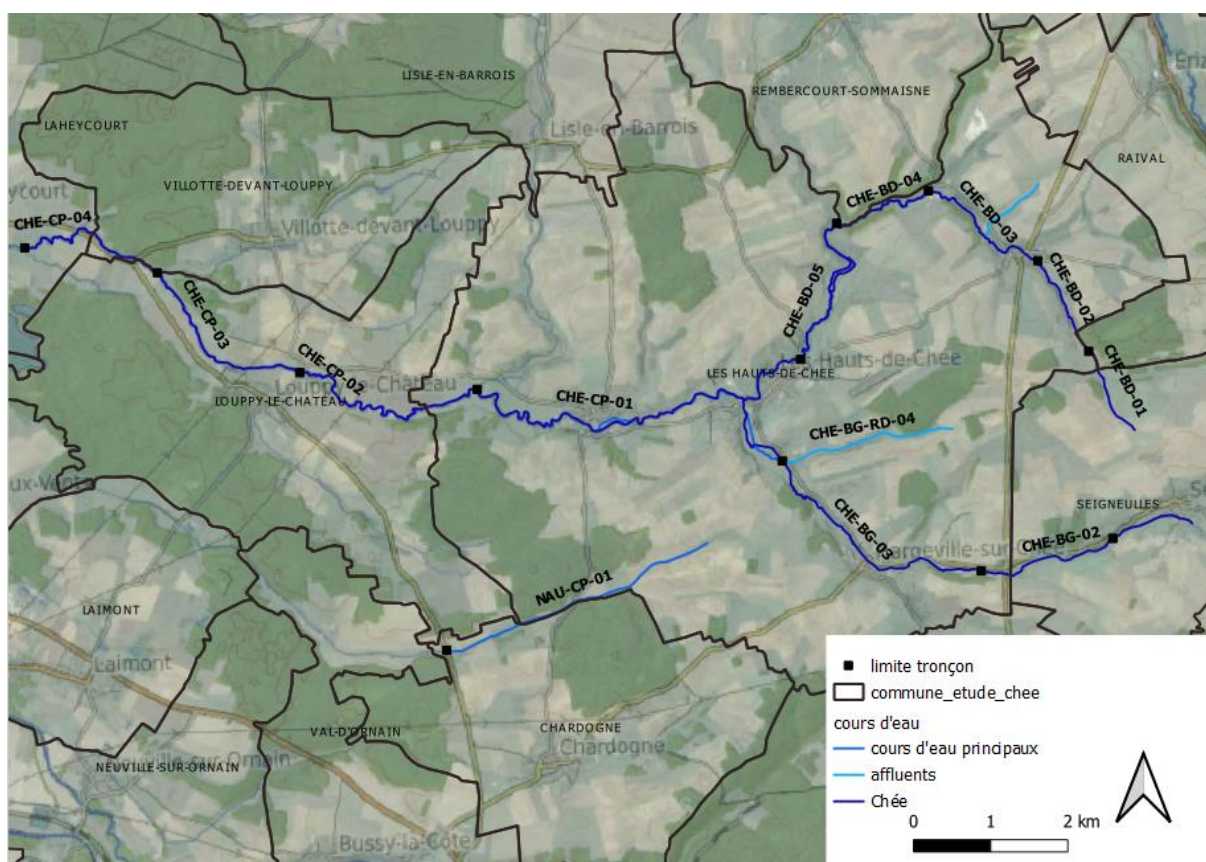


Figure 10 : Secteur d'étude

(Source : IRH)

Les propositions d'action émises par SINBIO concernent :

- L'aménagement / effacement d'ouvrages hydrauliques,
- La restauration du lit en traversée de village,
- La restauration du lit en zone agricole,
- La reconstitution de la ripisylve et lutte contre le piétinement du lit,
- La préservation des zones humides,
- La gestion de la ripisylve,
- Les coupes particulières,
- Les interventions d'urgence

Le programme de travaux établi par SINBIO est décrit dans le tableau 3 suivant :

Tableau 3 : Récapitulatif des actions proposées par SINBIO et leurs coûts prévisionnels

(Source : Etude SINBIO)

Tronçons et Communauté de communes	Linéaire (ml)	Traitement de la végétation (€ H.T.)	Coupes de Saules têtards, peupliers et résineux (€ H.T.)	Plantations de haie et ripisylve (€ H.T.)	Mesures de protection de la ripisylve et du lit (€ H.T.)	Aménagement de zones humides (€ H.T.)	Restauration de la continuité écologique (ouvrage ou plan d'eau) (€ H.T.)	Aménagement du lit mineur et des berges (€ H.T.)	Montant Total des travaux (€ H.T.)
CHE-BD-01	1 257								0,00 €
CHE-BD-02	1 412	1 859,00 €							1 859,00 €
CHE-BD-03	2 030	9 981,00 €	1 600,00 €	1 467,20 €	8 192,00 €				21 240,20 €
CHE-BD-04	1 602	7 850,50 €		2 133,60 €	10 096,00 €		1 500,00 €		21 580,10 €
CHE-BD-05	2 544	15 416,00 €	2 400,00 €				1 500,00 €		19 316,00 €
CHE-BD-06	1 245	12 118,00 €					10 500,00 €	93 500,00 €	116 118,00 €
CHE-BD-RD-06	1 028	173,25 €		277,20 €		1 696,00 €			2 146,45 €
CHE-BG-01	1 136	6 835,00 €					5 000,00 €		11 835,00 €
CHE-BG-02	1 931	721,00 €		10 220,00 €	40 200,00 €			6 000,00 €	57 141,00 €
CHE-BG-03	3 566	30 512,50 €	1 600,00 €	1 786,40 €	6 608,00 €		5 000,00 €		45 506,90 €
CHE-BG-04	1 153	12 595,00 €	1 600,00 €				9 000,00 €		23 195,00 €
CHE-BG-04a	468	5 203,00 €							5 203,00 €
CHE-BG-04b	431	4 774,00 €	800,00 €						5 574,00 €
CHE-BG-RD-04	2 297	2 331,00 €				3 680,00 €			6 011,00 €
CHE-CP-01	4 963	23 644,75 €	1 000,00 €	2 167,20 €			176 000,00 €	52 500,00 €	255 311,95 €
CHE-CP-01a	521	3 496,50 €	200,00 €	120,40 €			1 500,00 €		5 316,90 €
CHE-CP-02	3 504	15 601,25 €	600,00 €	604,80 €			14 000,00 €		30 806,05 €
CHE-CP-03	2 614	15 021,50 €	1 850,00 €				140 000,00 €		156 871,50 €
CHE-CP-04	2 419	12 290,25 €	200,00 €			1 216,00 €	185 000,00 €		198 706,25 €
NAU-CP-01	3 729	3 563,00 €	2 800,00 €	16 661,03 €			6 000,00 €		30 254,53 €
TOTAL (€ H.T.)	39 850	183 986,50 €	14 650,00 €	35 437,83 €	65 096,00 €	6 592,00 €	555 000,00 €	152 000,00 €	1 013 992,83 €

À la suite des propositions faites par SINBIO, une priorisation a été effectuée et seulement certaines des actions proposées ont été retenues par la Communauté de Communes de l'Aire à l'Argonne pour leur nouveau programme de restauration et de gestion de la Chée et de la Nausonce.

Le maître d'ouvrage a également ajouté un système d'intervention d'urgence pour la gestion de la ripisylve afin d'éviter les entretiens superflus.

Les actions comprises dans le marché sont réunies dans le tableau ci-dessous (Cf. figure 11) :

VOLET DE TRAVAUX	RESTAURATION				GESTION			TOTAL (€ H.T.)
	AMENAGEMENT/ EFFACEMENT D'OUVRAGE	RESTAURATION DU LIT	RECONSTITUTION DE LA RIPISYLVE ET LUTTE CONTRE LE PIETINEMENT DU LIT	ZONES HUMIDES	RIPISYLVE	COUPES PARTICULIÈRES	INTERVENTIONS D'URGENCE	
Tonçon	Coût total (€ H.T.)	Coût total (€ H.T.)	Coût total (€ H.T.)	Coût total (€ H.T.)	Coût total (€ H.T.)	Coût total (€ H.T.)	Coût total (€ H.T.)	
CHE-BD-03			9 660 €					9 660 €
CHE-BD-04	1 500€		12 230 €					13 730 €
CHE-BD-05	1 500€							1 500 €
CHE-BD-06	10 500€	93 500 €			12 100 €			116 100 €
CHE-BD-RD-06				1 700 €				1 700 €
CHE-BG-01	5 000€							5 000 €
CHE-BG-02		6 000 €	50 420 €					56 420 €
CHE-BG-03	5 000€		8 400 €		30 500 €	1 600 €		45 500 €
CHE-BG-04					12 600 €	1 600 €		14 200 €
CHE-BG-04a					5 200 €			5 200 €
CHE-BG-04b					4 800 €	800 €		5 600 €
CHE-BG-RD-04				3 680 €				3 680 €
CHE-CP-01	16 000 €	52 500 €	2 170 €		23 700 €	1 000 €		95 370 €
CHE-CP-01a	1 500 €		120 €					1 620 €
CHE-CP-02	14 000€		600 €					14 600 €
CHE-CP-04				1 210 €	4 400 €			5 610 €
NAU-CP-01			12 510 €					12 510 €
Ensemble du linéaire							22 000 €	22 000 €
TOTAL	55 000€	152 000€	96 100€	6 600 €	93 300 €	5 000 €	22 000 €	430 000 €

Figure 11 : Récapitulatif des actions retenues par la CCAA et leurs coûts prévisionnels
(Source : CCTP [19])

4.2 Enjeux de l'étude

4.2.1 Population piscicole [20]

La Chée et la Nausonce sont des cours d'eau classés en première catégorie piscicole, c'est-à-dire qu'ils peuvent accueillir une population d'espèces de salmonidés.

Sur le secteur d'étude, l'état piscicole est considéré comme moyen et l'espèce la plus représentée est la truite fario mais la présence de vairons, goujons, chabots et loches a été observée lors des différentes pêches. De plus, les frayères sont éparées sur toute la zone d'étude comme le montre la figure 12

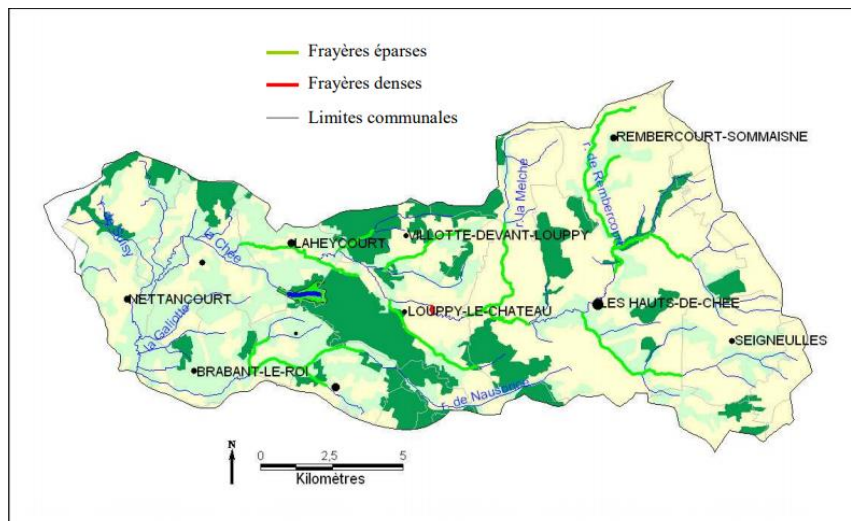


Figure 12 : Localisation des principaux sites de frayères à truite fario
(Source : SDVP 55)

4.2.2 État des cours d'eau [21]

D'après l'état des lieux des cours d'eau de Lorraine de la Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) de 2013, le potentiel écologique est classé comme bon à moyen pour la Chée et la Nausonce. De plus, grâce à l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) et l'Indice Biologique Diatomées (IBD), on peut considérer que l'état biologique est également bon à moyen. Cependant, il est présenté dans l'état des lieux que l'état chimique, de la Chée et de la Nausonce, est très mauvais notamment dû aux Hydrocarbures Polycycliques Aromatiques (HAP). Les résultats sont présentés dans le tableau 4, ci-dessous :

Tableau 4 : Récapitulatif de la qualité des eaux
(Source : IRH)

LIBELLE	STATION	ANNEE	ETATECOLO	ETATECOLO HPS	ETATBIO	ETATPCH	ETATPS	IBD	IBG
LA CHÉE A LES HAUTS-DE-CHEE 1	03096351	2012	3	3		3	2		
		2013	3	3	3	3	2	3	1

4.2.3 Zones remarquables autour du périmètre d'intervention

Il est nécessaire, avant de commencer un projet et de proposer des aménagements, d'être conscient des enjeux du site notamment au niveau des zones naturelles protégées par de lourdes réglementations. Le secteur d'étude se trouve à proximité de trois zones remarquables (Cf. figure 13) :

- Une ZPS : les forêts et étangs d'Argonne et vallée de l'Ornain
- Une ZNIEFF de type 2 : La forêt de Lisle-en-Barrois
- Une ZICO : les étangs d'Argonne

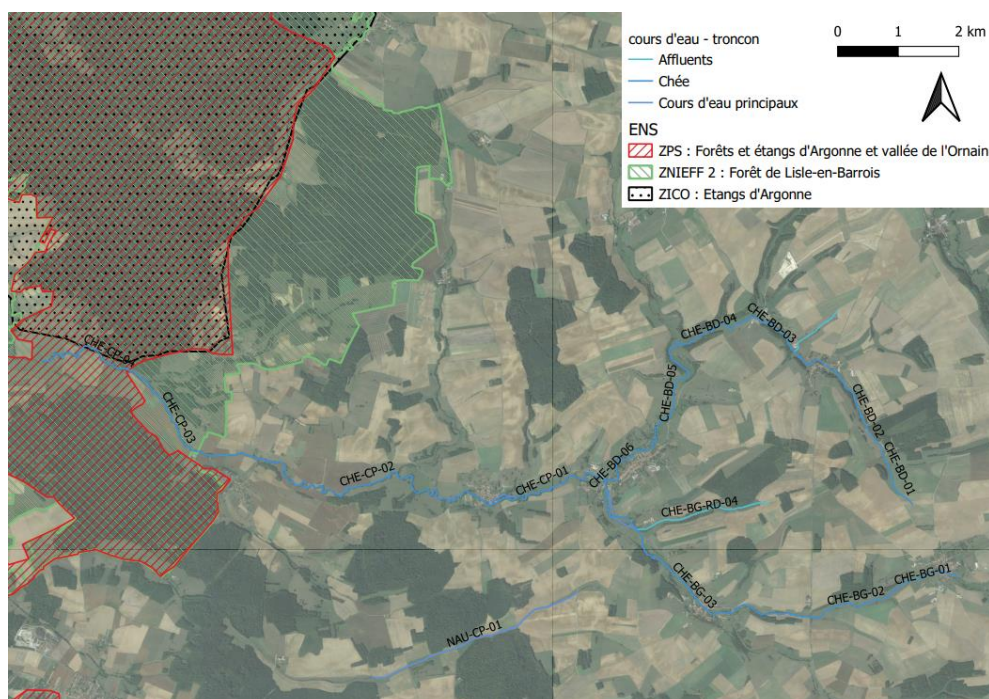


Figure 13 : Sites remarquables à proximité de la zone d'étude
(Source : IRH)

4.2.4 Contraintes

En plus des différents enjeux présentés ci-dessus, certaines contraintes sont à prendre en compte pour les aménagements.

En effet, le secteur est essentiellement constitué de parcelles agricoles utilisées pour la culture ou le pâturage. Les interventions comme la pose de clôture, d'abreuvoirs, de passage à gué, mais également l'entretien, la plantation de ripisylve ou encore la diversification sont essentiellement situées sur ces parcelles agricoles. Afin d'effectuer ces actions, il est nécessaire d'obtenir, en amont des travaux, une autorisation de la part des exploitants agricoles ou des propriétaires des parcelles. Cependant, comme la Chée et la Nausonce sont des cours d'eau non classés, il n'existe aucun texte qui oblige les propriétaires à rétablir la continuité écologique. De ce fait, si les autorisations ne sont pas conclues, les travaux sur les parcelles concernées ne peuvent pas se faire. De plus, les travaux en zone urbaine sont plus délicats en raison du manque d'accessibilité potentiel à certaines zones.

5 Mise en œuvre

5.1 Options et solution retenue

IRH a réalisé une reconnaissance terrain le 17 mars et le 7 avril 2021 en présence partielle du maître d'ouvrage. L'ensemble du linéaire d'étude a été parcouru à pied. Des adaptations aux travaux initialement présentés par SINBIO sont proposées. Ci-dessous quelques tronçons concernés par une adaptation de travaux, le reste de la reconnaissance terrain se trouve en Annexe 1.

5.1.1 CHE – BD – 02

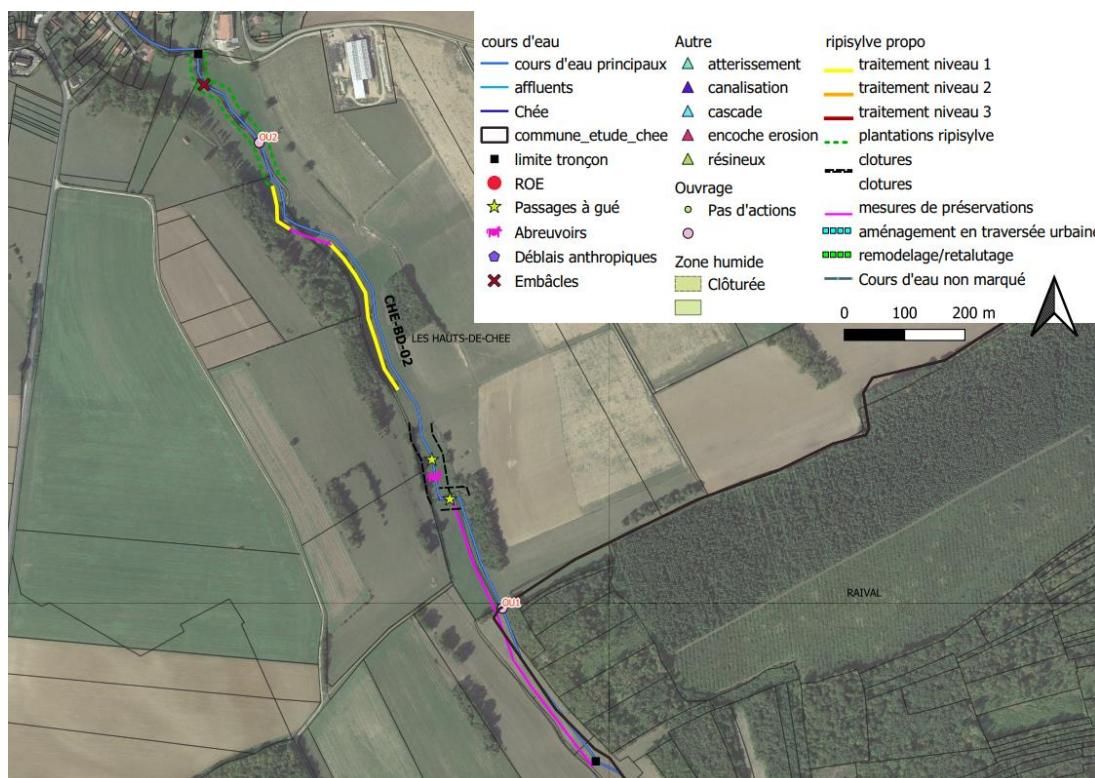


Figure 14 : Tronçon CHE-BD-02

(Source IRH)

Le tronçon CHE – BD – 02 (Cf. figure 14) n'était concerné par aucun travaux. Cependant, il a été observé la présence de deux ouvrages infranchissables (OU1 et OU2 : Cf. figure 15) qui perturbent la continuité écologique du cours d'eau, il est donc proposé d'intégrer leur effacement dans le programme de travaux.



Figure 15 : Ouvrages OU1 et OU2, Les-Hauts-de-Chée_17/03/2021

(Source IRH)

De plus, le cours d'eau est situé sur des parcelles agricoles qui sont pâturées et qui ne sont pas toutes aménagées pour protéger le cours d'eau lors de la présence des animaux (Cf. figure 16). C'est

pourquoi, la pose de clôtures, la mise en place de deux passages à gué et d'un abreuvoir sont proposés à intégrer au programme de travaux.



Figure 16 : Cours d'eau traversant une parcelle non protégée, Les-Hauts-de-Chée_ 17/03/2021
(Source IRH)

Au niveau de la ripisylve présente sur le tronçon, cette dernière ne nécessite aucun entretien. Cependant, à l'aval du tronçon, il a été observé un manque de végétation qui nécessite donc une plantation afin de reconstituer la ripisylve. Il a également été observé la présence d'un embâcle.

5.1.2 CHE – BG – 02

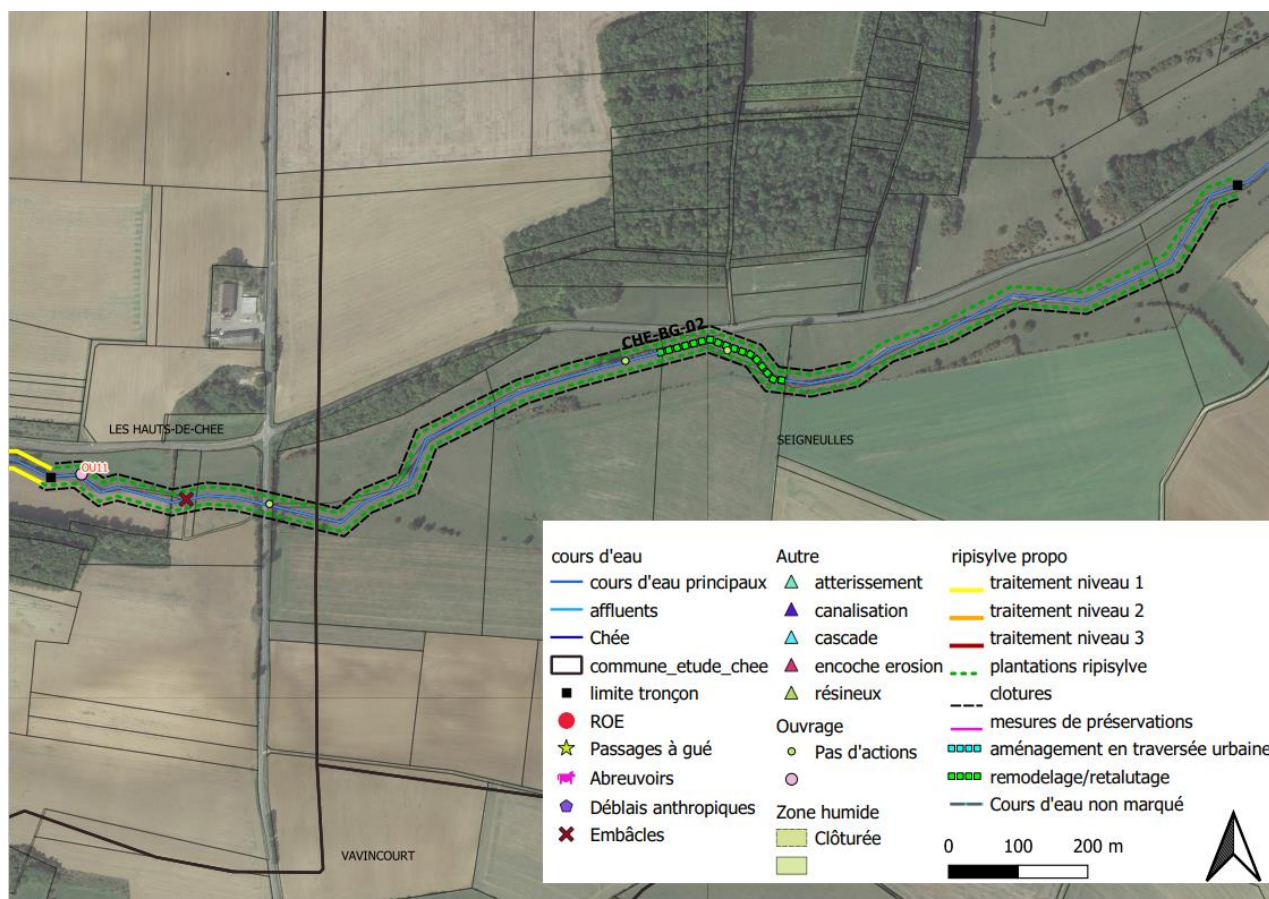


Figure 17 : Tronçon CHE-BG-02
(Source IRH)

Il était prévu sur ce tronçon un remodelage du cours d'eau sur sa totalité ainsi que des travaux de plantation et de mise en défens des berges (Cf. figure 17).

À la suite de la reconnaissance terrain, il apparaît que seul un tronçon nécessite des travaux de remodelage, en revanche, les travaux de plantation sont nécessaires sur la totalité du tronçon (Cf. figure 18).

Il a également été observé la présence d'un ouvrage (OU11 : Cf. figure 19) impactant, il est donc proposé de le supprimer.



Figure 18 : Zone dépourvue de végétation, Seigneulles_ 17/03/2021
(Source IRH)



Figure 19 : Seuil OU11 à supprimer, Seigneulles_ 17/03/2021
(Source IRH)

5.2 Récapitulatif global du programme d'action proposé par IRH

Le récapitulatif total du programme de travaux proposé par IRH est présenté en Annexe 2.

5.3 Étude hydrologique

Une étude hydrologique a été réalisée afin d'évaluer les capacités des cours d'eau à se restaurer et de déterminer les débits des secteurs concernés par des aménagements pour permettre leurs dimensionnements.

5.3.1 Caractérisation des bassins versants

La Chée est un affluent du Saulx en rive droite. Il possède lui-même plusieurs petits affluents, qui prennent leurs sources sur les versants, dont le principal est la Melche (9 km).

5.3.1.1 La Chée à Villotte-devant-Louppy

La superficie du bassin versant est de 114 km². De forme homogène, il mesure environ 15,5 km de long pour 8.5 km de large en moyenne. Sa pente moyenne est de 0.78 %. Le relief oscille entre 315.05 m

NGF aux points hauts et 167.79 m NGF à la confluence avec le Ruisseau du Matron. En partie aval, le cours d'eau présente une largeur d'environ 1.50 m. Les versants sont peu abrupts avec des pentes de 1 à 6%.

Le bassin versant est majoritairement agricole. Sept zones urbaines sont présentes sur le bassin versant : Rembercourt-Sommaise, Hargeville-sur-Chée, Condé-en-Barrois, Génicourt-sous-Condé, Louppy-sur-Chée, Louppy-le-Château et Villotte-devant-Louppy.

La Chée à Villotte-devant-Louppy présente des fluctuations saisonnières de débit importantes, avec des hautes eaux d'hiver portant le débit mensuel moyen à un niveau situé entre 2.38 et 3.29 m³/s, de décembre à mars inclus (maximum en janvier). Les basses eaux ont lieu en fin d'été et au début de l'automne, avec une baisse du débit moyen mensuel allant jusqu'à 0.39 m³/s au mois d'août (Cf. figure 20).

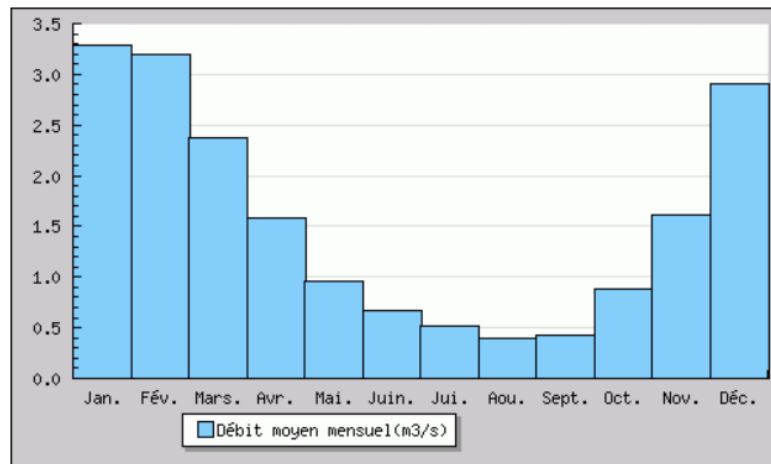


Figure 20 : Débit moyen mensuel de la Chée à Villotte-devant-Louppy en m³/s
(Source : Banque HYDRO : <http://www.hydro.eaufrance.fr/>)

5.3.1.2 La Chée à Bettancourt-la-Longue

La superficie du bassin versant est de 215 km². De forme homogène, il mesure environ 26 km de long pour 8 km de large. Sa pente moyenne est de 0.53 %. Le relief oscille entre 315.05 m NGF aux points hauts et 130.13 m NGF à la confluence avec le Grand Bras. Les versants sont peu abrupts avec des pentes de 1 à 10 %.

Le bassin versant est majoritairement agricole et quatorze communes sont présentes sur le bassin versant.

La Chée à Bettancourt-la-Longue présente des fluctuations saisonnières de débit importantes, avec des hautes eaux d'hiver portant le débit mensuel moyen à un niveau situé entre 4.08 et 5.49 m³/s, de décembre à mars inclus (maximum en février). Les basses eaux ont lieu en fin d'été et au début de l'automne, avec une baisse du débit moyen mensuel allant jusqu'à 0.65 m³/s au mois de septembre (Cf. figure 21)

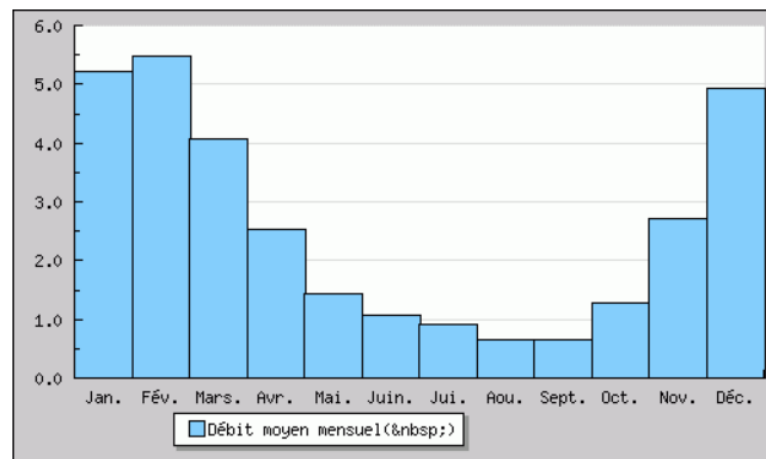


Figure 21 : Débit moyen mensuel de la Chée à Bettancourt-la-Longue en m³/s
(Source : Banque HYDRO : <http://www.hydro.eaufrance.fr/>)

5.3.1.3 Exutoire du secteur d'étude et tronçons CHE-BD-06 et CHE-CP-01

La superficie du bassin versant est d'environ 124 km². De forme homogène, il mesure environ 15.5 km de long pour 8.5 km de large en moyenne. Sa pente moyenne est de 0.76 %. Le relief oscille entre 315.5 m aux points hauts et 163.84 m au niveau du point d'exutoire. Le bassin versant est majoritairement constitué de terres agricoles.

Les superficies des bassins versants correspondant aux tronçons CHE-BD-06 et CHE-CP-01 sont respectivement de 38.71 km² et 73.88 km².

5.3.2 Définition des débits

La Chée possède deux stations hydrométriques sur son cours : Villotte-devant-Louppy, en fonctionnement de 1968 à 2021 soit 54 années et Bettancourt-la-Longue, en fonctionnement de 1971 à 2021 soit 51 années.

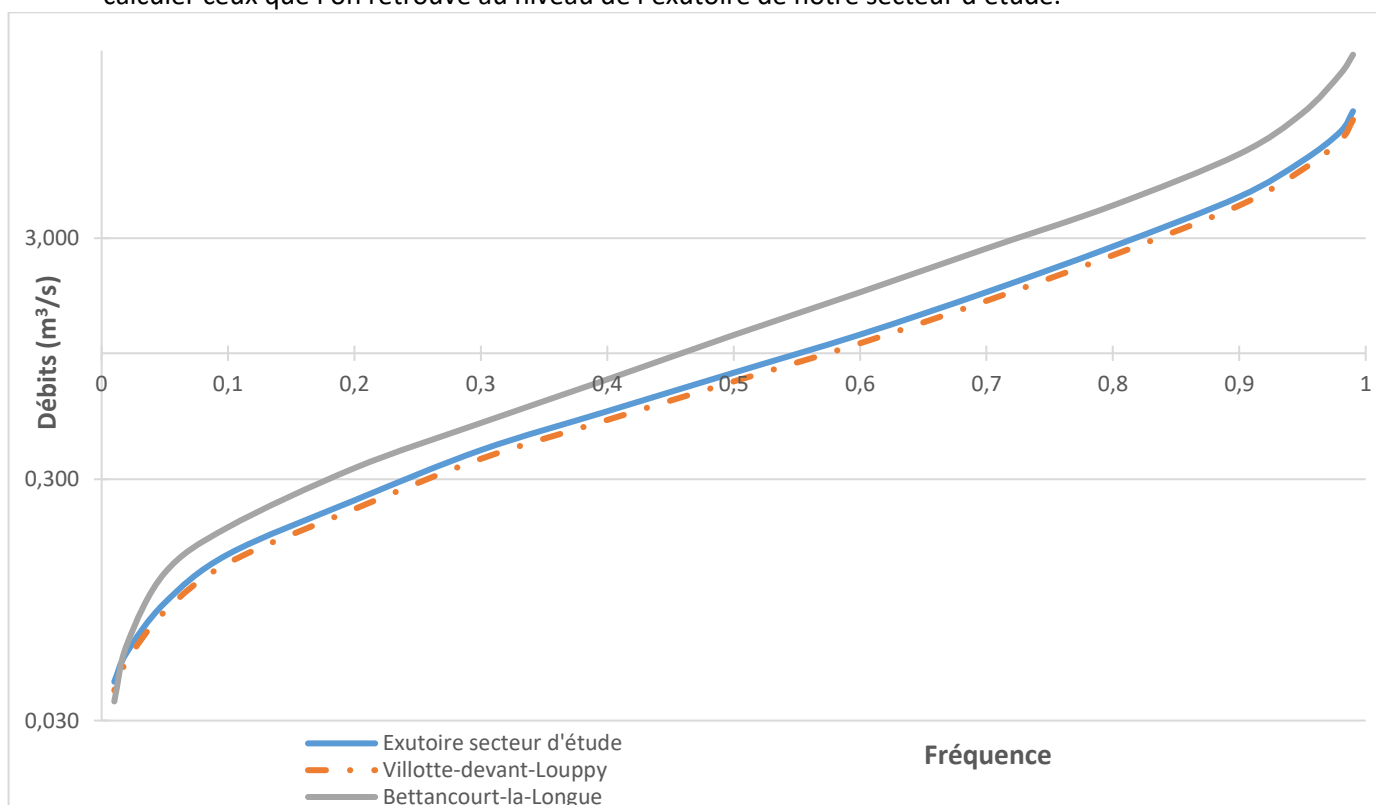
Les débits ont été définis en suivant la méthode détaillée en Annexe 3.

5.3.3 Résultats

5.3.3.1 Les débits classés

Les débits classés de la Chée sont représentés ci-dessous (Cf. figure 22). Ils correspondent aux débits en fonction de la fréquence durant laquelle ces débits ont été atteints.

Grâce à la formule de Myers et aux débits mesurés au niveau des différentes stations, on peut calculer ceux que l'on retrouve au niveau de l'exutoire de notre secteur d'étude.



Fréquences	0,99	0,98	0,95	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Débit Villotte-devant-Louppy (m3/s)	9,28	7,63	5,78	4,1	2,55	1,65	1,1	0,764	0,529	0,365	0,226	0,135	0,085	0,053	0,04
Débit exutoire secteur étude (m3/s)	10,084	8,291	6,281	4,455	2,771	1,793	1,195	0,830	0,575	0,397	0,246	0,147	0,092	0,058	0,043
Débit Bettancourt-la-Longue (m3/s)	17,3	14,4	9,9	6,7	4,1	2,72	1,79	1,19	0,779	0,514	0,334	0,19	0,123	0,062	0,036

Figure 22 : Débits classés naturels de la Chée
(Source : Banque HYDRO : <http://www.hydro.eaufrance.fr/>)

5.3.3.2 Le module

Dans le cadre de la convention signée avec l'Onema, Irstea (anciennement Cemagref) a réalisé une cartographie nationale présentant différents débits de référence. Près de quatre ans de travail et de recherche ont été nécessaires à la réalisation de cette cartographie nationale qui intègre, par modélisation, le module ainsi que le débit mensuel minimal annuel de période de retour 5 ans (QMNA5).

Les débits moyens interannuels (appelés modules) calculés aux différents points de l'étude sont les suivants (Cf. tableau 5) :

Tableau 5 : Modules calculés aux différents points de l'étude

(Source : IRH)

Points étudiés	Superficie (km ²)	Module calculé à partir de la station de Bettancourt-la-Longue (m ³ /s)	Module calculé à partir de la station de Villotte-devant-Louppy (m ³ /s)	Module modélisé par l'Irstea (m ³ /s)	Ecart relatif entre Irstea et station Villotte-devant-Louppy (m ³ /s)	Ecart en %
Exutoire de la zone d'étude	123.87	1.481	1.695	1.537	0.158	9.33
CHE-BD-06	38.71	0.463	0.529	0.518	0.012	2.22
CHE-CP-01	73.88	0.883	1.011	1.036	0.025	2.48

Au vu du réseau hydrographique du bassin versant de l'étude et de ceux des tronçons étudiés, les modules calculés seront similaires à celui de la station de Villotte-devant-Louppy car l'exutoire et les tronçons sont proches de cette station. Cependant, on conserve les modules les plus critiques pour pouvoir dimensionner. On a donc, pour l'exutoire, un module calculé de 1.537 m³/s, pour le tronçon CHE-BD-06 un module de 0.518 m³/s et un module de 1.011 m³/s pour le tronçon CHE-CP-01.

Les modules ont été comparés à ceux de l'IRSTEA, la différence entre ces données est faible (inférieure à 15%). En conséquence, la méthodologie peut être validée.

5.3.3.3 Le débit de crue

Les débits de crues Q5 et Q10, calculés aux différents points de l'étude sont les suivants (Cf. tableaux 6, 7 et 8) :

Tableau 6 : Temps de concentration obtenus par les différentes formules

(Source : IRH)

Points étudiés	Aire (km ²)	Longueur hydraulique max (m)	Pente (m/m)	Tc Giandotti (min)	Tc Passini (min)	Tc Ventura (min)	Tc GEMAGREF (min)	Tc Moyen (min)
Exutoire de la zone d'étude	123.87	24 338	0.0076	448	1080	975	254	689
CHE-BD-06	38.71	7 588	0.0135	103	80	409	164	189
CHE-CP-01	73.88	15 977	0.0074	189	172	763	203	333

Tableau 7 : Débits de crues Q5 calculés aux différents points de l'étude

(Source : IRH)

Points étudiés	Superficie (km ²)	Q5 calculé à partir de la station de Bettancourt-la-Longue (m ³ /s)	Q5 calculé à partir de la station de Villotte-devant-Louppy (m ³ /s)	Q5 calculé à partir de la formule rationnelle (m ³ /s)	Ecart relatif entre formule rationnelle et station Villotte-devant-Louppy (m ³ /s)	Ecart en %
Exutoire de la zone d'étude	123.87	17.37	24.58	26.62	2.04	7.7
CHE-BD-06	38.71	6.85	9.69	20.79	11.09	53.4
CHE-CP-01	73.88	11.49	16.26	27.36	11.11	40.6

Tableau 8 : Débits de crues Q10 calculés aux différents points de l'étude
 (Source : IRH)

Points étudiés	Superficie (km ²)	Q10 calculé à partir de la station de Bettancourt-la-Longue (m ³ /s)	Q10 calculé à partir de la station de Villotte-devant-Louppy (m ³ /s)	Q10 calculé à partir de la formule rationnelle (m ³ /s)	Ecart relatif entre formule rationnelle et station Villotte-devant-Louppy (m ³ /s)	Ecart en %
Exutoire de la zone d'étude	123.87	21.75	28.62	34.16	5.54	16.2
CHE-BD-06	38.71	9.64	12.68	26.07	13.39	51.4
CHE-CP-01	73.88	15.15	19.93	34.66	14.73	42.5

Ces données ont été comparées aux débits de l'IRSTEA. Les différences entre ces données sont faibles (inférieures à 15%) ou limites pour l'exutoire. En conséquence, la méthodologie peut être validée pour l'exutoire.

Cependant, on peut remarquer que les différences sont beaucoup plus importantes pour les tronçons étudiés, cela peut s'expliquer par la superficie des bassins versants qui n'est pas similaire à celle de la station Villotte-devant-Louppy.

Les débits de crues ont également été calculés en appliquant la formule de Myers aux données SHYREG. Les résultats sont présentés dans le tableau 9 :

Tableau 9 : Débits de crues calculés aux différents points de l'étude
 (Source : IRH)

Points étudiés	Superficie (km ²)	Q2 (m ³ /s)	Q5 (m ³ /s)	Q10 (m ³ /s)
Exutoire de la zone d'étude	123.87	17.7	24.26	29.25
CHE-BD-06	38.71	7.31	10.03	12.29
CHE-CP-01	73.88	12.94	17.45	21.23

Les débits conservés doivent être les plus critiques. On retiendra donc la méthode rationnelle pour l'exutoire d'étude et la méthode SHYREG pour les tronçons.

5.3.3.4 Le débit d'étiage

Les débits d'étiage calculés aux différents points de l'étude sont les suivants :

Tableau 10 : Débits d'étiages calculés aux différents points de l'étude
 (Source : IRH)

Points étudiés	Superficie (km ²)	QMNA5 calculé à partir de la station de Bettancourt-la-Longue (m ³ /s)	QMNA5 calculé à partir de la station de Villotte-devant-Louppy (m ³ /s)	QMNA5 modélisé par l'Irstea (m ³ /s)	Ecart relatif entre Irstea et station Villotte-devant-Louppy (m ³ /s)	Ecart en %
Exutoire de la zone d'étude	123.87	0.045	0.087	0.079	0.01	9.49
CHE-BD-06	38.71	0.011	0.022	0.02	0.002	7.47
CHE-CP-01	73.88	0.024	0.047	0.043	0.004	8.39

Au vu du réseau hydrographique du bassin versant de l'étude et de ceux des tronçons étudiés, les débits d'étiages calculés seront similaires à celui de la station de Villotte-devant-Louppy car l'exutoire et les tronçons sont proches de cette station. Cependant, on conserve les débits d'étiages les plus critiques pour pouvoir dimensionner. On a donc, pour l'exutoire, un QMNA5 calculé de 0.079 m³/s, pour le tronçon CHE-BD-06 un QMNA5 de 0.02 m³/s et un QMNA5 de 0.043 m³/s pour le tronçon CHE-CP-01.

Les données de références ont été comparées aux débits calculés (Cf. tableau 10). Les différences entre ces données sont faibles (inférieures à 15%), la méthodologie est donc validée.

Finalement, on a, pour chaque point étudié, les débits suivants (Cf. tableau 11) :

Tableau 11 : Débits calculés aux différents points de l'étude

(Source : IRH)

Points étudiés	Superficie (km ²)	QMNA5 (m ³ /s)	Module (m ³ /s)	Q2 (m ³ /s)	Q5 (m ³ /s)	Q10 (m ³ /s)
Exutoire de la zone d'étude	123.87	0.079	1.537	17.70	26.62	34.16
CHE-BD-06	38.71	0.02	0.518	7.31	10.03	12.29
CHE-CP-01	73.88	0.043	1.036	12.94	17.45	21.23

5.3.3.5 Puissance spécifique et auto-restauration

Un cours d'eau tend naturellement à faire évoluer ses caractéristiques physiques de manière plus ou moins dynamique. Ses capacités d'ajustement à la suite de travaux de recalibrage étant en grande partie fonction de sa puissance spécifique. Or cette puissance, directement dépendante du débit et de la pente, est généralement faible sur les cours d'eau de plaine, ils ne développent pas suffisamment d'énergie pour retrouver un cours naturel. Ainsi, du fait de cette bonne capacité motrice, ces petits cours d'eau récupèrent difficilement un bon état et leurs fonctionnalités à la suite des travaux d'hydrauliques.

Des études ont été menées afin de classifier les cours d'eau en fonction de cette puissance :

- Brooke (1988) [22] a étudié la puissance spécifique de plusieurs cours d'eau qui ont été rectifiés au Danemark dans des sols alluvionnaires et il a constaté que les cours d'eau tendent à méandrer à nouveau lorsque la puissance spécifique dépasse 35W/m².
- Brooke (1990) a résumé ses observations comme suit :
 - $\omega > 100 \text{ W/m}^2$ cours d'eau se tressant activement
 - $35 \text{ W/m}^2 < \omega < 100 \text{ W/m}^2$ cours d'eau qui forment des méandres de manière active
 - $5 \text{ W/m}^2 < \omega < 35 \text{ W/m}^2$ cours d'eau stable
 - $\omega < 8 \text{ W/m}^2$ cours d'eau avec sédimentation
- Ferguson (1981) [23] a établi une classification des méandres suivant leur activité et la puissance du cours d'eau. Les méandres libres se rencontrent en général dans les cours d'eau développant des puissances spécifiques de 10 à 100W/m². Les méandres actifs non confinés requièrent des puissances spécifiques supérieures à 30W/m² et les méandres libres inactifs se rencontrent lorsque les puissances spécifiques sont inférieures à 15W/m². Un méandre confiné est un méandre qui ne peut se développer librement à cause de l'étroitesse de la vallée.

Cette donnée permet d'estimer le potentiel dynamique du cours d'eau sur la zone d'étude concernée.

Ainsi, plus le cours d'eau sera actif, moins les aménagements permettant une amélioration de l'hydro morphologie devront être importants. Par exemple, sur un cours d'eau de forte puissance spécifique, doté de transport solide et d'une érodabilité des berges moyenne, les travaux de restauration peuvent se restreindre à la suppression des causes du dysfonctionnement : suppressions des stabilisations de berges par exemple.

En revanche, pour un cours d'eau de faible puissance spécifique, à l'érodabilité des berges et au transport solide faible, les travaux de restauration devront nécessiter des mesures d'accompagnements plus conséquentes.

La puissance spécifique est définie comme suit :

Équation 1 : Formule de la puissance spécifique

$$\omega = \frac{Q}{w} = \frac{\rho g Q_b S}{w}$$

Avec :

ρ = masse spécifique de l'eau (1000 kg/m³)

g = accélération gravitationnelle (9,8 m/s²)

Q_b = débit de plein bord (m³/s)

S = pente du cours d'eau (m/m)

W = largeur du cours d'eau (m)

Les débits de pleins bords de la formule de Manning Strickler.

En l'absence de levés topographiques, les pentes ont été calculées à partir des lignes topographiques sur Géoportail [24]. Les largeurs proviennent du diagnostic réalisé par SINBIO.

La puissance spécifique a donc été calculée pour les tronçons de notre secteur d'étude.

Elle est présentée dans le tableau récapitulatif ci-après (Cf. tableau 12), les différents bras sont tous stables, ils ne retrouveront donc pas naturellement une diversité des écoulements. Il est donc nécessaire d'effectuer des travaux afin de restaurer les cours d'eau de la zone d'étude.

Tableau 12 : Puissance spécifiques des différents bras

(Source : IRH)

	Ks (m ³ /s)	Surface mouillée (m ²)	Pente (m/m)	Rayon hydraulique (m)	QPB (m ³ /s)	ω (W/m ²)
La Chée	25	1,78	0,01	0,23	1,53	30,16
Bras droit	25	0,43	0,011	0,13	0,30	15,17
Bras gauche	25	0,33	0,01	0,15	0,22	14,17
Cours d'eau principal	25	5,71	0,00322	0,49	5,05	14,77
La Nausonce	25	0,225	0,009	0,142	0,145	8,529

Tous ces calculs ne représentent pas la réalité. En effet, il existe beaucoup d'incertitudes sur ces derniers notamment en hydrologie : le tracé des bassins versants n'est pas toujours optimal, les pentes et la géométrie des cours d'eau ne sont pas toujours représentatifs de la réalité et les calculs engendrent des inexactitudes.

5.4 Descriptif des travaux proposés

5.4.1 Volet gestion/préservation

5.4.1.1 Travaux d'entretien

Les travaux d'entretien sont composés de plusieurs actions :

- l'abattage qui est effectué dans un cadre préventif sur les arbres déjà morts ou penchés dans le cours d'eau ;
- l'élagage qui cible les arbres déséquilibrés, endommagés ou les espèces buissonnantes ;
- le débroussaillage permet de gérer les espèces qui ferment le milieu ;
- le retrait d'embâcles : les embâcles à éliminer seront ceux de grand volume diminuant fortement le gabarit du lit mineur ou produisant un effet de seuil important ;
- le retrait de déchets anthropiques
- la gestion d'atterrissement par scarification et/ou arasement afin de favoriser la remobilisation des matériaux et de limiter le risque d'inondation dans les secteurs à enjeux.

Les secteurs concernés par des travaux d'entretien sont représentés sur la figure 23 :

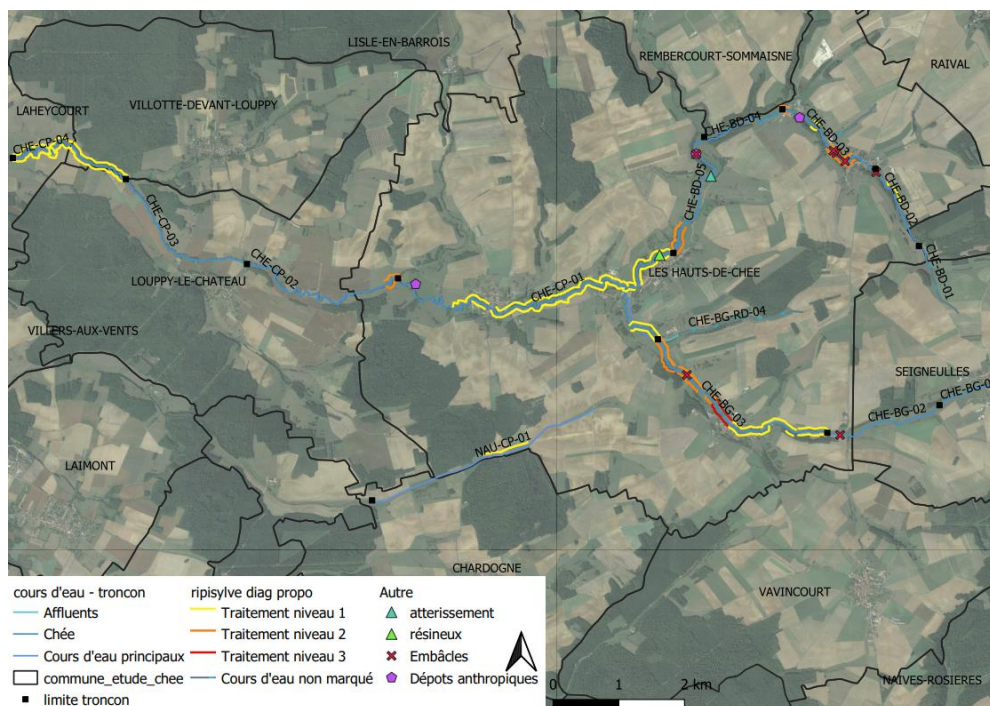


Figure 23 : Secteurs concernés par des travaux d'entretien

(Source : IRH)

Les linéaires totaux d'entretien de la ripisylve programmés sont présentés dans le tableau 13, ci-dessous.

Tableau 13 : Détail des travaux d'entretien sur le secteur d'étude par tronçon

(Source : IRH)

Tronçon	Entretien Niveau 1	Entretien Niveau 2	Entretien Niveau 3	Atterrissements	Déchets anthropiques	Embâcles
CHE-BD-02	338					1
CHE-BD-03	144	1 268			1	3
CHE-BD-05		1 948		1	1	1
CHE-BD-06	2 170					
CHE-BG-02						1
CHE-BG-03	2 753	2268	942			1
CHE-BG-04	966					
CHE-CP-01	6 115				1	
CHE-CP-02		1601				
CHE-CP-04	4838					
NAU-CP-01	705					
TOTAL	18 029 ml	7 085 ml	942 ml	1 u	3 u	7 u

5.4.1.2 Travaux de plantation

La plantation de ripisylve doit être effectuée avec des espèces autochtones adaptées au milieu. La plantation est réalisée en faisant une alternance entre des espèces arborées et des espèces arbustives.

Les secteurs concernés par des travaux de plantation sont représentés sur la figure 24 :



Figure 24 : Secteurs concernés par des travaux de plantation

(Source : IRH)

Les linéaires totaux de plantation programmés sont présentés dans le tableau 14, ci-dessous.

Tableau 14 : Détail des travaux de plantation sur le secteur d'étude par tronçon

(Source : IRH)

Tronçon	Plantation (ml)
CHE-BD-02	551
CHE-BD-03	847
CHE-BD-RD-06	198
CHE-BD-04	762
CHE-BG-02	3 857
CHE-BG-03	326
NAU-CP-01	3 600
Total	10 141 ml

5.4.1.3 Travaux de mise en défens des berges

Les travaux de mise en défens des berges consistent à la mettre en place :

- des abreuvoirs au « fil de l'eau » dans les zones où le bétail a déjà accès à l'eau ;
- des clôtures pour empêcher le piétinement des berges ;
- des passages à gué qui permettent la circulation des engins et des animaux à travers le cours d'eau.

Les secteurs concernés par des travaux de plantation sont représentés sur la figure 25 :

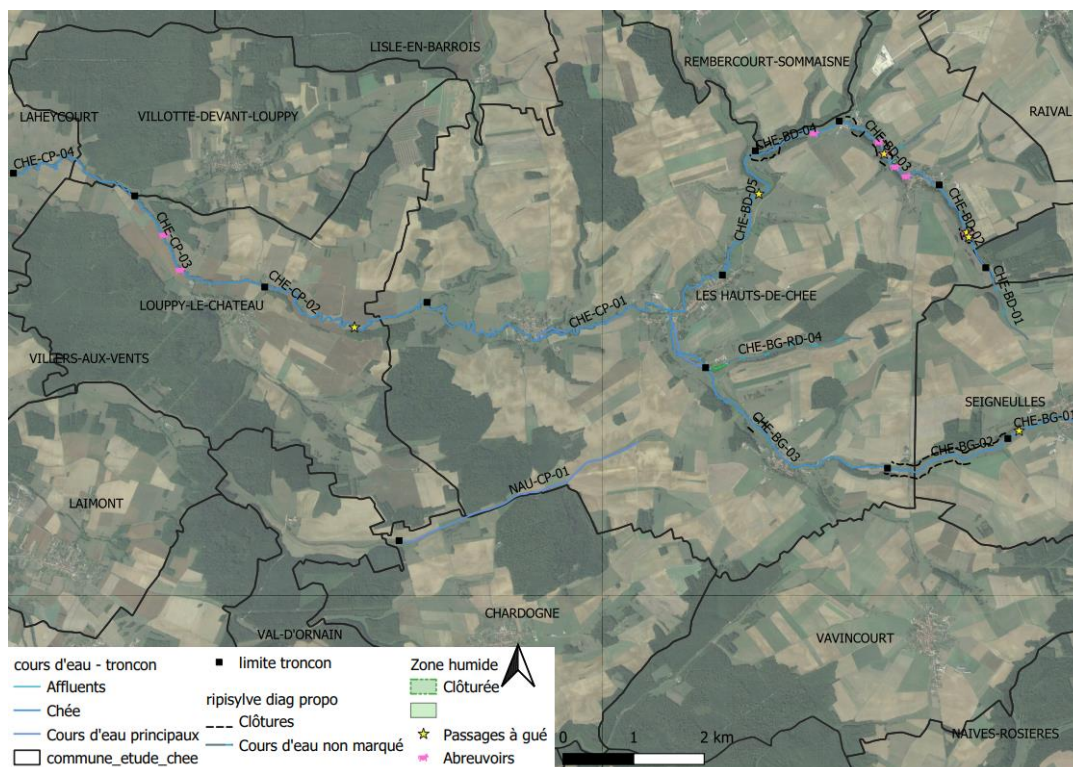


Figure 25 : Secteurs concernés par des travaux de mise en défens des berges

(Source : IRH)

Les linéaires totaux de mise en défens des berges programmés sont présentés dans le tableau 15, ci-dessous.

Tableau 15 : Détail des travaux de mise en défens sur le secteur d'étude par tronçon

(Source : IRH)

Tronçon	Clôture (ml)	Passages à gué	Abreuvoirs
CHE-BD-02	898	2	1
CHE-BD-03	1 134	1	4
CHE-BD-04	762		1
CHE-BD-05		1	
CHE-BG-01		1	
CHE-BG-02	1 285		
CHE-BG-03	326		
CHE-BG-RD-04	85 (zone humide)		
CHE-CP-03			2
Total	4 490 ml	5 u	6 u

5.4.2 Volet renaturation/restauration

5.4.2.1 Travaux d'effacement ou d'aménagement des ouvrages hydrauliques

5.4.2.1.1 Principe de dimensionnement

Les opérations présentées ci-dessous ont pour objectif de rétablir la continuité écologique au droit d'obstacles transversaux. Il s'agit par conséquent de permettre la libre circulation piscicole et le transit sédimentaire.

Parmi les aménagements destinés à rétablir la continuité écologique, la priorité est donnée à l'effacement des ouvrages. En effet, cette solution présente l'avantage de rétablir en intégralité la fonctionnalité de la rivière aussi bien d'un point de vue hydraulique (flux liquides et flux solides) que biologique. Cependant, cette opération entraîne des ajustements morphologiques qui peuvent porter préjudice aux aménagements, infrastructures et usages situés dans la zone d'influence. C'est pourquoi, d'autres solutions peuvent être formulées même si elles ne permettent qu'une restauration partielle de la continuité : ouvrage de franchissement piscicole, rivière de contournement, solution combinant l'abaissement de la crête du seuil et la mise en place d'un dispositif de franchissement, mise en œuvre d'une rampe de fond...

5.4.2.1.2 Effacement des obstacles

Dans la mesure du possible, cette solution sera privilégiée pour rétablir la continuité écologique.

1. Évolution morphologique

Lorsque le dérasement d'un ouvrage est projeté, il est nécessaire d'étudier, sur la base des données topographiques, l'ajustement morphologique du lit du cours d'eau (Cf. figure 26) après effacement de l'ouvrage :

- évolution et réajustement attendus du profil en long à la fois vers l'amont (érosion régressive), et vers l'aval (exhaussement suite à la libération éventuelle des sédiments présents dans la retenue) ;
- impact sur le transit sédimentaire à l'échelle du tronçon considéré et plus largement sur l'amont et l'aval ;
- impact sur le potentiel érosif en berge.

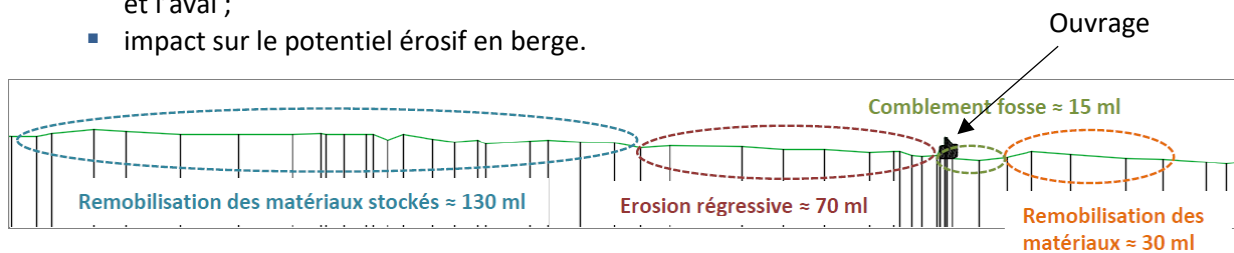


Figure 26 : Exemple d'ajustement du lit après effacement d'un seuil

(Source : IRH)

2. Incidences hydrauliques de l'effacement

Sur la base de la morphologie projetée après dérasement de l'ouvrage, une simulation des écoulements en état projet sera réalisée à partir de Manning Strickler afin de caractériser l'évolution des conditions d'écoulement.

Les résultats suivants seront analysés :

- évolution de la capacité plein bord du lit ;
- évolution des lignes d'eau au droit de chaque profil en travers intégré au modèle ;
- évolution des vitesses ;
- évolution des contraintes érosives.

À partir des données hydrauliques, hauteurs d'eau et vitesses notamment, les contraintes érosives sur les berges et le fond du lit seront estimées. L'objectif étant de se projeter sur un état aménagé et de

pouvoir assurer la résistance des aménagements. Les calculs seront effectués pour des crues de retour 2 et 10 ans.

Pour cela, il faudra calculer :

- les forces tractrices à partir des vitesses et hauteurs d'eau en crue ;
- les profondeurs d'affouillement.

3. Incidences sur les infrastructures, usages et aménagements présents

Le projet aura des impacts sur la morphologie du lit et potentiellement sur des enjeux situés dans la zone d'influence. Il faut ensuite évaluer ces incidences et mettre en œuvre les solutions adaptées pour assurer la pérennité des enjeux.

4. Incidences sur la ripisylve

La suppression d'un ouvrage ou son arasement aura des impacts sur le profil en long de la rivière concernée et par conséquent sur la végétation rivulaire. En effet, la modification de la morphologie du lit de la rivière entraîne une adaptation des végétaux qui, dans le cas d'un abaissement du lit, peuvent se retrouver perchés et déconnectés du lit mineur. C'est pourquoi, afin d'anticiper le basculement de la végétation et le risque d'embâcle, il faudra inclure une analyse des évolutions prévisibles de la ripisylve en fonction des interventions retenues.

Les secteurs concernés par des aménagements ou suppression d'ouvrages sont représentés sur la figure 27 :

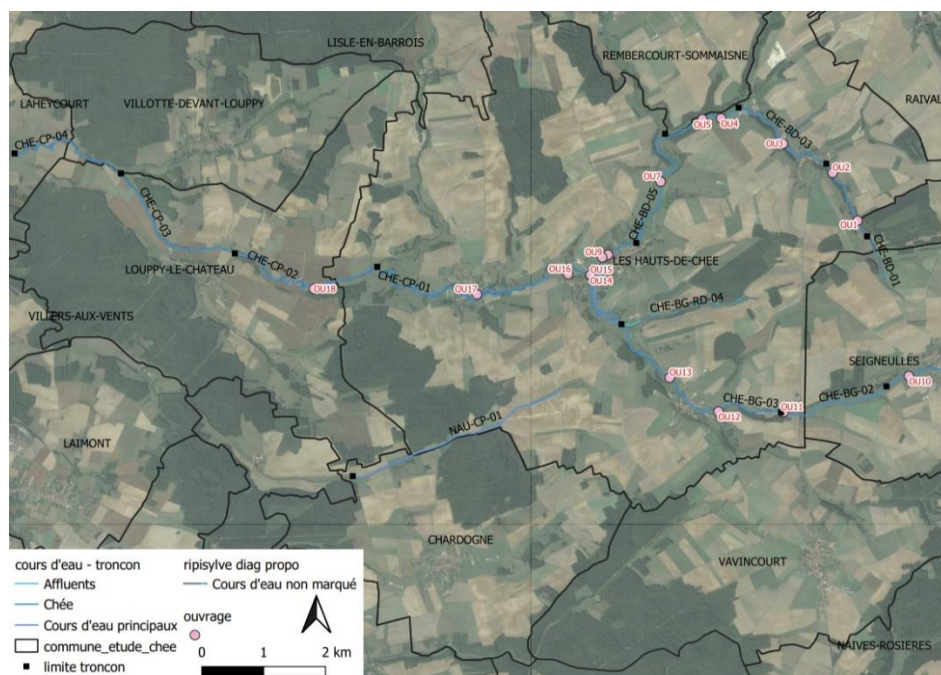


Figure 27 : Secteurs concernés par des travaux sur les ouvrages hydrauliques
(Source : IRH)

Dix-sept ouvrages sont concernés par ces aménagements sur le secteur d'étude.

5.4.2.1.3 Dimensionnement

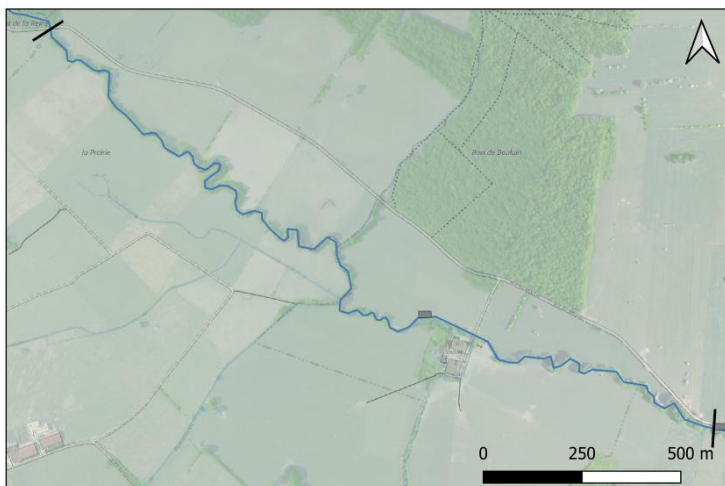
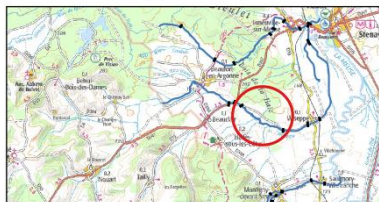
Les levés topographiques n'ayant pas été obtenus à temps, le dimensionnement a été effectué sur une autre mission de restauration de cours d'eau sur le secteur de Stenay, sur le cours d'eau de la Wiseppe.

Les travaux de restauration prévus au droit du tronçon n°4 de la Wiseppe (Cf. figure 28) correspondent à la suppression d'un seuil (OU12 : Cf. figure 29) avec une chute infranchissable de 1 m.



Maitrise d'oeuvre des travaux de restauration et de gestion de 8 des affluents de la Meuse du secteur de Stenay-Dun Phase 2 - Avant-Projet

- Volet restauration -
La Wiseppe -Tronçon n°4



Légende

— Cours d'eau
— Délimitation des tronçons

Travaux de gestion/préservation en lien avec la restauration

— Retrait protection de berges

Clôtures :

++++ Pose de clôtures

Retrait espèces inadaptée :

✱ Retrait d'espèces invasives

Plantation :

— Continue

--- Ponctuelle

Entretien :

— Entretien

Retrait déblais

♠ Déchets anthropiques

♠ Embâcles

Travaux de restauration

— Restauration berges

— Modification du tracé

— Diversification écoulements

Aménagements ouvrages

• Abreuvoir

✕ Moulin

⚓ Passage à gué

● Passage busé

≡ Pont-Passerelle

■ Seuil

● Vanne de dérivation

● Pré-barrage

Figure 28 : Localisation des travaux prévus au droit du tronçon 4 de la Wiseppe
(Source : IRH)



Figure 29 : Photos de l'ouvrage OU12 sur le tronçon n°4 de la Wiseppe
(Source : IRH)

1. Dimensions des aménagements

Un profil en long sur environ 193 m a été levé par le géomètre. L'étude de ce profil en long donne une pente moyenne aval de 0.33%.

Afin de supprimer l'ouvrage infranchissable, il est possible de reprofiler le fond du lit avec la pente moyenne naturelle de 0.33% pour créer une rampe rugueuse (Cf. figure 30). Cette proposition consiste à créer un radier composé de matériaux grossiers selon une pente constante, le reprofilage avec une pente naturelle à un impact sur 35 m de cours d'eau.

Les matériaux correspondront aux classes granulométriques suivantes :

- pierres fines (64-128 mm) : 60 %
- pierres grossières (128-256 mm) : 40 %

Des seuils de calage composés de blocs seront mis en place pour stabiliser le profil en long et favoriser le maintien des matériaux.

Le volume à remblayer pour le reprofilage du fond du lit est de 60 m³.

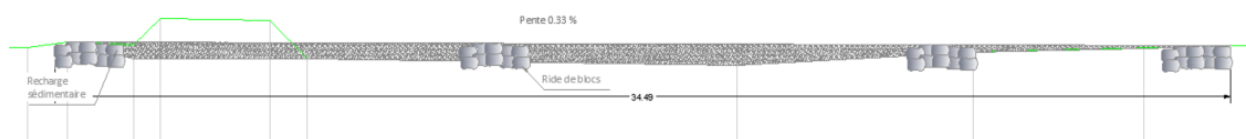


Figure 30 : Aménagement du profil en long pour suppression du seuil

(Source : IRH)

Le fonctionnement hydraulique de l'aménagement a été simulé, les résultats sont présentés dans le tableau 16:

Tableau 16 : Incidence hydraulique des aménagements au droit du tronçon n°4 de la Wiseppe

(Source : IRH)

Occurrence	Débits	Hauteurs d'eau (m)	Vitesse (m/s)
QMNA5	87 l/s	0,10	0,29
Module	760 l/s	0,35	0,60
2* module	1 520 l/s	0,51	0,75
Q2	11,94 m ³ /s	1,42	1,23

Les hauteurs d'eau et les vitesses ne sont pas limitantes pour les espèces.

2. Montant des travaux

Le montant des travaux est estimé à 23 718,75 € HT.

Le détail de l'estimation est présenté en Annexe 4.

5.4.2.2 Travaux de diversification du lit

Les opérations présentées ci-dessous ont pour objectif de restaurer ou d'améliorer la qualité physique des tronçons concernés.

5.4.2.2.1 Principe de dimensionnement

1. Remise en eau d'anciennes sinuosités

Certaines portions de linéaire ont fait l'objet de travaux de rectification, ces travaux ont consisté à simplifier le tracé en favorisant les linéaires rectilignes. Il en résulte des contraintes érosives accentuées et une banalisation des milieux.

Il s'agit donc de réactiver les anciennes sinuosités aujourd'hui déconnectées (Cf. figure 31). Les travaux consistent en des opérations de terrassement visant à recreuser l'ancien lit et à combler l'actuel. Ceci permet notamment de réduire les contraintes hydrauliques et de favoriser la diversité des formes et des habitats. De plus, la morphologie sera adaptée à l'hydrologie ainsi, la section d'écoulement sera dimensionnée à partir des débits d'étiage et moyens, ce qui permettra de favoriser la rehausse des lignes d'eau.



Figure 31 : Illustration d'une remise en fond de talweg
(Source : IRH)

2. Diversification des écoulements

Selon les tronçons, la morphologie du cours d'eau se caractérise par une section en travers très homogène et surdimensionnée pour les faibles et moyens débits. Par conséquent, les écoulements sont uniformes et la hauteur de la lame d'eau est faible. Les travaux doivent donc permettre de concentrer et de rehausser les lignes d'eau et de varier les sections d'écoulement afin d'apporter de la diversité au milieu. La variété des vitesses favorisera l'hétérogénéité du substrat et donc celle des habitats.

Pour cela, la mise en place de banquettes végétalisées est proposée.

La création de banquettes alternées est particulièrement adaptée aux sections de cours d'eau rectilignes et uniformes puisqu'elles permettent de réduire la section d'écoulement du lit d'étiage et de créer des microsinosités. L'alternance dans la succession des banquettes entre la rive droite et la rive gauche permet d'améliorer la diversité des écoulements.

3. Dimensionnement

Le dimensionnement des banquettes s'appuie à la fois sur la largeur du lit en répondant aux règles présentées ci-dessous ainsi que sur les hauteurs d'eau estimées en état projet. En effet, l'objectif est d'obtenir des hauteurs d'eau d'environ 10 cm en situation d'étiage et environ 30 cm au module.

La longueur et la largeur des banquettes répondent aux principes de dimensionnement suivants (Cf. figure 32) :

- la demi-longueur d'onde est de l'ordre de 4 à 6 fois la largeur du lit mineur à pleins bords (L) ;
- la longueur développée dans l'axe du chenal est elle aussi de 4 à 6 fois L ;
- la largeur perpendiculairement à l'axe du chenal est comprise entre 0,5 et 0,8 L.

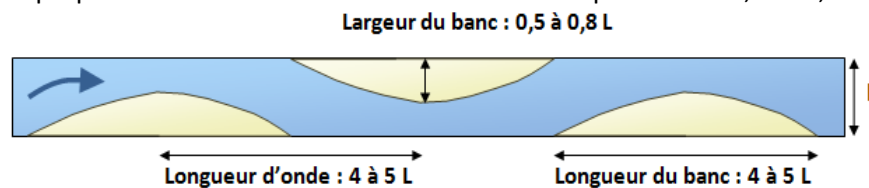


Figure 32 : Schéma de principe de mise en place de banquettes végétalisées
(Source : IRH)

4. Mise en œuvre

En bordure de banquette, un cordon graveleux sera mis en place. L'objectif est double : assurer un rôle de batardeau pour la mise en œuvre puis par la suite varier les formes et habitats avec la redistribution de ces matériaux.

- **Cordon graveleux**

Les classes granulométriques mises en place correspondront aux pierres fines (64-128 mm) et aux pierres grossières (128-256 mm).

Les matériaux seront déposés en pied de banquette afin de délimiter leur contour sur une largeur de 50 cm et une épaisseur de 40 cm.

- **Géotextile biodégradable**

Du géotextile en fibre de coco biodégradable sera utilisé :

- treillis de coco tissé pour le recouvrement de l'ensemble des surfaces,
- feutre aiguilleté en fibres de coco renforcé par un filet de jute

Les géotextiles seront fixés au moyen d'agrafes métalliques.

- **Matériaux terreux**

Les banquettes seront composées de matériaux gravelo-terreux.

- **Hélophytes**

Les essences d'hélophytes retenues sont présentées sur la figure 33 :

Hélophytes		
Conditionnement	Mottes 9*9	Quantités (3u/ml)
Essences		Proportion
<i>Iris pseudoacorus</i>	Iris faux-acore	15%
<i>Juncus inflexus</i>	Jonc courbé	5%
<i>Carex acutiformis</i>	Laîche des marais	5%
<i>Carex hirta</i>	Laîche hérissé	5%
<i>Carex Riparia</i>	Laîche des rives	10%
<i>Carex pendula</i>	Laîche penchée	5%
<i>Epilobium hirsutum</i>	Epilobe hérissée	5%
<i>Filipendula ulmaria</i>	Reine des prés	5%
<i>Phalaris arundinacera</i>	Baldingère	15%
<i>Mentha aquatica</i>	Menthe aquatique	10%
<i>Lythrum salicaria</i>	Salicaire	10%
<i>Lycopus europaeus</i>	Lycoppe d'Europe	5%
<i>Lysimachia vulgaris</i>	Lysimaque vulgaire	5%
		100%

Figure 33 : Essences d'hélophytes retenues
(Source : IRH)

- **Mise en œuvre des banquettes**

Les travaux se déroulent selon le mode opératoire suivant :

- déposer les matériaux graveleux selon la forme de la banquette à réaliser ;
- mettre en place le treillis de coco noué ;
- poser le feutre aiguilleté en fibres de coco, renforcé par un filet de jute ;
- mettre en place des matériaux gravelo-terreux selon l'épaisseur indiquée sur les plans et ensemercer les surfaces ;
- replier le treillis de manière à former un boudin et refermer ;
- plaquer le géotextile coco sur les matériaux d'apport et le fixer avec des agrafes métalliques en fer à béton recourbé ;
- planter les hélophytes en bordure de banquettes à raison de 4 unités / ml ;

Les secteurs concernés par des aménagements ou suppression d'ouvrages sont représentés sur la figure 34 :

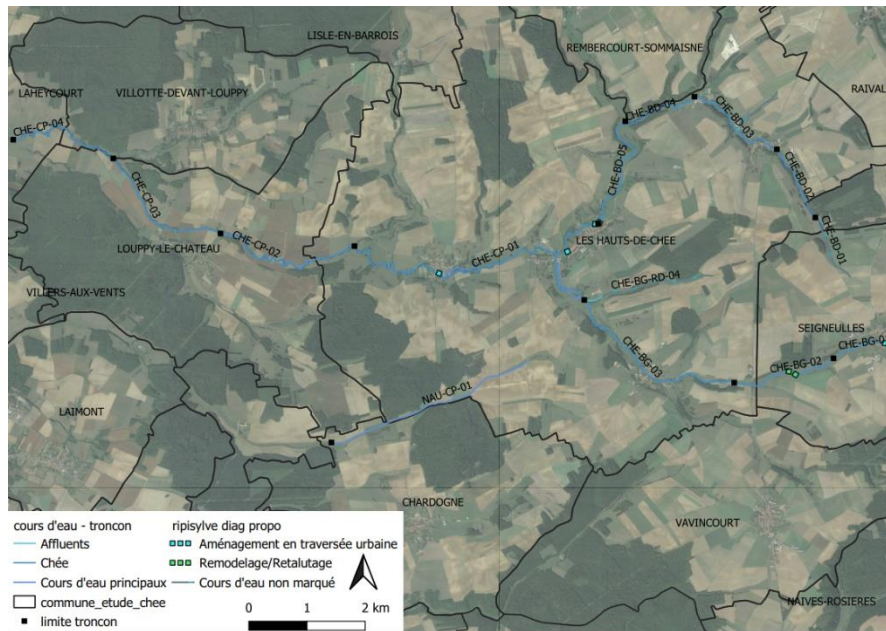


Figure 34 : Secteurs concernés par des travaux de diversification ou de Remodelage/Retalutage
(Source : IRH)

Les linéaires totaux d'aménagement du lit programmés sont présentés dans le tableau 17, ci-dessous.

Tableau 17 : Détail des travaux de diversification du lit en traversée de commune et de remodelage/Retalutage sur le secteur d'étude par tronçon
(Source IRH)

Tronçon	Aménagement en traversée urbaine (ml)	Remodelage/Retalutage (ml)
CHE-BD-06	173	
CHE-BG-01	55	
CHE-BG-02		198
CHE-CP-01	121	
Total	547 ml	

5.4.2.2.2 Dimensionnement

Les levés topographiques n'ayant pas été obtenus à temps, le dimensionnement a été effectué sur une autre mission de restauration de cours d'eau sur le secteur de Stenay, sur le cours d'eau de la Wiseppe.

- **Remise en fond de talweg de la Wiseppe, tronçons 1 et 2 (Cf. figure 35)**

Les aménagements prévus à la sortie de Beaufort-en-Argonne (Cf. figure 36) correspondent à une remise en fond de talweg du cours d'eau.



Figure 35 : Secteurs à aménager à la sortie de Beaufort-en-Argonne
(Source : IRH)

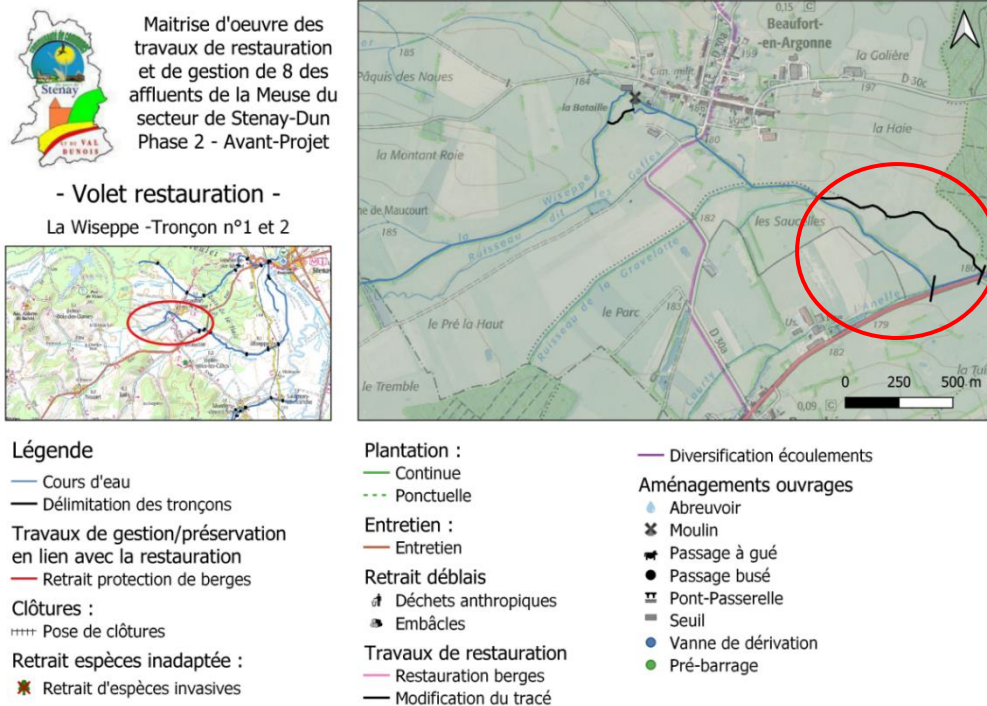


Figure 36 : Localisation des travaux prévus au droit du tronçon 1 et 2 de la Wiseppe
(Source : IRH)

5.4.2.2.3 Dimensions des aménagements

1. Caractéristiques morphologiques

Le nouveau tracé sera localisé en rive gauche et sur une longueur de 1 145 mètres (Cf. figure 37). Sur une partie du linéaire, il sera réalisé un tracé en formation afin de suivre le chemin préférentiel de l'eau. Les sinuosités dessinées permettront de réduire la pente du profil en long pour atteindre 0,15 %.



Figure 37 : Implantation et tracé de la remise en fond de talweg au droit des tronçons 1 et 2
(Source : IRH)

La section transversale sera dimensionnée à partir des débits de référence afin d'obtenir des hauteurs d'eau permettant la migration piscicole ; environ 10 cm en étiage et 25 cm au module. Ainsi le lit d'étiage aura une largeur de 1 m et une hauteur de 0,20 cm (Cf. figure 38). Une banquette d'une largeur de 4 m sera aménagée pour réduire les contraintes hydrauliques en période de hautes eaux. Les berges seront talutées en pente douce, 1H/2V à 2H/1V. L'emprise totale variera entre 11 et 9 mètres et la hauteur de berge sera comprise entre 1,20 et 0,80 m.

Les matériaux excavés, environ 8 160 m³, seront en partie utilisés pour combler l'ancien lit.

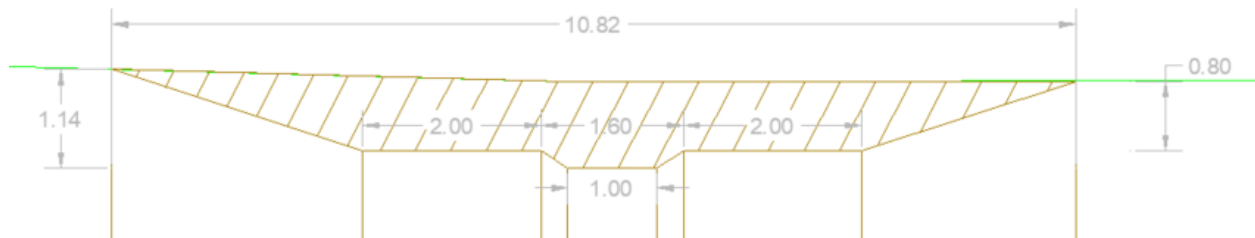


Figure 38 : Dimensions du lit de la rivière de contournement
(Source : IRH)

2. Aménagement du lit

Afin de créer des conditions favorables pour la faune aquatique, un matelas alluvial sera créé sur une épaisseur de 20 cm. Les classes granulométriques seront les suivantes :

- Cailloux fins (16-32 mm),
- Cailloux grossiers (32-64 mm),
- Pierres fines (64-128 mm).

L'objectif étant d'avoir en fond de lit des matériaux grossiers stables puis des matériaux d'un diamètre inférieur adapté à la faune aquatique.

Pour caler le profil en long des radiers composés de matériaux plus grossiers (pierres grossières et petits blocs) seront mis en place au droit de chaque inflexion ainsi qu'aux extrémités de la rivière de contournement. L'épaisseur sera d'environ 40 à 50 cm afin d'obtenir plusieurs couches de matériaux sur une longueur d'environ 1 mètre en surface. Des bèches d'ancrage seront réalisées en amont et en aval. La pente de l'ouvrage sera calée sur celle du profil en long afin de ne pas créer d'obstacles.

3. Protection et végétalisation des berges

La pente de certains talus en extrados seront protégés par un géotextile biodégradable dû fait d'une pente importante puis les deux berges seront plantées d'arbres et d'arbustes afin de les stabiliser. De la même manière des hélophytes seront plantés sur les banquettes pour un meilleur maintien (Cf. figure 39).

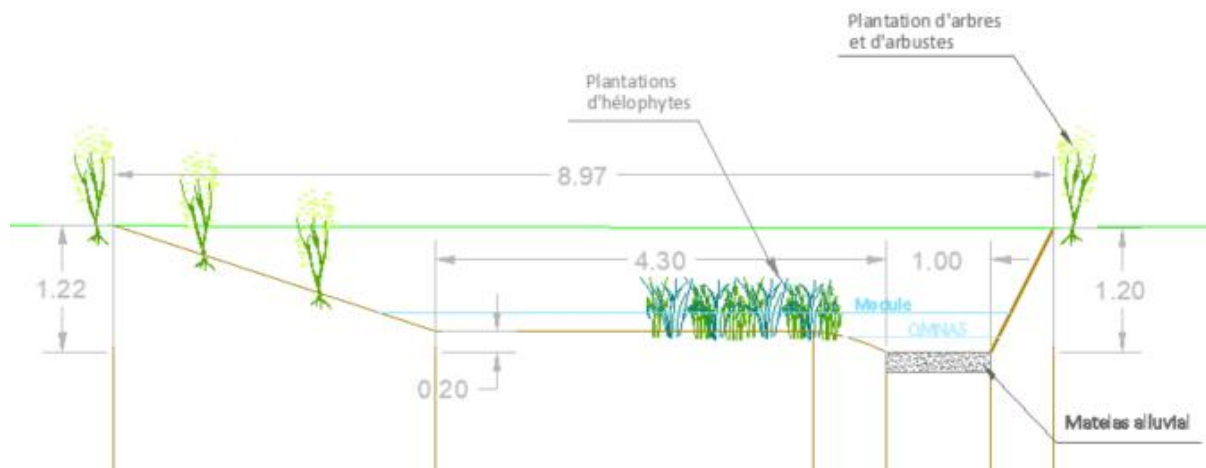


Figure 39 : Aménagements prévus au droit du profil en travers des tronçons 1 et 2 de la Wiseppe
(Source : IRH)

5.4.2.2.4 Impact des aménagements

1. Foncier

L'emprise foncière est conséquente puisqu'elle occupe une surface totale de 11 500 m².

2. Hydrauliques

Les contraintes hydrauliques de l'état projet ont été simulées, les résultats sont présentés dans le tableau 18 :

Tableau 18 : Incidence hydraulique au droit du profil 17, tronçons 1 et 2 de la Wiseppe
(Source : IRH)

P17							
Etat projet (V2)							
0.0015	Débit m ³ /s	Fd lit m (NGF)	Alti m (NGF)	Heau m	Vitesse m/s	Rh	Forces Rh (W/m ²)
QMNA5	0.041	177.96	178.11	0.15	0.24	0.12	
Module	0.403	177.96	178.34	0.38	0.33	0.20	
Plein bord	6.10	177.96	179.18	1.22	0.81	0.76	11.16

Il n'a pas été possible de simuler pour les débits de crues car il y a des inondations dès Q2. Il a été choisi de réaliser un dimensionnement dans l'ordre de grandeur des débits pleins bords de l'état actuel du cours d'eau, c'est-à-dire 6 m³/s.

3. Ecomorphologiques

Le principal effet recherché par ces aménagements est le retour du cours d'eau dans son tracé d'origine pour réduire le risque d'érosion et la proximité avec la route. De plus, ces aménagements permettront de redonner un aspect plus naturel au cours d'eau avec des méandres pour créer une diversification des écoulements.

5.4.2.2.5 Montant des travaux

Le montant des travaux est estimé à 90 898,50 € HT, soit environ 79 € HT/ml. Les parts les plus importantes correspondent au terrassement (57%). Le détail de l'estimation est présenté en Annexe 5.

- **Diversification des écoulements de la Wiseppe, tronçon 6**

Les travaux de restauration prévus au droit du tronçon n°6 (Cf. figure 40) correspondent à des travaux de renaturation du cours d'eau par l'aménagement de banquettes végétalisées dans la traversée de Wiseppe (Cf. figure 41).

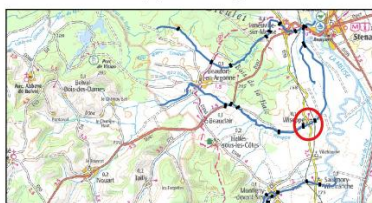


Figure 40 : Photos du tronçon n°6 de la Wiseppe
(Source : IRH)



Maitrise d'oeuvre des travaux de restauration et de gestion de 8 des affluents de la Meuse du secteur de Stenay-Dun Phase 2 - Avant-Projet

- Volet restauration -
La Wiseppe -Tronçon n°6



Légende

- Cours d'eau
- Délimitation des tronçons
- Travaux de gestion/préservation en lien avec la restauration
- Retrait protection de berges
- Clôtures :
- ++++ Pose de clôtures
- Retrait espèces inadaptées :
- ✘ Retrait d'espèces invasives

- Plantation :
- Continue
- - - Ponctuelle
- Entretien :
- Entretien
- Retrait déblais
- ♠ Déchets anthropiques
- ♠ Embâcles
- Travaux de restauration
- Restauration berges
- Modification du tracé

- Diversification écoulements
- Aménagements ouvrages
- ⦿ Abreuvoir
- ✘ Moulin
- ⦿ Passage à gué
- Passage busé
- ≡ Pont-Passerelle
- ▬ Seuil
- Vanne de dérivation
- Pré-barrage

Figure 41 : Localisation des travaux prévus au droit du tronçon 6 de la Wiseppe
(Source : IRH)

Dans la traversée de Wiseppe, le ruisseau a été totalement rectifié et surcalibré ce qui favorise l'homogénéité des écoulements. L'intervention retenue consiste à réduire et varier la section d'écoulement grâce à la mise en place de banquettes végétalisées.

5.4.2.2.6 Dimensions des aménagements

L'occupation des sols permet un travail au sein du lit mineur et la faible dynamique (pente moyenne de 0,24%) nécessite des aménagements à forte emprise. C'est pourquoi, des banquettes végétalisées ont été dimensionnées (Cf. figure 42). Le linéaire d'aménagement est d'environ 385 mètres (Cf. figure 43).

Sur un linéaire de 385 mètres (125 m en amont du pont et 260 m sur l'aval du tronçon) la largeur du lit favorise l'étalement de la lame d'eau pour les faibles débits. La mise en œuvre de banquettes doit

permettre de réduire la section d'écoulement et créer des sinuosités en fond de lit. Les banquettes occuperont environ 2/3 du lit mineur soit une largeur de 5,40 à 8,20 m selon les sections et auront une hauteur de 0,25 m.

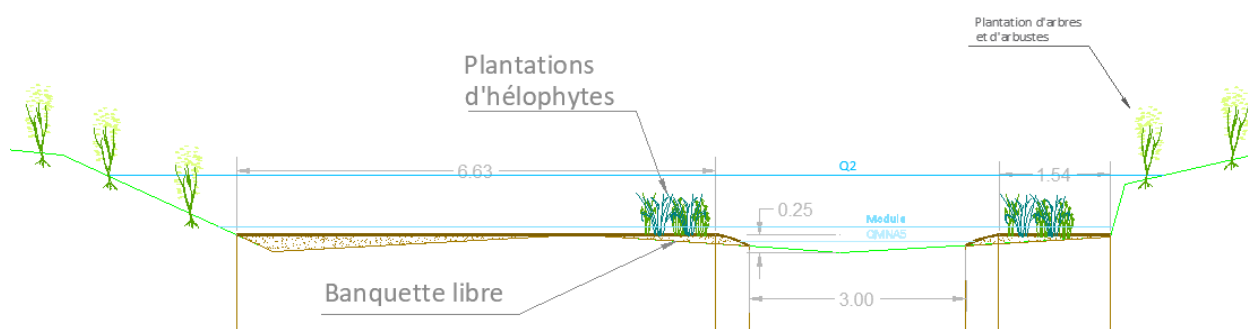


Figure 42 : Dimensions des aménagements prévus au droit du profil P35

(Source : IRH)



Figure 43 : Vue en plan des aménagements prévus au droit du tronçon n°6 de la Wiseppe

(Source : IRH)

5.4.2.2.7 Impact des aménagements

1. Foncier

Les travaux concerneront uniquement le lit mineur et seront par conséquent sans impact sur les hauts de berges.

2. Hydrauliques

La comparaison des contraintes hydrauliques entre l'état actuel et l'état projet ont été simulées au droit du profil en travers (P35), les résultats sont présentés dans le tableau 19 :

Tableau 19 : Incidence hydraulique au droit du profil 35, tronçon 6 de la Wiseppe

(Source : IRH)

0.0024	P35																	
	Etat actuel							Etat projet							Evolution			
Occurrence	Débit m3/s	Fd lit m (NGF)	Alti m (NGF)	Heau m	Vitesse m/s	Rh	Forces Rh (W/m²)	Débit m3/s	Fd lit m (NGF)	Alti m (NGF)	Heau m	Vitesse m/s	Rh	Forces Rh (W/m²)	Heau m	Débit m3/s	Vitesse m/s	Forces Rh (W/m²)
QMNAS	0.089	166.64	166.76	0.12	0.17	0.05		0.089	166.64	166.8	0.16	0.26	0.10		0.04		0.09	
Module	0.775	166.64	166.94	0.30	0.37	0.17		0.775	166.64	167.01	0.37	0.37	0.17		0.07		0.00	
Q2	12.11	166.64	167.67	1.03	1.04	0.78	18.31	12.11	166.64	167.74	1.10	1.02	0.76	18.02	0.07		-0.01	
Q10	20.2	166.64	168.01	1.37	1.20	0.97	22.86	20.2	166.64	168.08	1.44	1.18	0.94	22.13	0.07		-0.025	
Plein bord	28.44	166.64	168.32	1.68	1.26	1.04	24.46	26.79	166.64	168.32	1.68	1.23	1.00	23.62	0.00	-1.65	-0.03	

3. Ecomorphologiques

Le principal effet recherché par la mise en place des banquettes est la concentration et la rehausse des lignes d'eau. L'effet est significatif au module où la ligne d'eau augmente d'environ 10 cm pour atteindre une hauteur de 35 cm. Pour l'étiage et le module les vitesses sont augmentées ce qui permet de favoriser la diversité des écoulements.

Les microsinosités en fond de lit vont permettre de varier les faciès d'écoulement, la distribution granulométrique et par conséquent les habitats. L'autocurage sera également favorisé.

La végétalisation des banquettes offrira un habitat diversifié, cela représente une surface totale de 3 265 m² à l'échelle du tronçon.

5.4.2.2.8 Montant des travaux

Le montant des travaux est estimé à 153 293,25 € HT, correspondant à environ 398 €/ml.

Le détail de l'estimation est présenté en Annexe 6.

6 Remarques

En plus de ma mission principale qui est la réalisation d'un Avant-Projet pour des travaux de gestion et de restauration de la Chée et de la Nausonce, j'ai eu la chance de pouvoir travailler sur un panel de missions complémentaires. Ces dernières faisaient également partie de la phase AVP ou encore de la phase PRO. Cependant, je n'ai pas eu la possibilité d'effectuer ces tâches sur le projet de restauration et de gestion de la Chée et de la Nausonce en raison des délais pour obtenir les levés topographiques.

J'ai tout d'abord rédigé des cahiers des charges pour la réalisation des levés topographiques notamment pour le projet de restauration de la Chée et de la Nausonce. Ce cahier des charges est ensuite envoyé pour validation au maître d'ouvrage afin de lancer la consultation. Pour le projet de restauration de cours d'eau de la Chée et de la Nausonce, la Communauté de Commune de l'Aire à l'Argonne a mis du temps pour répondre et à finalement mis fin à la demande de levés topographiques en raison d'un manque de budget pour l'année 2021.

Les différents échanges entre le bureau d'étude et les maîtres d'ouvrage peuvent parfois être extrêmement longs ce qui ralentit considérablement la réalisation du projet.

J'ai également pu répertorier, toujours dans le cadre d'un projet de restauration de cours d'eau, toutes les parcelles concernées par les travaux : il faut être très rigoureux pour ne pas oublier d'éléments et ce travail prend un temps considérable. J'ai ensuite pris contact avec les mairies afin d'obtenir des informations sur les propriétaires et/ou les exploitants agricoles de ces parcelles. Lors de cette étape, les mairies mettent parfois du temps à répondre, ne répondent pas de manière complète ou ne veulent pas divulguer les informations.

La rencontre avec les exploitants est essentielle au bon déroulement du projet et j'ai d'ailleurs eu l'opportunité d'en rencontrer quelques-uns dans le cadre d'un projet de restauration de cours d'eau. Il faut aller les voir un par un, pour leur expliquer le projet et les travaux envisagés sur leurs parcelles, ce qui est chronophage surtout si le linéaire de cours d'eau du projet est important. De plus, comme énoncé précédemment, une convention est obligatoire entre le bureau d'études et les exploitants pour réaliser les travaux lorsque ces derniers ne sont pas obligatoires. Le bureau d'études est parfois mal accueilli par les exploitants agricoles qui refusent tout projet sur leurs terres car ils n'y voient pas toujours d'intérêt réel pour eux.

Le bureau d'études travaille donc parfois sur un projet, le dimensionne et fait l'estimation financière alors que ce dernier ne verra peut-être jamais le jour.

Finalement, j'ai rédigé un Dossier Loi sur l'Eau (DLE) pour un projet de restauration de cours d'eau. Cette rédaction m'a permis de me rendre compte du temps nécessaire pour monter ces dossiers, de la rigueur et de la précision exigée et de la quantité demandée. Il est nécessaire d'avoir un cadre juridique pour accompagner ces projets. Cependant, les dossiers exigés sont longs à échafauder alors que l'objectif de la restauration de cours d'eau est justement d'améliorer la qualité de ce dernier, il n'y a donc normalement aucune dégradation environnementale.

Malgré la réglementation et les aides allouées aux projets de restauration de cours d'eau, ces derniers peuvent parfois s'éterniser en raison des longues procédures, des différentes phases et de la communication, entre le bureau d'études et les acteurs.

Conclusion

Depuis la prise de conscience du mauvais état des masses d'eau et la mise en vigueur des réglementations visant à rétablir leur bon état écologique, les projets de restauration de cours d'eau ont connus un réel essor.

Ces projets ont des objectifs différents selon le cours d'eau, le secteur ou encore l'emprise disponible. Cependant, les domaines d'interventions des travaux de restauration sont les mêmes d'un secteur à l'autre : l'agriculture, les annexes hydrauliques, les gestions des déchets, des écoulements et des espèces invasives, l'hydromorphologie, les ouvrages hydrauliques et la ripisylve.

La phase d'Avant-Projet de cette mission de maîtrise d'œuvre pour la réalisation de travaux de restauration et de gestion de la Chée et de la Nausonce a été déclinée en plusieurs parties : la reconnaissance du terrain, l'adaptation des travaux initialement proposés, l'étude hydrologique et le dimensionnement final du projet.

La reconnaissance du terrain est essentielle puisqu'elle permet de mettre à jour les observations initialement faites lors de la phase de diagnostic. Elle permet également de proposer des adaptations au programme de travaux les plus justes possibles tout en évaluant les enjeux du secteur et de ses usagers.

L'étude hydrologique, quant à elle, met en avant la difficulté d'estimation des débits lorsque le bassin versant n'est pas équipé de stations de mesures. En effet, il existe de nombreuses interrogations notamment sur la taille des bassins versants, la géométrie ou encore la pente des cours d'eau. L'addition des incertitudes de ces différents paramètres empêche de garantir l'exactitude des résultats obtenus.

Pour le dimensionnement total du projet, les levés topographiques étaient nécessaires. Ils n'ont cependant pas été obtenus à temps pour le secteur d'étude, c'est pourquoi le dimensionnement de la mission de restauration de la Chée et de la Nausonce n'a pas pu être effectué. Il faut cependant relativiser les délais d'obtention des levés topographiques puisqu'il est courant d'avoir ces problèmes d'acquisition lors des missions de restauration.

En l'absence des données topographiques du secteur, le dimensionnement a été réalisé sur une autre mission de restauration de cours d'eau. Les dimensionnements d'un effacement d'ouvrage, d'une remise en fond de talweg et d'une diversification des écoulements par banquettes végétalisées ont donc été présentés. Ces aménagements ont pour objectif d'améliorer la continuité écologique du cours d'eau tout en restaurant son lit naturel. Les dimensionnements proposés ne sont pas définitifs, ils devront être validés par le maître d'ouvrage et pourront ainsi être développés plus en profondeur lors de la phase de Projet de la mission de maîtrise d'œuvre.

Concernant la mission de restauration et de gestion de la Chée et de la Nausonce, le dimensionnement sera à effectuer après réception des levés topographiques. Il restera ensuite à réaliser la phase projet puis à rédiger l'ensemble des documents administratifs permettant la bonne exécution de la mission.

Finalement, afin qu'un projet de restauration se déroule dans les meilleures conditions, il est important d'y intégrer tous les acteurs entrant en jeu, que ce soient les communes, les services de l'état ou encore les usagers afin qu'ils se sentent écoutés et concernés et s'investissent au mieux dans celui-ci.

Bibliographie

- [1] SYNDICAT D'AMENAGEMENT DES RIVIERES DU BANDAT, DE LA TARDORE ET DE LA BONNEURE. **Fonctionnement d'un cours d'eau** [en ligne], [consulté le 28/06/2021] <<https://www.sybtb.fr/le-territoire/fonctionnement-des-cours-deau/>>
- [2] BIRON Pascale. **Document scientifique soumis à la Fondation de la Faune du Québec**. [en ligne] Département de géographie, urbanisme et environnement, Université Concordia, 2017. 70 p. [consulté le 28/06/2021] <<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30632.88321>>
- [3] AGENCE DE L'EAU SEINE-NORMANDIE. Protection et gestion des rivières du secteur Seine-aval. Chapitre 5, **La berge – Mobilité et perméabilité** p. 66-80 [en ligne] [consulté le 29/06/2021] <<https://fr.calameo.com/agence-de-l-eau-seine-normandie/read/004001913c54302903cb1>>
- [4] AGENCE DE L'EAU SEINE-NORMANDIE. Protection et gestion des rivières du secteur Seine-aval. Chapitre 6, **Végétation des berges - Ripisylve**, p 81-92 [en ligne] [consulté le 29/06/2021] <<http://syndicat-cisse.fr/wp-content/uploads/2015/07/V%C3%A9g%C3%A9tation-des-berges.pdf>>
- [5] STAENTZEL Cybill. **La gestion des espèces invasives**. ENGEES [support de cours], 2020, 86 p.
- [6] ONEMA. **Evaluer le franchissement des obstacles par les poissons – Principes et méthodes** [en ligne], 200p. [consulté le 06/07/2021] <https://www.gesteau.fr/sites/default/files/gesteau/content_files/document/ice-integralite-juillet2014.pdf>
- [7] MINISTERE DE LA TRANSITION ECOLOGIQUE ET SOLIDAIRE. **Document-cadre orientations nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques** [en ligne], 71 p. [consulté le 06/07/2021] <<https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Document-cadre%20Orientations%20nationales%20pour%20la%20pr%C3%A9servation%20et%20la%20remise%20en%20bon%20%C3%A9tat%20des%20continuit%C3%A9s%20%C3%A9cologiques.pdf>>
- [8] AGENCE DE L'EAU SEINE-NORMANDIE. Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau. Partie 1, **Postulats et principes généraux des opérations de restauration**, [en ligne] p. 5-22 [consulté le 29/06/2021] <https://www.eaufrance.fr/sites/default/files/documents/pdf/01Manuel_restaurati.pdf>
- [9] BEISEL Jean-Nicolas. **Ingénierie écologique, cours 3**. ENGEES (support de cours), 2020, 74p.
- [10] MINISTERE DE LA TRANSITION ECOLOGIQUE ET SOLIDAIRE. **Guide technique relatif à l'évaluation de l'état des eaux de surfaces continentales (cours d'eau, canaux, plans d'eau)** [en ligne], 2019, 123 p. [consulté le 14/07/2021] <<https://www.eaufrance.fr/sites/default/files/2019-05/guide-reee-esc-2019-cycle3.pdf>>
- [11] MINISTERE DE LA TRANSITION ECOLOGIQUE ET SOLIDAIRE. **Directive 2000/60/CE du parlement européen et du conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau** [en ligne], [consulté le 17/07/2021] <<https://www.ecologie.gouv.fr/gestion-leau-en-france>>
- [12] DIRECTION GENERALE DE L'AMENAGEMENT, DU LOGEMENT ET DE LA NATURE. **La loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006** [en ligne], 2009, 8 p. [consulté le 17/07/2021] <https://www.eaufrance.fr/sites/default/files/documents/pdf/DGALN-Loi_sur_l_eau_cle01b31b.pdf>
- [13] MINISTÈRE DE LA TRANSITION ECOLOGIQUE ET SOLIDAIRE (anciennement ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer). **Guide pratique relatif à la police des droits fondés**

en titre [en ligne], 2010, 25 p. [consulté le 17/07/2021] <https://www.gesteau.fr/sites/default/files/Guide_police_des_droits_fondes_en_titre.pdf>

[14] DIRECTION REGIONALE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'AMENAGEMENT ET DU LOGEMENT - PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR. **Grenelle de l'Environnement - Enjeux de la territorialisation du Grenelle** [en ligne], 2011, 36 p. [consulté le 19/07/2021] <http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/01-diaporama_Grenelle_CE_9_mars_2011_cle2f5b21-1.pdf>

[15] MINISTÈRE DE LA TRANSITION ECOLOGIQUE ET SOLIDAIRE (anciennement ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer). **Instruction du Gouvernement du 21 octobre 2015 relative à l'attribution de la compétence en matière de gestion des milieux aquatiques et de prévention inondations (GEMAPI)** [en ligne], 2015, 9 p. [consulté le 19/07/2021] <<https://www.legifrance.gouv.fr/download/pdf/circ?id=40157>>

[16] NATURA 2000. **Qu'est-ce-que Natura 2000 ?** [en ligne], [consulté le 20/07/2021] <<http://www.natura2000.fr/natura-2000/qu-est-ce-que-natura-2000>>

[17] INVENTAIRE NATIONAL DU PATRIMOINE NATUREL (INPN). **L'inventaire ZNIEFF** [en ligne], [consulté le 20/07/2021] <<https://inpn.mnhn.fr/programme/inventaire-znieff/presentation>>

[18] IRH Ingénieur Conseil. **Mémoire Technique** (Mission de maîtrise d'œuvre pour la réalisation de travaux de gestion et de restauration de la Chée et de la Nausonce), 2020, 49 p., Offre n°LORA200499, [consulté le 21/07/2021]

[19] COMMUNAUTE DE COMMUNES De l'Aire à l'Argonne. **Cahier des Clauses Techniques Particulières** (Mission de maîtrise d'œuvre pour la réalisation de travaux de gestion et de restauration de la Chée et de la Nausonce), 17 p., [consulté le 21/07/2021]

[20] SINBIO Ingénierie écologique. **Etude préalable à la restauration de la Chée et de ses affluents** (Etude. Rapport de phase 1 : Diagnostic), 2016, 179 p., REF : CE 581 Indice B [consulté le 21/07/2021]

[21] DIRECTION REGIONALE DE L'ENVIRONNEMENT ET L'AMENAGEMENT ET DU LOGEMENT DE LORRAINE. **Etat des lieux 2013 de l'état écologique et biologique des rivières et des plans d'eau de Lorraine** [en ligne], 2013, 28 p., [consulté le 21/07/2021] <http://cdi.eau-rhin-meuse.fr/GEIDFile/DREAL_COMPLET_181114_light_cle15faca.pdf?Archive=233605705188&File=DReal%5FcoMPLeT%5F181114%5Fflight%5Fcle15faca%5Fpdf>

[22] BROOKES Andrew. **Channelized Rivers : Perspectives for Environmental Management**, Wiley, 1988, 326 p. [consulté le 11/05/2021]

[23] FERGUSON Rob. **Channel form and channel changes**, 1981 [consulté le 11/05/2021]

[24] GEOPORTAIL [en ligne], [consulté le 29/07/2021] <<https://www.geoportail.gouv.fr/>>

Annexes

Annexes 1 : Conclusions de la reconnaissance terrain	67
Annexes 2 : Récapitulatif du programme d'action	90
Annexes 3 : Méthode de calcul des débits	91
Annexes 4 : Estimation du montant des travaux de l'aménagement rampe rugueuse du tronçon 4 de la Wiseppe	93
Annexes 5 : Estimation du montant des travaux de l'aménagement remise en fond de talweg des tronçons 1 et 2 de la Wiseppe	94
Annexes 6 : Estimation du montant des travaux de l'aménagement banquettes végétalisées du tronçon 6 de la Wiseppe	95

Annexes 1 : Conclusions de la reconnaissance terrain

La Chée

CHE – BD – 01

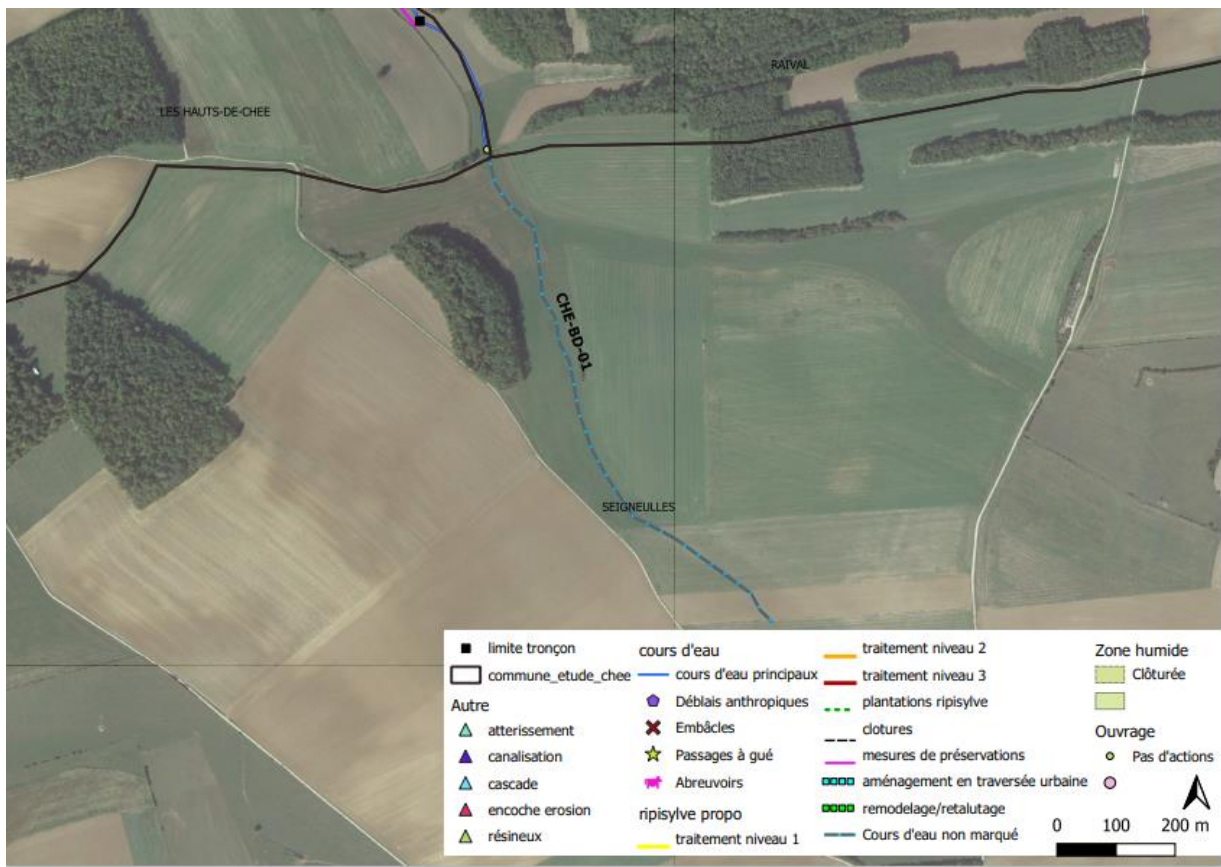


Figure 44 : Tronçon CHE-BD-01
(Source : IRH)

Sur le tronçon CHE – BD – 01 (Cf. figure44), aucune action n'était envisagée car le cours d'eau était en assec et peu marqué lors du diagnostic.

Lors de notre reconnaissance terrain, le cours d'eau était en eau, le secteur ne nécessite cependant aucune intervention.

CHE – BD – 03

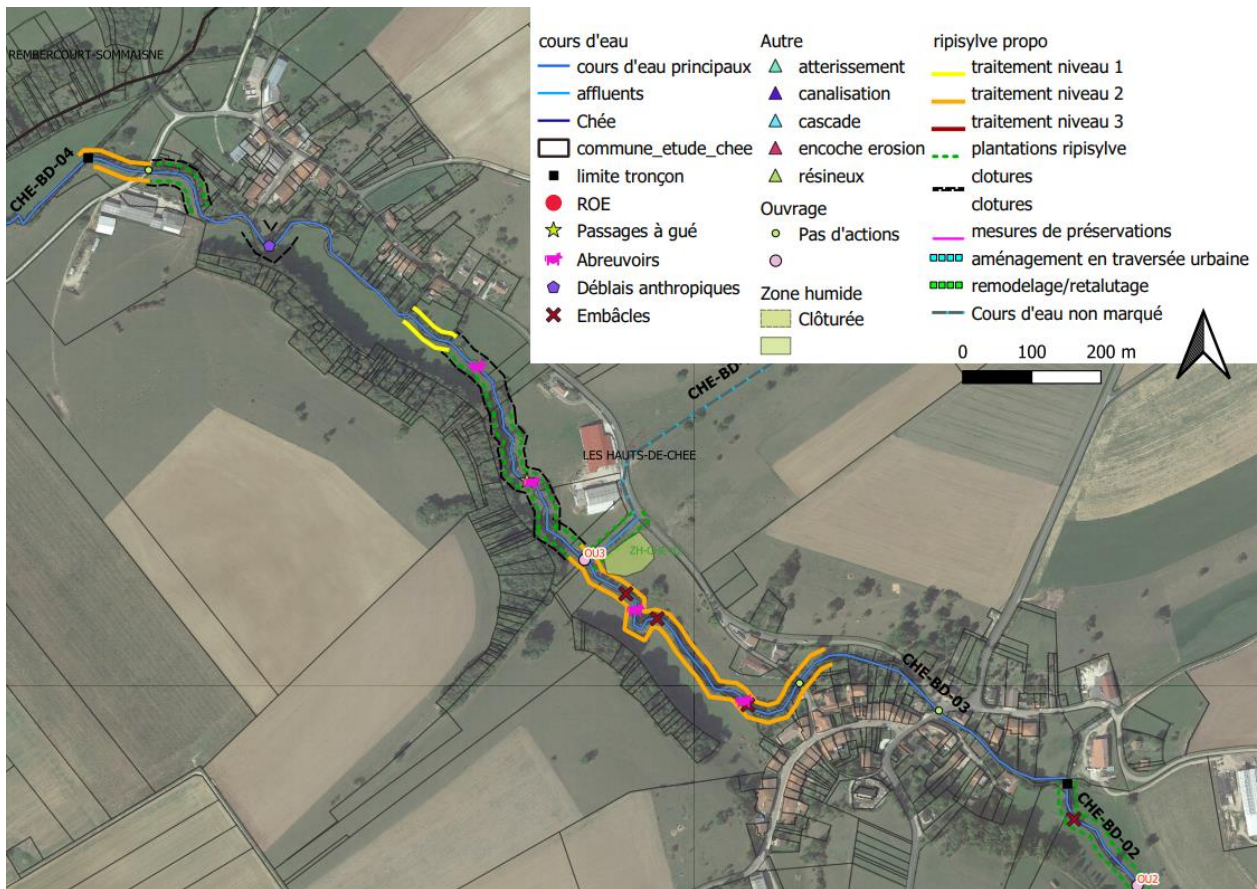


Figure 45 : Tronçon CHE-BD-03

(Source : IRH)

Le tronçon CHE-BD-03 (Cf. figure 45) traverse les villages de Marat-la-Grande, Les Marats et Marat-la-Petite. Il était concerné par des travaux de reconstitution de la ripisylve et de lutte contre le piétinement du lit. Lors de la visite de terrain, il a été constaté que ces travaux étaient nécessaires. Quelques autres secteurs de piétinement ont également été observés, nous proposons de les intégrer au programme. Il existe un passage à gué en béton (OU3 : Cf. figure 46) très impactant pour le cours d'eau, nous proposons de le supprimer et de le remplacer par un passage à gué en calcaire pour rétablir la continuité écologique du cours d'eau.



Figure 46 : Passage à gué bétonné impactant OU3, Les-Hauts-de-Chée_17/03/2021

(Source : IRH)

Quelques secteurs supplémentaires dépourvus de ripisylves ont été identifiés. Ainsi que la gestion de quelques embâcles et de dépôts anthropiques (Cf. figure 47).



Figure 47 : Zones dépourvues de ripisylve à gauche et embâcles à droite, Les-Hauts-de-Chée_ 17/03/2021
(Source : IRH)

CHE – BD – RD – 06

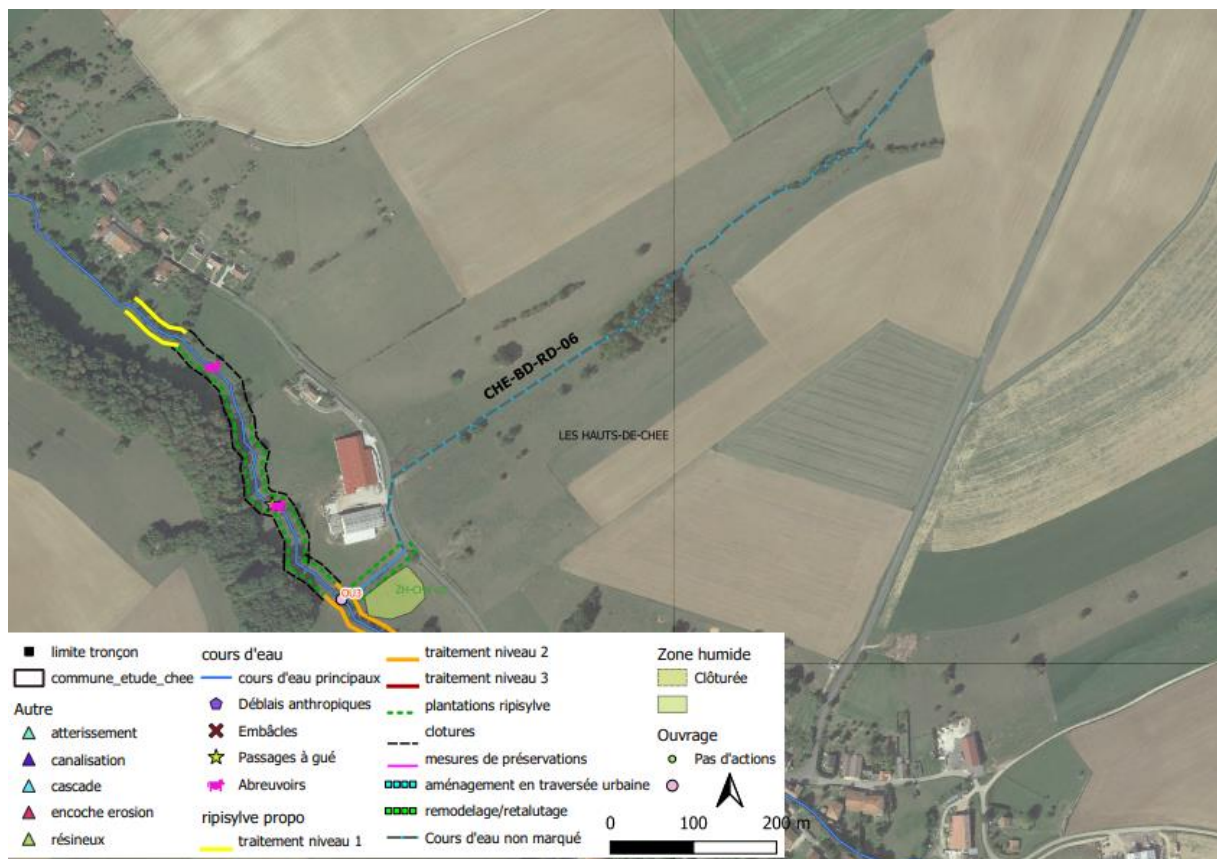


Figure 48 : Tronçon CHE-BD-RD-06
(Source : IRH)

C'est sur le tronçon CHE-BD-RD-06 que se trouve la zone humide ZH-CHE-02 (Cf. figure 48). Il était prévu de clôturer cette dernière pour la préserver mais celle-ci est importante et sa clôture reviendrait à priver l'exploitant de la quasi-totalité de son terrain, ce qui n'est pas acceptable sauf si la Communauté de Communes souhaite acquérir le terrain.

Nous proposons de laisser cette zone humide (Cf. figure 49) en l'état et de ne pas intervenir sur ce secteur.



Figure 49 : Zone humide ZH-CHE-02, Les-Hauts-de-Chée_ 17/03/2021
(Source : IRH)

CHE – BD – 04

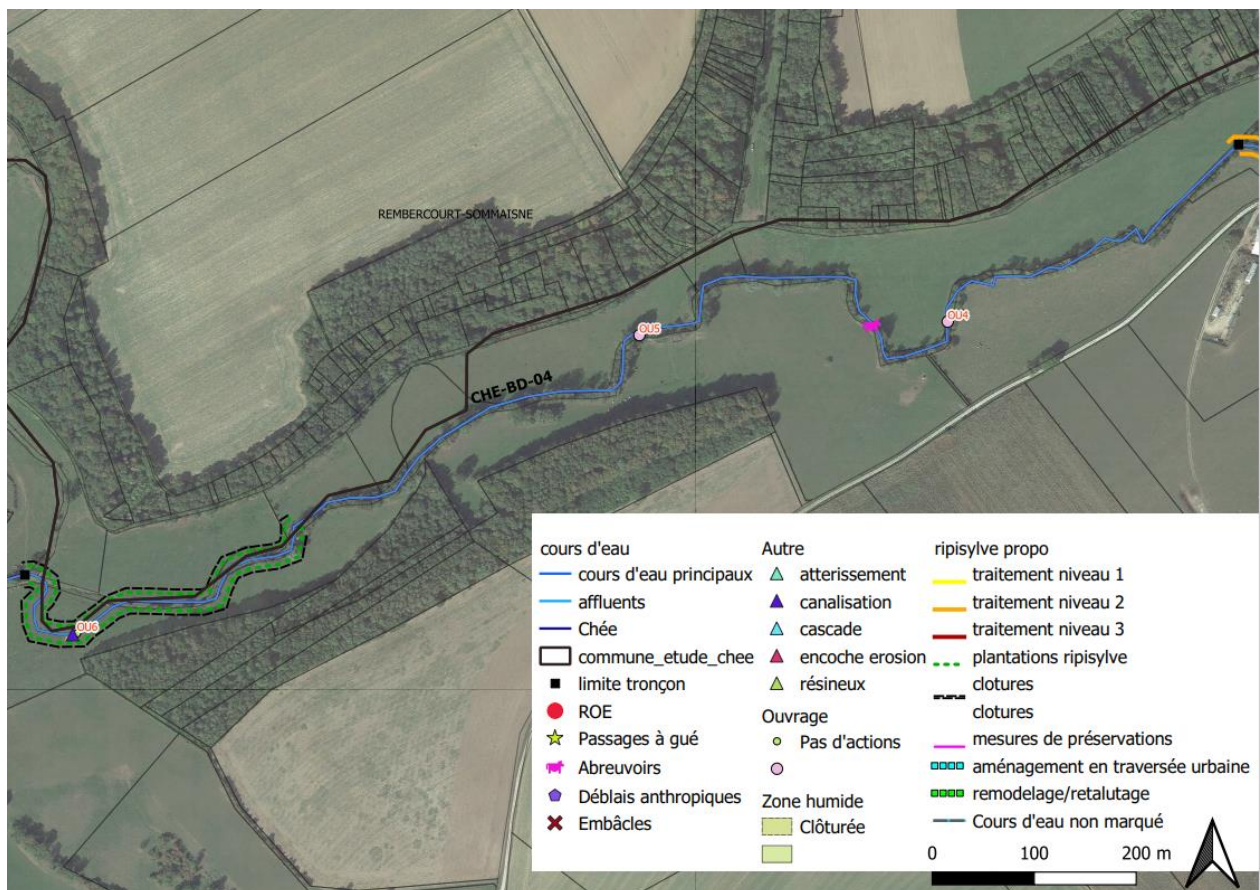


Figure 50 : Tronçon CHE-BD-04
(Source : IRH)

Le tronçon CHE-BD-04 (Cf. figure 50) présente 2 seuils (OU4 et OU5 : Cf. figure 51) portant atteinte à la continuité écologique du cours d'eau, c'est pourquoi il faudra les supprimer.



Figure 51 : OU4 et OU5, Les-Hauts-de-Chée_17/03/2021

(Source : IRH)

Un troisième seuil avait été observé en 2016 (OU6 : Cf. figure 52) lors de l'ancienne étude menée par SINBIO. Il avait été proposé de le supprimer mais ce dernier a été détruit depuis.



Figure 52 : Seuil OU6 détruit à gauche et canalisation à droite, Les-Hauts-de-Chée_17/03/2021

(Source : IRH)

Le tronçon était également concerné par des travaux de restauration de la ripisylve et de lutte contre le piétinement du lit (Cf. figure 53), ces points sont toujours d'actualité.



Figure 53 : Berges dépourvues de végétation et piétinement, Les-Hauts-de-Chée_17/03/2021

(Source : IRH)

CHE – BD – 05

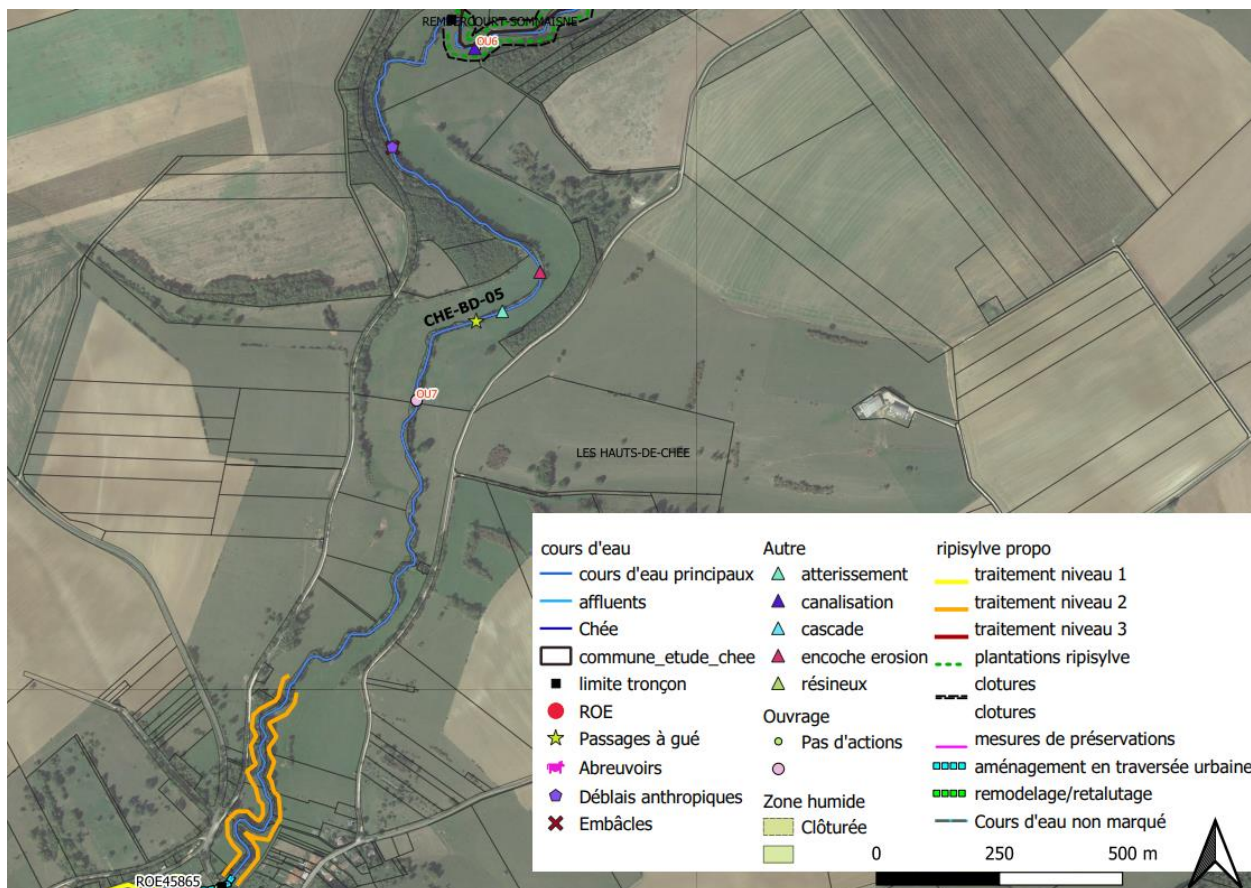


Figure 54 : Tronçon CHE-BD-05
(source : IRH)

Le tronçon CHE-BD-05 (Cf. figure 54) présente un ouvrage (OU7 : Cf. figure 55) à effacer car il est infranchissable et est donc un obstacle pour la continuité écologique.



Figure 55 : Seuil OU7, Les-Hauts-de-Chée_17/03/2021
(Source : IRH)

Le tronçon CHE-BD-05 n'était pas concerné par des travaux de gestion. Cependant, un entretien de la ripisylve de niveau 2 (Cf. figure 56) et quelques coupes particulières sont proposées à l'aval du tronçon.



Figure 56 : Entretien de ripisylve, Les-Hauts-de-Chée_ 17/03/2021
(Source : IRH)

Un embâcle et un dépôt anthropique, situés à l'amont du tronçon, seront également à retirer et un atterrissement sera à traiter (Cf. figure 57).



Figure 57 : Dépôt anthropique à gauche et atterrissement à droite, Les-Hauts-de-Chée_ 17/03/2021
(Source : IRH)

Il est également proposé l'aménagement d'un passage à gué (Cf. figure 58).



Figure 58 : Zone d'implantation du passage à gué, Les-Hauts-de-Chée_ 17/03/2021
(Source : IRH)

CHE – BD – 06

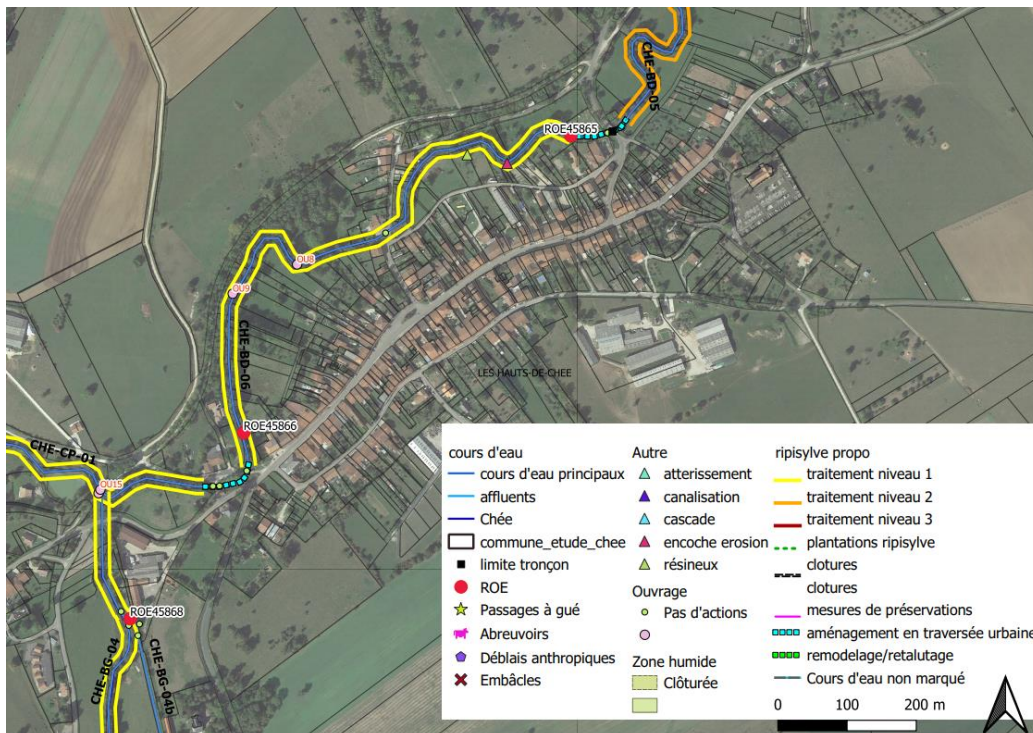


Figure 59 : Tronçon CHE-BD-06

(Source : IRH)

Le tronçon CHE-BD-06 (Cf. figure 59) passe dans la commune de Condé-en-Barrois (Cf. figure 60). Un aménagement du cours d'eau est prévu au niveau de cette traversée urbaine avec notamment une diversification des écoulements, à l'amont et à l'aval de la commune.



Figure 60 : Zone d'aménagement à l'amont (à gauche) et à l'aval (à droite) de Condé-en-Barrois, Les-Hauts-de-Chée_

17/03/2021

(Source : IRH)

La présence de 3 ouvrages qui font obstacle à la continuité a été observée. Seuls deux (OU8 et OU9 : Cf. figure 61) d'entre eux sont intégrés au programme de travaux.



Figure 61 : OU8 à supprimer et Ancien vannage OU9 à aménager, Les-Hauts-de-Chée_17/03/2021
(Source : IRH)

Le troisième ouvrage ROE45865 (Cf. figure 62) n'est pas concerné par notre programme.



Figure 62 : ROE45865 à conserver, Les-Hauts-de-Chée_17/03/2021
(Source : IRH)

Concernant les deux ouvrages, le 1^{er} est à supprimer et le second à aménager.

Il était envisagé d'effectuer des travaux d'entretien de niveau 2 et 3. Suite à notre visite de site, il apparaît que des travaux d'entretien semblent un peu ambitieux, du niveau 1 serait amplement suffisant au vu des enjeux du site.

Le maître d'ouvrage nous a alertés sur une problématique d'érosion de berge en rive droite chez un particulier (Cf. figure 63). Lors de la reconnaissance terrain, cette érosion ne nous a pas interpellés mais le terrain est dans la zone de remou de l'ouvrage ROE (Référentiel national des Obstacles à l'Écoulement). Il serait envisageable de re terrasser en pente douce les berges en rive droite et de réaliser des travaux de plantation pour maintenir les berges. Lors de la rencontre du maire de la commune, un point pourra être fait avec le propriétaire de la parcelle.



Figure 63 : zone d'érosion de berge, Les-Hauts-de-Chée_17/03/2021
(Source : IRH)

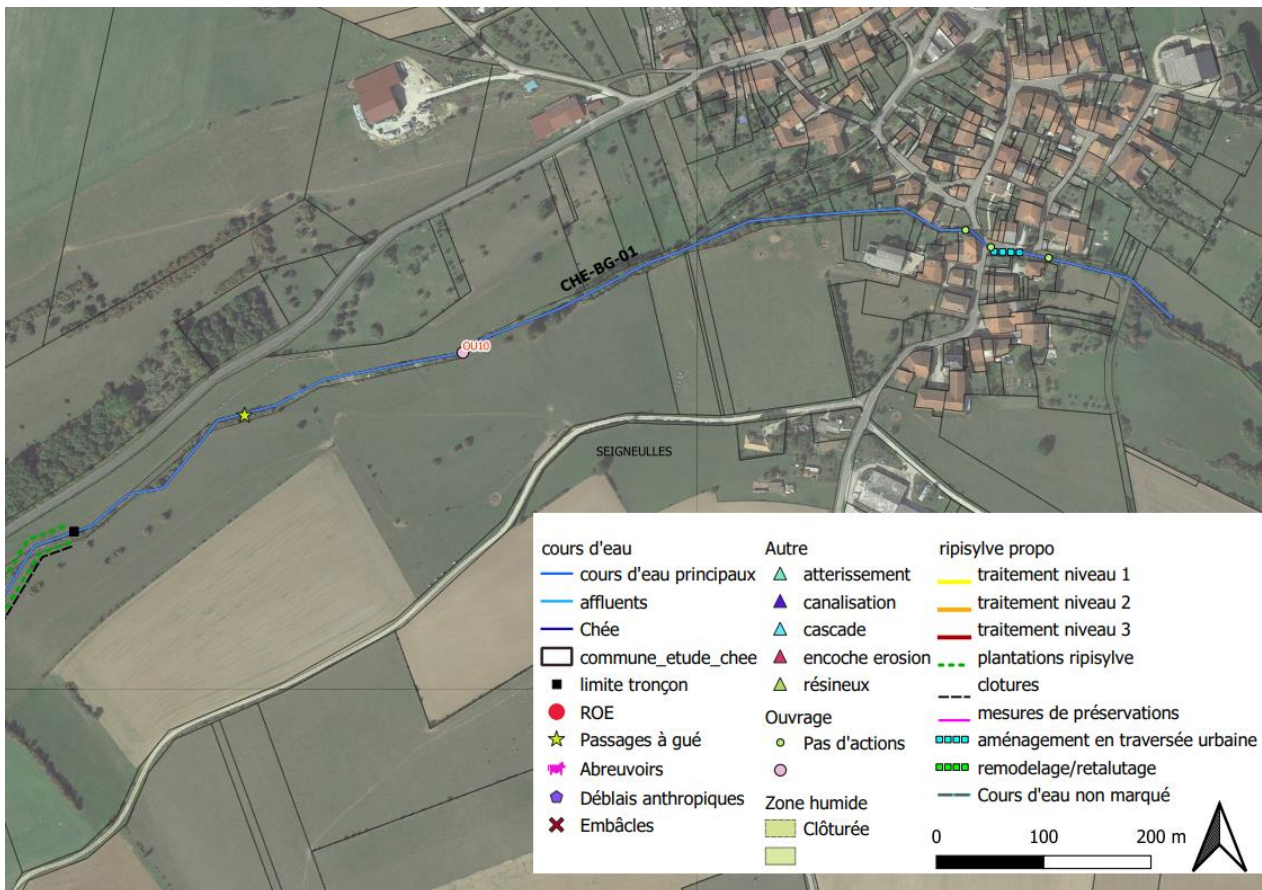


Figure 64 : Tronçon CHE-BG-01

(Source : IRH)

Le tronçon CHE-BG-01 (Cf. figure 64) n'est concerné que par des travaux d'effacement et d'aménagement d'ouvrages. En effet, un seuil (OU10 : Cf. figure 65) est présent et fait obstacle à la continuité écologique du cours d'eau, c'est pourquoi sa suppression est préconisée. De plus, afin d'éviter le piétinement du lit, un passage à gué pourrait être installé.



Figure 65 : OU10 à supprimer, Seigneulles_17/03/2021

(Source : IRH)

Lors de la reconnaissance terrain, nous avons pu rencontrer un élu de Seigneulles qui nous a alerté sur une problématique de banquette en traversée du village (Cf. figure 66). Il est donc proposé d'ajouter un aménagement en traversée urbaine au programme de travaux.



Figure 66 : Banquettes en traversée urbaine de Seigneulles, Seigneulles_17/03/2021
(Source : IRH)

CHE – BG – 03

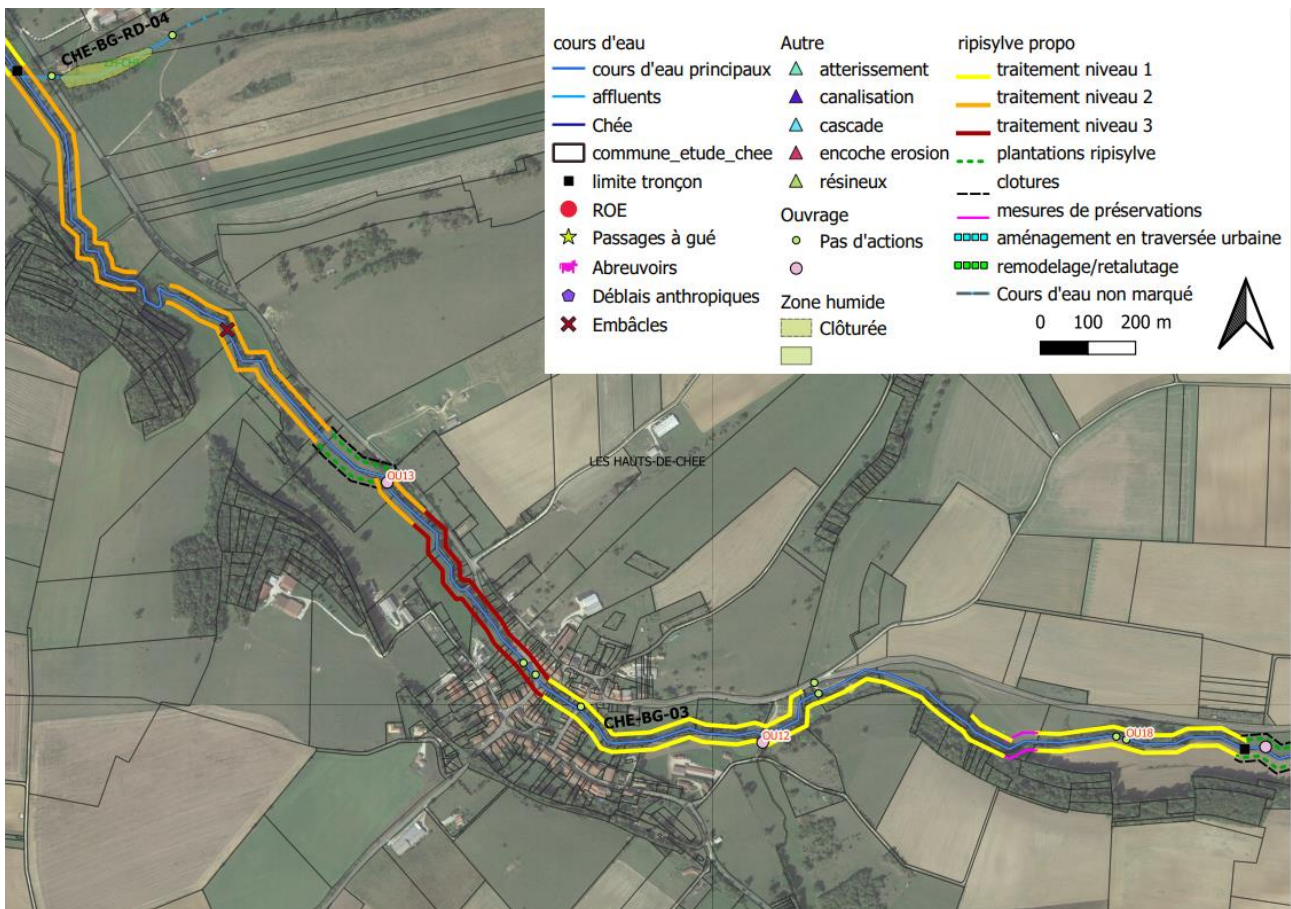


Figure 67 : Tronçon CHE-BG-03
(Source : IRH)

Le tronçon CHE-BG-03 (Cf. figure 67) était concerné par des travaux d'aménagement d'ouvrages. Cependant, lors de notre reconnaissance terrain, nous avons pu observer que deux d'entre eux avaient déjà été supprimés (Cf. figure 68) :



Figure 68 : Ouvrages déjà supprimés, Les-Hauts-de-Chée_17/03/2021
(Source : IRH)

Il reste cependant deux ouvrages (OU12 et OU13 : Cf figure 69), partiellement démolis, à aménager. Le premier est une buse que l'on propose d'aménager et le second est un seuil qu'il faudra finir de démolir.



Figure 69 : Buse OU12 à aménager et seuil OU13 à supprimer, Les-Hauts-de-Chée_17/03/2021
(Source : IRH)

Il était envisagé d'effectuer des travaux d'entretien de niveau 2 et 3. A la suite de notre visite de site, il apparaît que ces travaux d'entretien semblent un peu ambitieux nous proposons de les réduire au vu des enjeux du site.

Toutefois, les travaux d'entretien de niveau 2 et 3 (Cf. figure 70) seront maintenus à l'aval du tronçon.



Figure 70 : Entretien de ripisylve, Les-Hauts-de-Chée_ 17/03/2021

(Source : IRH)

Ce tronçon était également concerné par des travaux de restauration de ripisylve (Cf. figure 71) et de lutte contre le piétinement, ils restent d'actualité.



Figure 71 : Zone de plantation de ripisylve et de clôtures, Les-Hauts-de-Chée_ 17/03/2021

(Source : IRH)

CHE – BG – RD – 04

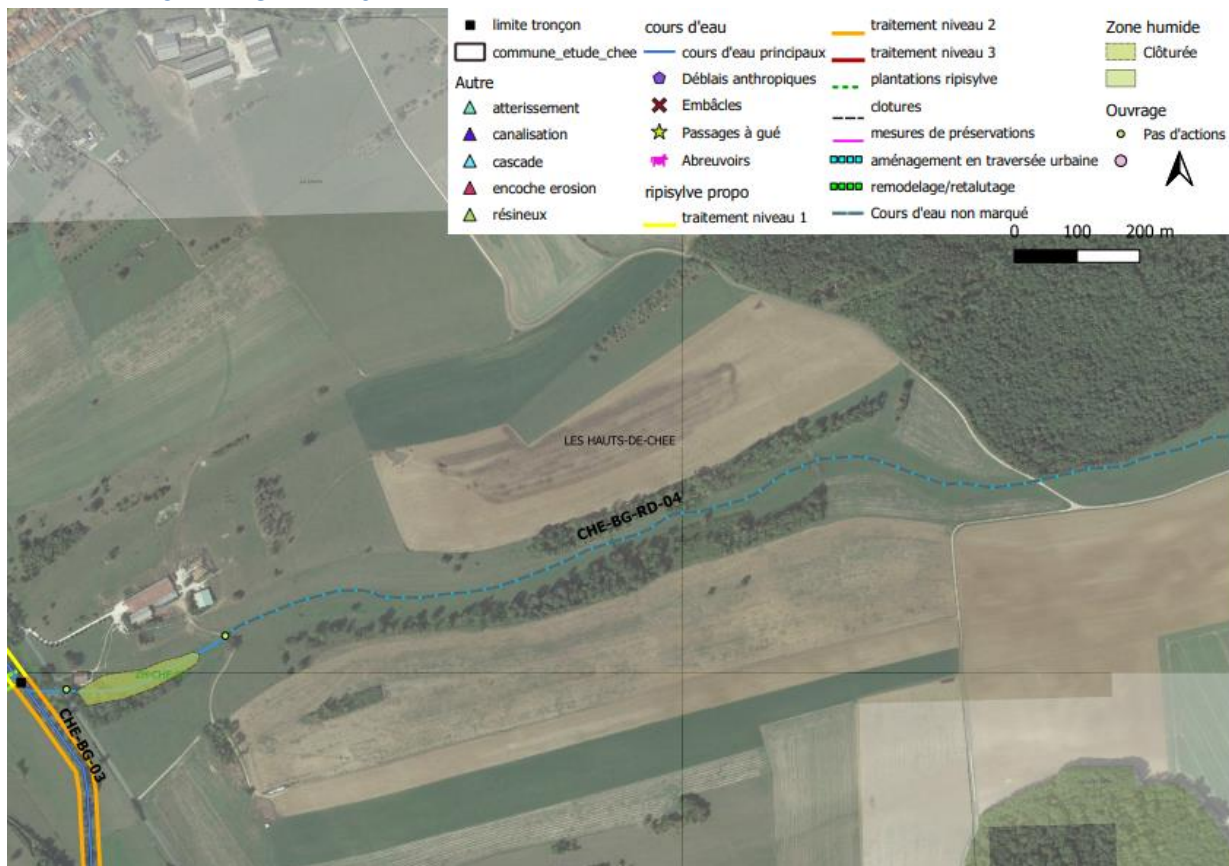


Figure 72 : Tronçon CHE-BG-RD-04

(Source : IRH)

Le tronçon CHE-BG-RD-04 (Cf. figure 72) est principalement constitué d'une zone humide : ZH-CHE-07 (Cf. figures 73 et 74). Les travaux envisagés étaient de la pose de clôture.



Figure 73 : Végétation présente autour de la zone humide ZH-CHE-07, Les-Hauts-de-Chée_ 17/03/2021

(Source : IRH)

Cette zone humide est déjà bien protégée par la présence d'une forte végétation ainsi que par des clôtures. Seule une partie reste non protégée et sera donc clôturée.



Figure 74 : Partie non clôturée de la zone humide ZH-CHE-07, Les-Hauts-de-Chée_ 17/03/2021

(Source : IRH)

CHE – BG – 04

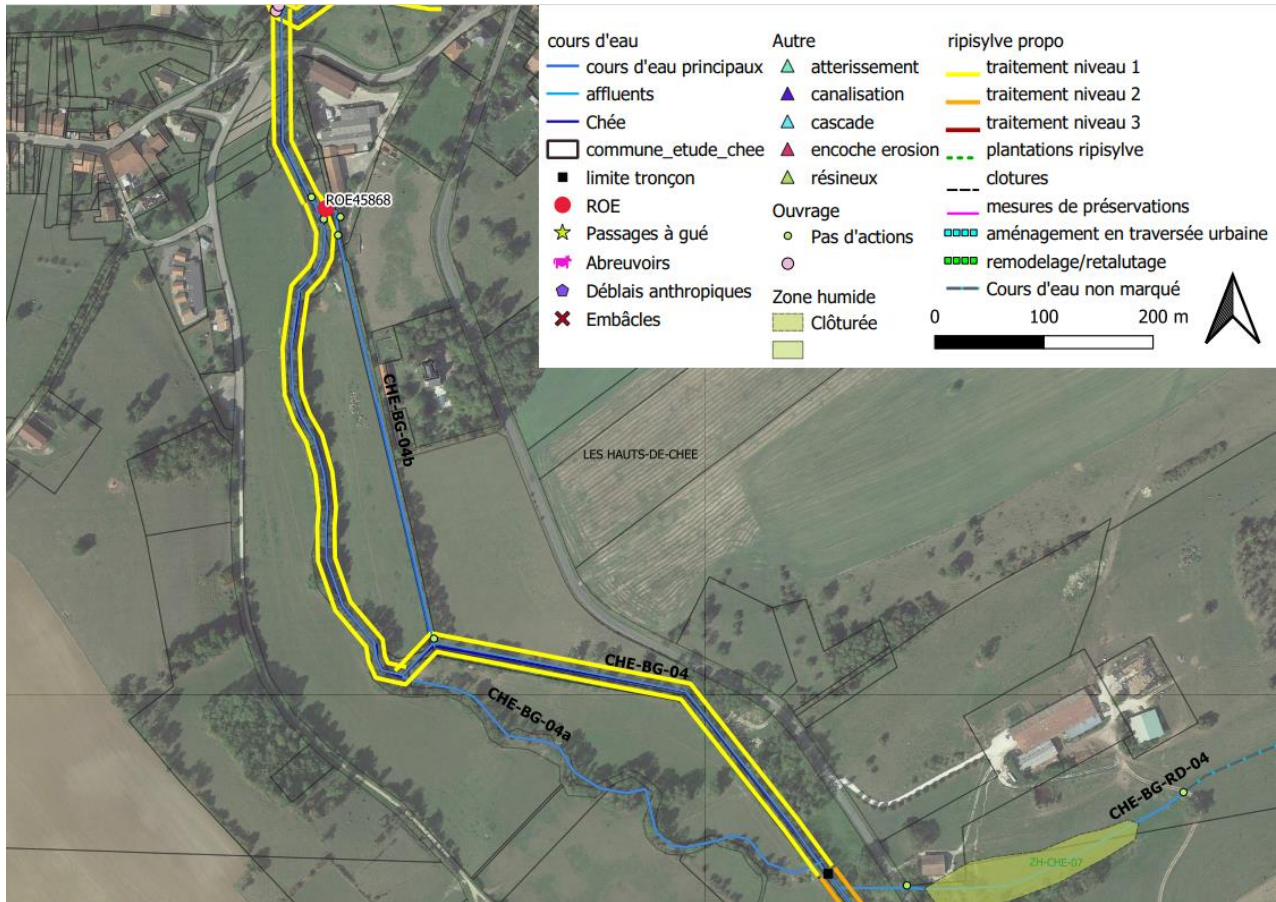


Figure 75 : Tronçons CHE-BG-04, CHE-BG-04a et CHE-BG-04b

(Source : IRH)

Sur le tronçon CHE-BG-04 (Cf. figure 75), il était envisagé d'effectuer des travaux d'entretien de niveau 3. Après notre visite de site, il apparaît que des travaux d'entretien de niveau 1 seront suffisants (Cf. figure 76), le propriétaire entretient lui-même les berges.



Figure 76 : Entretien de ripisylve, Les-Hauts-de-Chée_ 17/03/2021

(Source : IRH)

CHE – BG – 04a

Des travaux d'entretien de niveau 3 étaient envisagés sur le tronçon CHE-BG-04a, cependant pendant la reconnaissance terrain, il a été constaté qu'un entretien de la ripisylve avait déjà été entrepris et qu'il n'était donc plus nécessaire de l'intégrer dans le programme de travaux.

CHE – BG – 04b

Des travaux d'entretien de niveau 3 étaient envisagés sur le tronçon CHE-BG-04b mais le propriétaire réalise lui-même l'entretien, c'est pourquoi nous ne proposons aucune intervention sur ce tronçon.

CHE – CP – 01

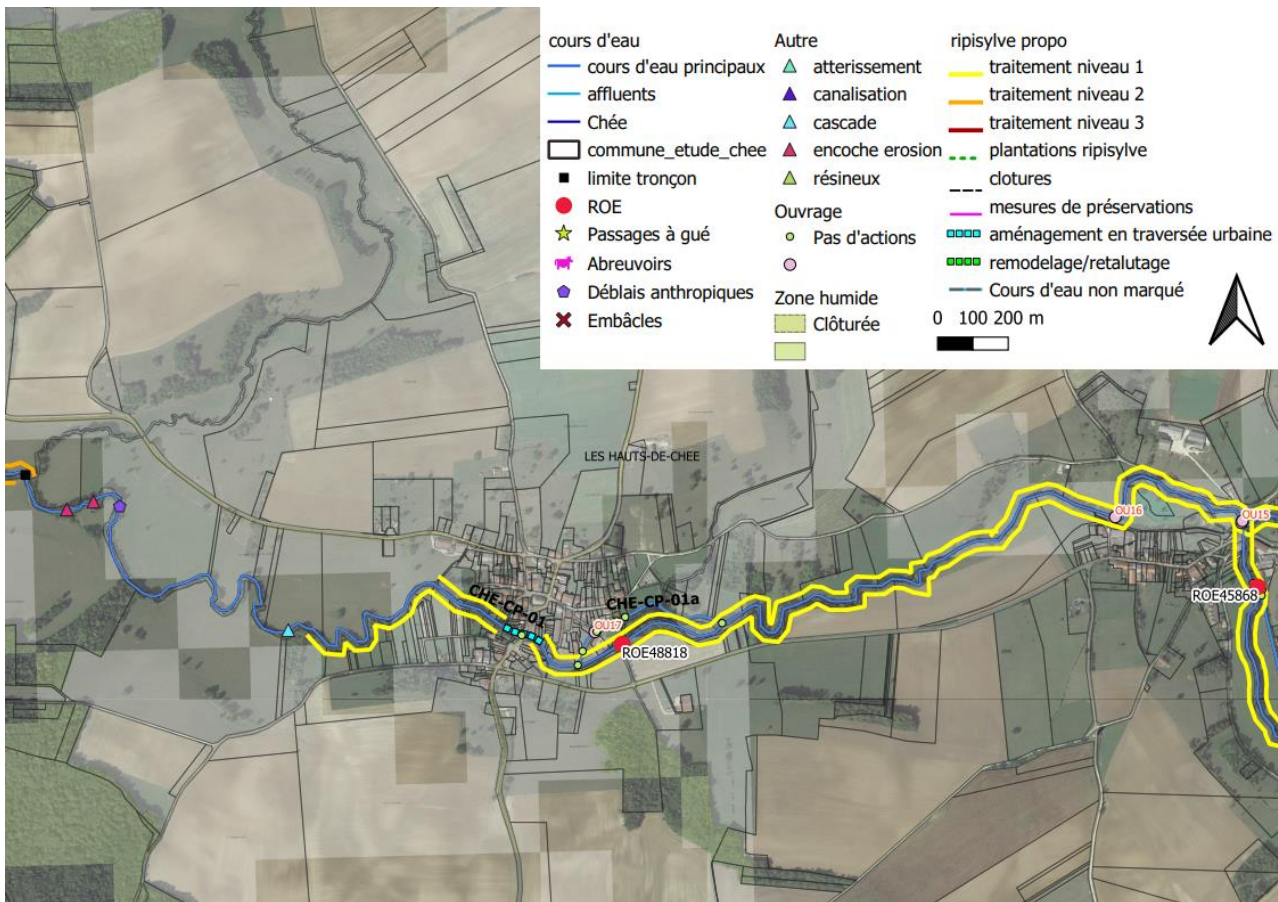


Figure 77 : Tronçon CHE-CP-01

(Source : IRH)

Le tronçon CHE-CP-01 (Cf. figure 77) était concerné par de nombreux travaux avec notamment l'aménagement d'ouvrages hydrauliques. En effet, il présente 3 ouvrages : un seuil à l'amont d'un pont, le radier du pont ainsi qu'un autre seuil, situé plus à l'aval (OU14, OU15 et OU16 : Cf. figures 78 et 79). Afin d'améliorer la franchissabilité, il est prévu de les aménager.



Figure 78 : Seuil OU14 à gauche et radier OU15 à droite, Les-Hauts-de-Chée_07/04/2021

(Source : IRH)



Figure 79 : Seuil OU16 à supprimer, Les-Hauts-de-Chée_07/04/2021
(Source : IRH)

Des aménagements étaient également prévus en traversée urbaine de Louppy-sur-Chée (Cf. figure 80). En effet, lors de la visite de terrain, il a été observé que la largeur du cours d'eau était trop importante.



Figure 80 : Aménagements en traversée urbaine de Louppy-sur-Chée, Louppy-le-Château_07/04/2021
(Source : IRH)

En plus de l'aménagement des ouvrages et de la traversée urbaine, la ripisylve du tronçon CHE-CP-01 nécessite un entretien entre les communes de Condé-en-Barrois et Louppy-sur-Chée. Cependant, l'entretien initialement prévu était un entretien de niveau 1, 2 et 3. Après la reconnaissance terrain, il a été conclu que l'entretien de niveau 1 serait suffisant. Un dépôt anthropique serait également à traiter.

CHE – CP – 01a

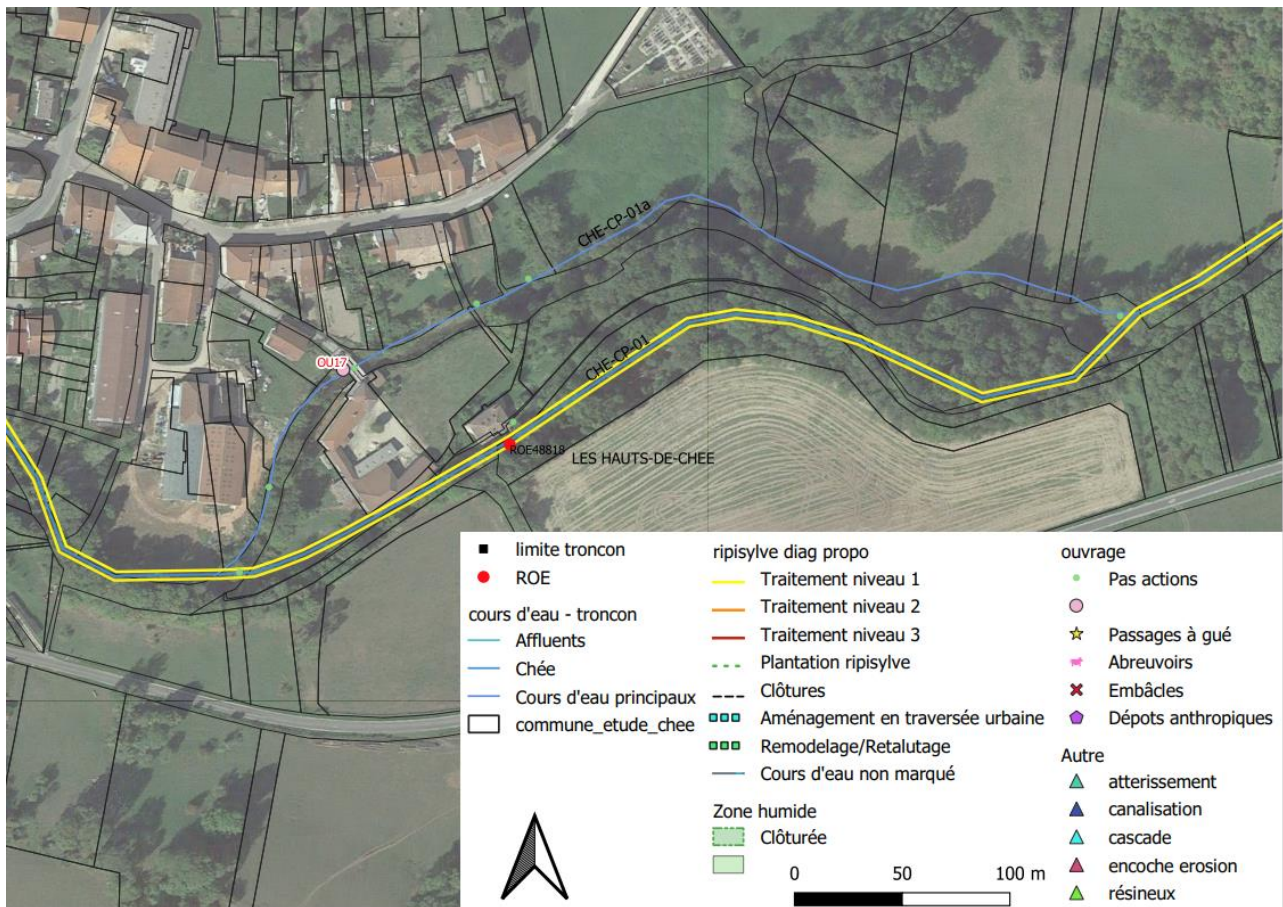


Figure 81 : Tronçon CHE-CP-01a

(Source : IRH)

Sur le tronçon CHE-CP-01a (Cf. figure 81), seuls les travaux d'aménagement sur deux ouvrages et une reconstitution de ripisylve étaient envisagés. Après la visite de terrain, il a été observé que la plantation n'était pas nécessaire. De plus, un seul (OU17 : Cf. figure 82) des ouvrages a été aperçu. Il constitue un obstacle à la continuité écologique et doit donc être supprimé.



Figure 82 : Seuil OU17 à supprimer, Les-Hauts-de-Chée_07/04/2021

(Source : IRH)

CHE – CP – 02

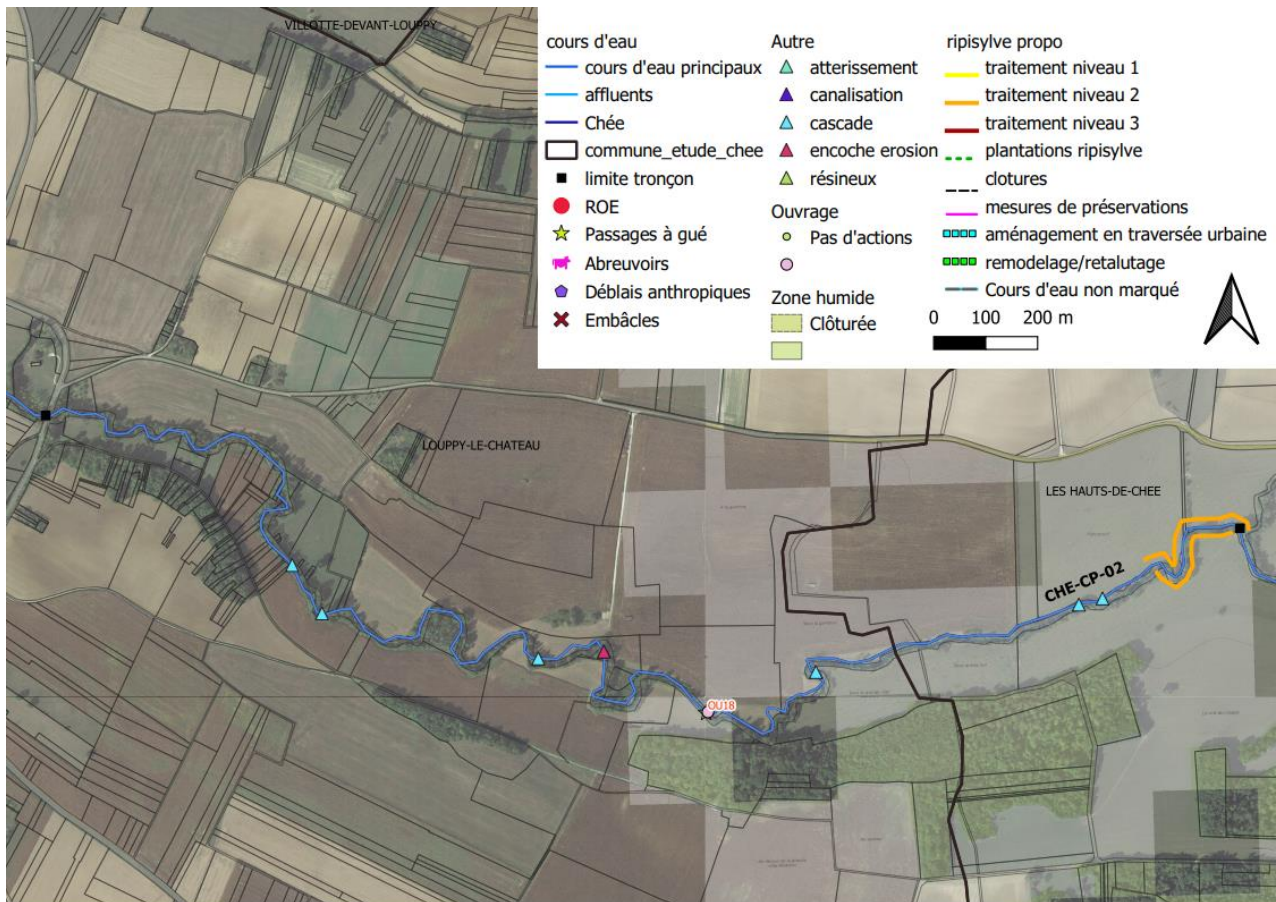


Figure 83 : Tronçon CHE-CP-02
(Source : IRH)

Le tronçon CHE-CP-02 (Cf. figure 83) n'était pas concerné par des travaux d'entretien de ripisylve, cependant il apparaît qu'une gestion de niveau 2 (Cf. figure 84) est nécessaire à l'amont du tronçon.



Figure 84 : Entretien de ripisylve, Louppy-le-Château_07/04/2021
(Source : IRH)

Durant la visite de terrain, il a été remarqué la présence, sur tout le linéaire du tronçon, de « cascades » naturelles (Cf. figure 85) plus ou moins importantes.



Figure 85 : "Cascades" naturelles sur le tronçon CHE-CP-02, Louppy-le-Château_07/04/2021
(Source : IRH)

Le tronçon présente un ouvrage (passage à gué, OU18, Cf. figure 86), intégré dans les travaux d'aménagement d'ouvrage, qui fait obstacle à la continuité. Cependant, la présence des nombreuses « cascades » naturelles à l'amont et à l'aval du passage à gué constitue également des obstacles à la continuité écologique du cours d'eau. Il est proposé de ne pas intervenir sur cet ouvrage.



Figure 86 : Passage à gué OU18, Louppy-le-Château_07/04/2021
(Source : IRH)

Afin d'améliorer la ripisylve sur certaines zones, des travaux de plantation avaient été proposés. Cependant, lors de la reconnaissance terrain, il a été constaté que ces plantations étaient prévues sous des lignes électriques (Cf. figure 87), il est proposé de ne pas intervenir sur ce secteur.



Figure 87 : Ligne électrique sur le tronçon CHE-CP-02, Louppy-le-Château_07/04/2021
(Source : IRH)

CHE – CP – 03

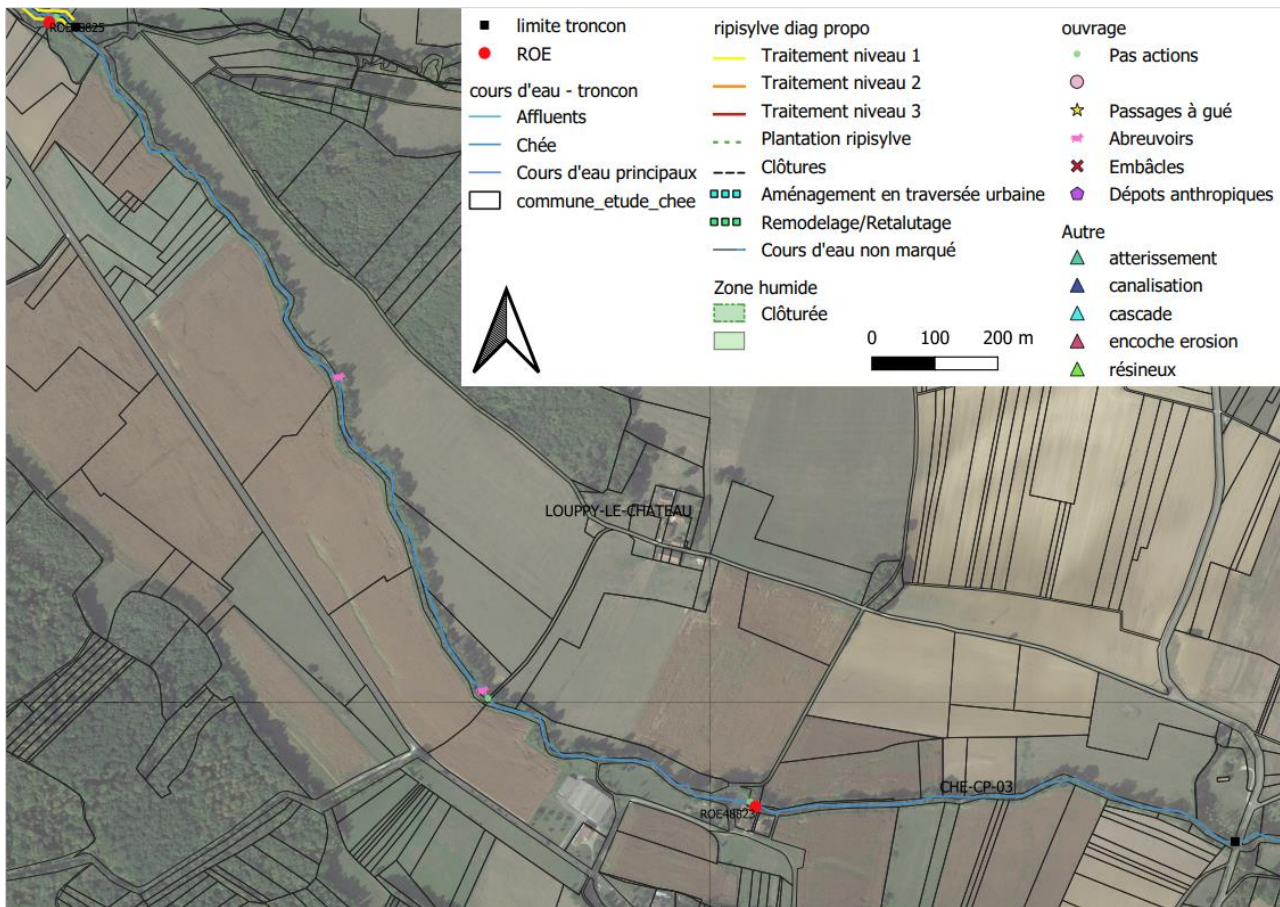


Figure 88 : Tronçon CHE-CP-03

(Source : IRH)

Le tronçon CHE-CP-03 (Cf. figure 88) n'était concerné par aucun travaux, cependant, il a été remarqué que des travaux de lutte contre le piétinement du lit (Cf. figure 89), avec notamment la création de 2 abreuvoirs, étaient nécessaires.



Figure 89 : Zones concernées par la mise en place d'abreuvoirs, Louppy-le-Château_07/04/2021

(Source : IRH)

CHE – CP – 04

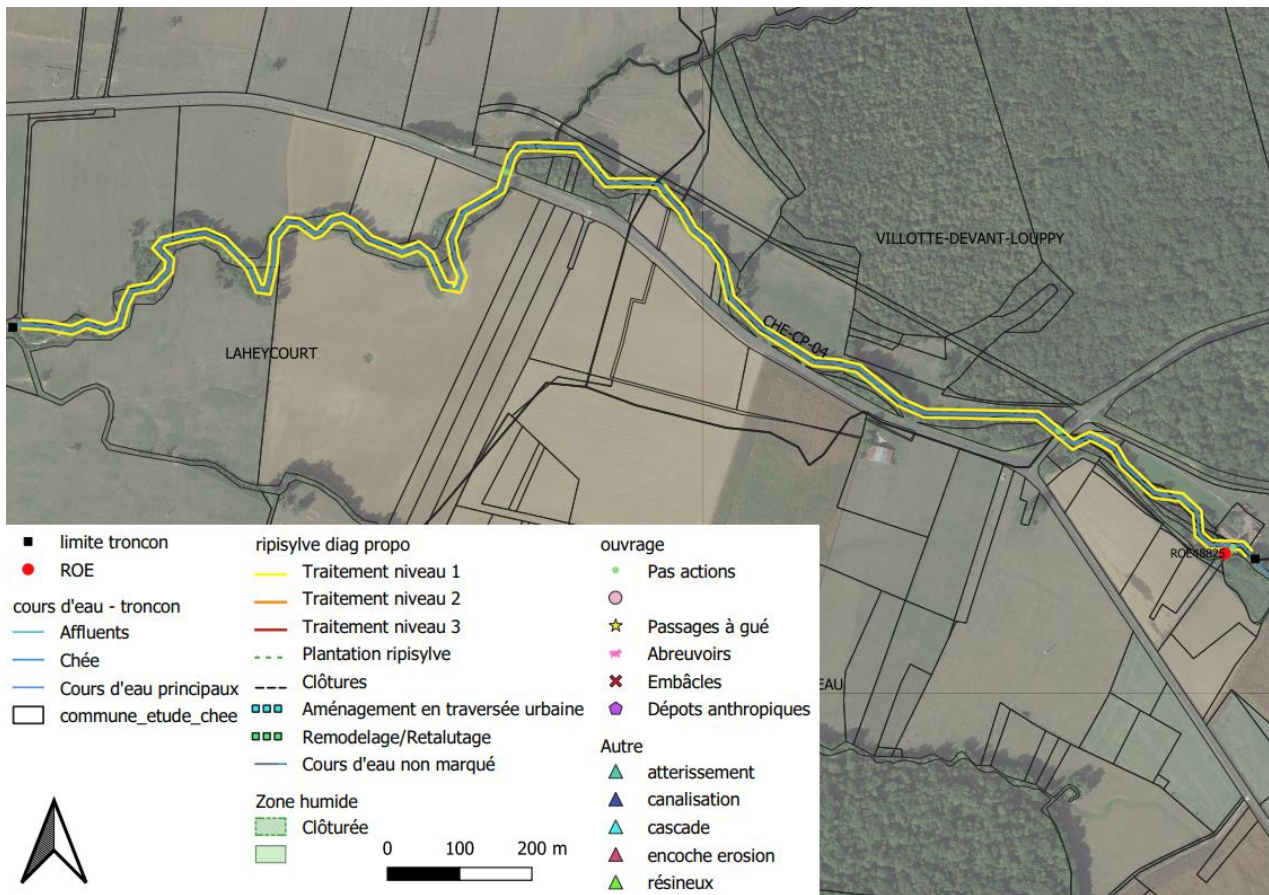


Figure 90 : Tronçon CHE-CP-04

(Source : IRH)

Le tronçon CHE-CP-04 (Cf. figure 90) est concerné par des travaux de gestion de ripisylve de niveau 1 et 2, seuls des travaux de niveau 1 seront nécessaires (Cf. figure 91).



Figure 91 : Entretien de ripisylve, Villotte-devant-Louppy_07/04/2021

(Source : IRH)

La Nausonce

NAU – CP – 01

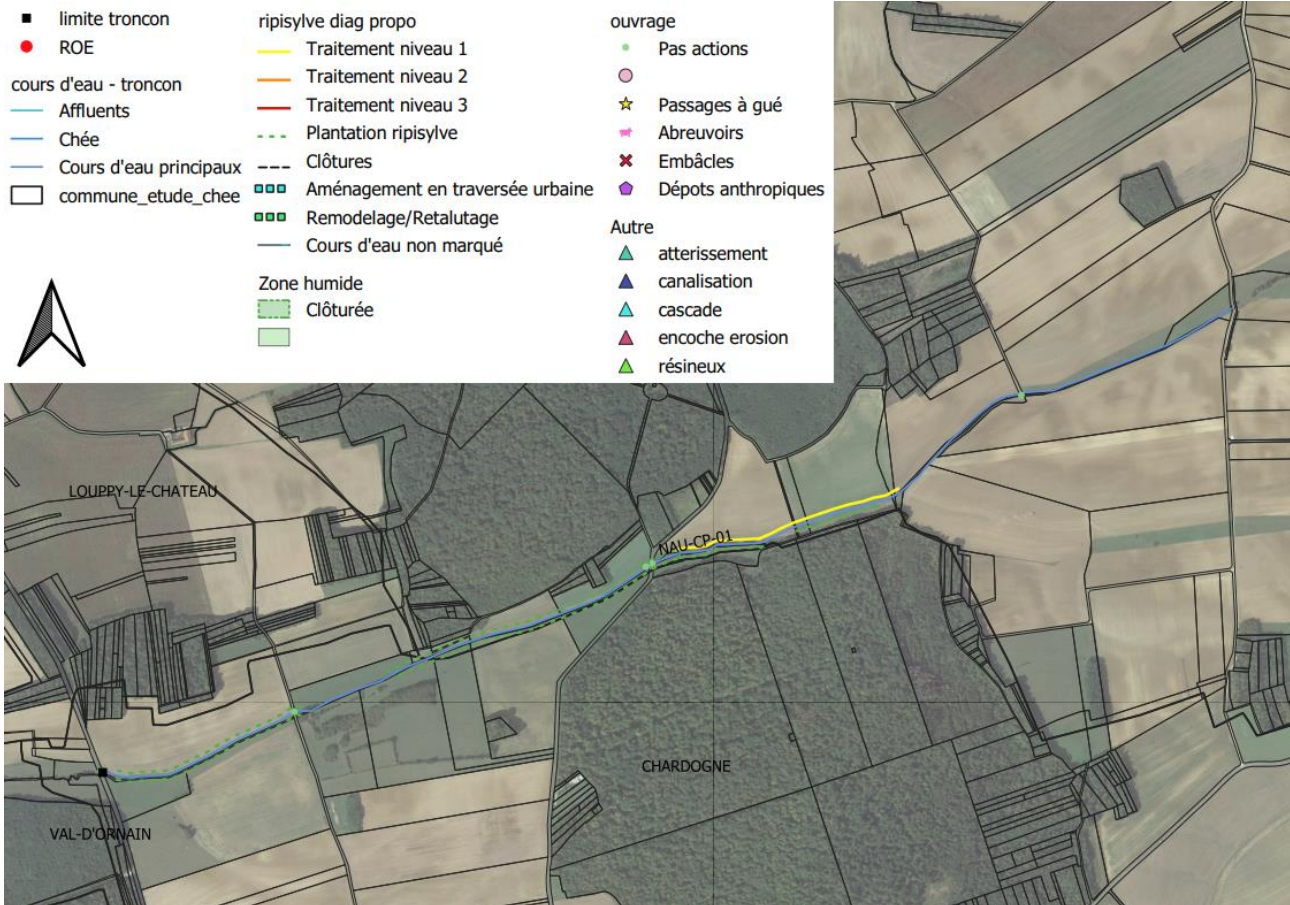


Figure 92 : Tronçon NAU-CP-01

(Source : IRH)

Le tronçon NAU-CP-01 (Cf. figure 92) n'était concerné que par des travaux de reconstitution de ripisylve. Après la visite de terrain, il a été noté que ce dernier nécessite également des travaux d'entretien de ripisylve de niveau 1 (Cf. figure 93).



Figure 93 : Entretien de ripisylve (à gauche) et plantation (à droite) sur le tronçon NAU-CP-01, Les-Hauts-de-Chée_07/04/2021

(Source : IRH)

Annexes 2 : Récapitulatif du programme d'action

Tableau 20 : Tableau récapitulatif du programme d'action

(Source : IRH)

Tronçons	RESTAURATION							Gestion				
	Aménagement /Effacement d'ouvrage	Restauration du lit	Reconstruction de ripisylve (plantation)	Lutte contre le piétinement			Zones humides	Traitement de la végétation			Atterrissement	Interventions d'urgence
				Clôture	Passage à gué	Abreuvoir		Ripisylve	Embâcles	Dépôt anthropique		
CHE-BD-01												
CHE-BD-02	2		551 ml	898 ml	2	1		338 ml	1			
CHE-BD-03	1		847 ml	1134 ml	1	4		1412 ml	3	1		
CHE-BD-RD-06			198 ml				NON					
CHE-BD-04	2		762 ml	762 ml		1						
CHE-BD-05	1				1			1948 ml	1	1	1	
CHE-BD-06	2	173 ml						2170 ml				
CHE-BG-01	1	55 ml			1							
CHE-BG-02	1	198 ml	3 857 ml	1285 ml					1			
CHE-BG-03	2		326 ml	326 ml				5963 ml	1			
CHE-BG-RD-04				85 ml (ZH)			Oui (clôture)					
CHE-BG-04								966 ml				
CHE-BG-04a												
CHE-BG-04b												
CHE-CP-01	3	121 ml						6115 ml		1		
CHE-CP-01a	1											
CHE-CP-02								1601 ml				
CHE-CP-03						2						
CHE-CP-04								4838 ml				
NAU-CP-01			3600 ml					705 ml				
TOTAL	17	547 ml	10 141 ml	4490 ml	5	8	1	26 056 ml	7	3	1	1

Annexes 3 : Méthode de calcul des débits

Les différents débits ont donc été calculés d'après la formule de Myers en utilisant ces stations :

Équation 2 : Formule de Myers

$$Q_{\text{non jaugé}} = Q_{\text{voisin jaugé}} \times \frac{S_{\text{non jaugé}}}{S_{\text{voisin jaugé}}}$$

- Pour le régime des basses et moyennes eaux, les débits obtenus par l'une des méthodes précédentes peuvent être comparés aux données de références établies par l'IRSTEA à l'échelle nationale présentées précédemment.
- Pour le régime des hautes eaux, en fonction de l'occupation des sols et de la taille du sous-bassin versant, plusieurs méthodes peuvent par ailleurs être appliquées pour calculer le débit de crue décennal :

Méthode rationnelle (bassin versant rural $S < 1 \text{ km}^2$) :

Équation 3 : Calcul de débit par la méthode rationnelle

$$Q = \frac{C * I * A}{3.6}$$

- Avec,

- **Q (m³/s) : le débit de fréquence choisi du bassin versant à étudier**
- **C : le coefficient de ruissellement du bassin versant**
- **I (mm/h) : l'intensité de la pluie pour le temps de concentration du bassin versant, évalué à partir des coefficients a et b de Montana**
- **A (km²) : l'aire du bassin versant**

Pour avoir l'intensité de la pluie, on calcule d'abord le temps de concentration. Ce dernier est obtenu en faisant une moyenne des temps de concentration calculés par différentes méthodes. Grâce à ce temps de concentration et aux coefficients de Montana pour le secteur, on obtient l'intensité de la pluie.

1. Détermination des temps de concentration

Plusieurs méthodes sont utilisées pour calculer les temps de concentration en milieu rural :

- Formule de Giandotti

Équation 4 : Formule de Giandotti

$$Tc = 60 \times \frac{0,4\sqrt{S} + 0,0015L}{0,8\sqrt{P} \times L}$$

Tc : en min

S : Surface en Ha

L : Plus grande longueur hydraulique en m

P : Pente en m/m

- Formule de Passini

Équation 5 : Formule de Passini

$$Tc = 0,14 \times \frac{(S \times L)^{\frac{1}{3}}}{\sqrt{P}}$$

Tc : en min

S : Surface en Ha

L : Plus grande longueur hydraulique en m

P : Pente en m/m

- Formule de Ventura

Équation 6 : Formule de Ventura

$$Tc = 7,62 \times \sqrt{\frac{S}{P}}$$

Tc : en min

S : Surface en km²

P : Pente en m/m

- Formule GEMAGREF

Équation 7 : Formule GEMAGREF

$$\ln(Tc) = 0,375 \cdot \ln(S) + 3,729$$

Tc : en min

S : Surface en km²

2. Détermination du coefficient de ruissellement du bassin versant

Afin de déterminer le coefficient de ruissellement du bassin versant, il est nécessaire d'étudier l'occupation des sols de ce dernier (Cf. figure 94).

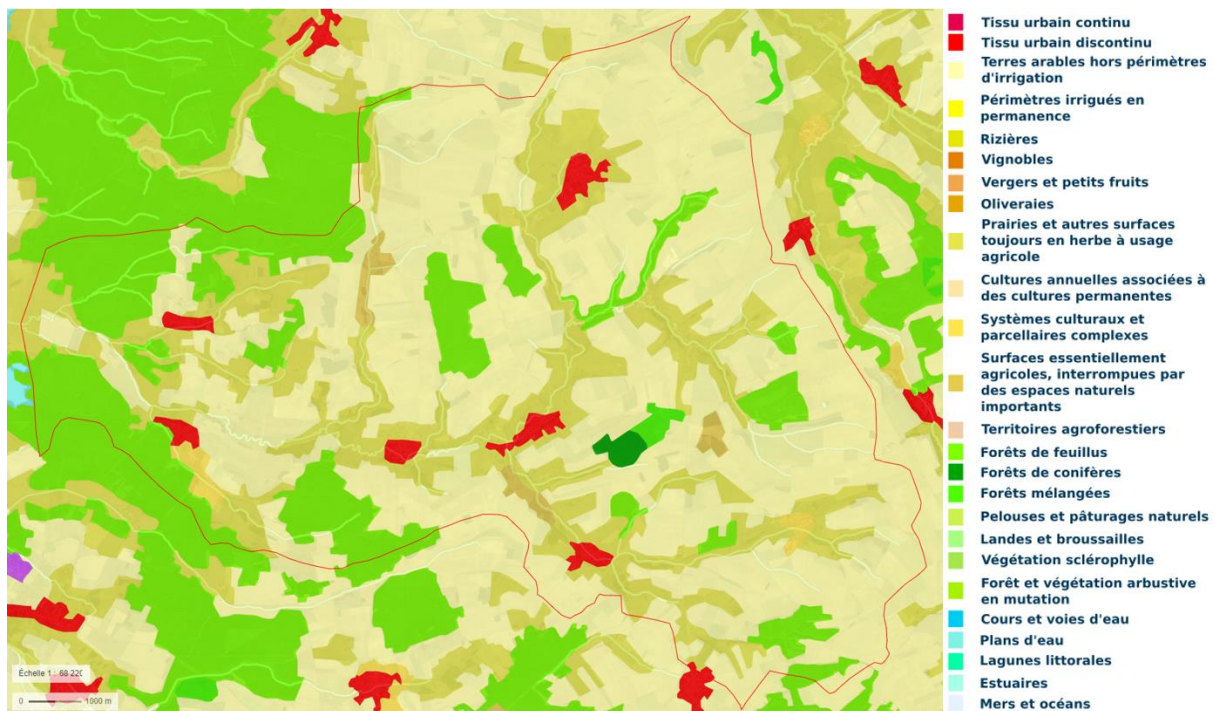


Figure 94 : Occupation du sol – Bassin versant de la Chée à l'exutoire du secteur d'étude

(Source : IRH et Géoportail)

Grâce aux surfaces des différents types de sols et aux coefficients de ruissellement qui leur sont associés, on peut obtenir un coefficient de ruissellement moyen de notre bassin versant.

Annexes 4 : Estimation du montant des travaux de l'aménagement rampe rugueuse du tronçon 4 de la Wiseppe

Tableau 21 : Montant des travaux d'aménagement d'une rampe rugueuse- _ Wiseppe, tronçon 4

(Source : IRH)

SYNTHESE			
1	Installation de chantier		7 525,00 €
2	Travaux préparatoires		3 500,00 €
9	Aménagement du lit		0,00 €
10	Protection et végétalisation des berges		0,00 €
14	Marge pour imprévus (10%)		2 156,25 €
Total HT			23 718,75 €
TVA 20 %			4 743,75 €
Total TTC			28 462,50 €

Annexes 5 : Estimation du montant des travaux de l'aménagement remise en fond de talweg des tronçons 1 et 2 de la Wiseppe

Tableau 22 : Montant des travaux de remise en fond de talweg _ Wiseppe, tronçons 1 et 2



(Source : IRH)

SYNTHESE			
1	Installation de chantier		7 525,00 €
2	Travaux préparatoires		5 500,00 €
9	Aménagement du lit		15 000,00 €
10	Protection et végétalisation des berges		54 610,00 €
14	Marge pour imprévus (10%)		8 263,50 €
	Total HT		90 898,50 €
	TVA 20 %		18 179,70 €
	Total TTC		109 078,20 €

Annexes 6 : Estimation du montant des travaux de l'aménagement banquettes végétalisées du tronçon 6 de la Wiseppe

Tableau 23 : Montant des travaux de diversification des écoulements _ Wiseppe, tronçon 6
(Source : IRH)

SYNTHESE			
1	Installation de chantier		7 100,00 €
2	Travaux préparatoires		5 500,00 €
9	Aménagement du lit		111 550,00 €
10	Protection et végétalisation des berges		15 207,50 €
14	Marge pour imprévus (10%)		13 935,75 €
	Total HT		153 293,25 €
	TVA 20 %		30 658,65 €
	Total TTC		183 951,90 €

 	
MEMOIRE DE FIN D'ETUDES	
Diplôme(s) : Ingénieur ENGEES	
Spécialité : Ecologie	
Auteur : Anaïs DUBOIS-CANUET	Année 2021
Titre : Rédaction d'un Avant-Projet pour une mission de maîtrise d'œuvre pour la réalisation de travaux de restauration et de gestion de la Chée et de la Nausonce (55)	
Nombre de pages texte : 52 pages	Annexes : 30 pages
Nombre de références bibliographiques : 24	
Structure d'accueil : IRH Ingénieur Conseil, Ludres, Meurthe-et-Moselle	
Maître de stage : PARISOT Carine	
Résumé <p>La phase d'Avant-Projet se décline en plusieurs grandes parties : la reconnaissance du terrain qui permet d'appréhender le secteur et de cerner les enjeux ; l'ajustement des travaux anciennement préconisés par le bureau d'études SINBIO ; une étude hydrologique qui permettra de connaître les débits de crue et d'étiage des cours d'eau ; ainsi qu'une partie dimensionnement comprenant une estimation financière du coût total des travaux. Cette partie a été effectuée sur une autre mission de restauration de cours d'eau en raison d'un manque de données topographiques du secteur d'étude.</p>	
Mots-clés Maîtrise d'œuvre, Avant-Projet, restauration, continuité écologique, aménagements	