



**HAL**  
open science

# Études environnementales et hydrauliques préalables aux travaux d'amélioration du fonctionnement du bassin versant du ruisseau “ Trémery ”

Andréa Génin

► **To cite this version:**

Andréa Génin. Études environnementales et hydrauliques préalables aux travaux d'amélioration du fonctionnement du bassin versant du ruisseau “ Trémery ”. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2021. dumas-03602624

**HAL Id: dumas-03602624**

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03602624v1>

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.

**« Etudes environnementales et hydrauliques préalables aux travaux d'amélioration du fonctionnement du bassin versant du ruisseau Trémery (57) »**



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

Stage réalisé dans le bureau d'étude BEPG (Villers-lès-Nancy) de janvier à juin 2021

**Andréa GÉNIN**



## Remerciements

Mes premiers remerciements vont à M. Gilles Uda, directeur de BEPG, pour m'avoir accueilli au sein de son entreprise durant les six mois de mon stage de fin d'études.

Je remercie également ma tutrice de stage, Mme Tatiana Ballestriero, chargée d'affaires milieux naturels, pour le temps et les conseils qu'elle a su m'accorder au cours de mon stage. Travailler avec elle a été une expérience très enrichissante.

Je tiens aussi à remercier tout le reste des membres de l'entreprise, qui m'ont accueillie chaleureusement et ont partagé avec moi leurs savoir-faire, notamment M. Denis Rousselle, chargé d'affaires environnement, hydrologie et hydraulique, qui m'a accompagné pour une partie importante de mon sujet d'étude.

Au sein de l'ENGEES, je remercie M. Jean-Nicolas Beisel, enseignant-chercheur en hydroécologie, qui d'une part m'a prodigué des cours captivants et riches de sens durant ma formation à l'ENGEES et d'autre part, a accepté de m'accorder de son temps pour me tutorer dans le cadre de mon stage de fin d'études à BEPG.

# « Etudes environnementales et hydrauliques préalables aux travaux d'amélioration du fonctionnement du bassin versant du ruisseau Trémery (57) »

## Résumé

Le présent mémoire porte sur l'étude d'un cours d'eau confluant avec la Moselle, le Trémery. L'état de l'art a d'abord été synthétisé. Un diagnostic hydromorphologique et hydraulique du ruisseau a été réalisé, comprenant une observation sur le terrain, une analyse du milieu, des calculs portant sur la dynamique du cours d'eau, l'étude hydrologique du bassin versant du ruisseau et une modélisation des inondations. Des solutions ont ensuite été envisagées pour améliorer le fonctionnement du cours d'eau, améliorer son état, sans aggraver le risque inondation. Les principaux problèmes relevés lors du diagnostic sont l'envasement et la banalisation du milieu due au tracé artificiellement rectiligne du cours d'eau, le mauvais état de la ripisylve, les obstacles à l'écoulement qui rompent la continuité écologique et des inondations localisées sur des zones à enjeux. Les solutions retenues sont le reméandrage du cours d'eau sur plusieurs secteurs rectilignes, la gestion de la ripisylve, la mise en place de protections de berges végétales localement nécessaires et la gestion des zones humides. Des clôtures et abreuvoirs sont une solution apportée face au piétinement des berges par le bétail. Enfin, la gestion des ouvrages hydrauliques problématiques vient s'ajouter au programme d'actions de restauration de la rivière.

Mots clés: Restauration; Rivière ; Diagnostic hydromorphologique; Hydrologie; Modélisation ; Inondation ; bassin versant ; continuité écologique.

# **Environmental and hydraulic studies prior to work for improvement of the operation of the drainage basin of the Trémery stream (57-France)**

## **Abstract**

This dissertation deals with the study of a stream which join the Moselle river, the Trémery. First, the latest developments have been summarized. An hydromorphological and hydraulic diagnosis has been made, with a terrain observation, an environment analysis, calculations dealing with the dynamic of the stream, the hydrological study of the drainage basin of the river and a flood modelling. Solutions have been contemplated to improve the operation of the waterway and its state without increasing the flood hazard. The main problems noticed during the diagnosis are the silting and the trivialization of the flows due to the artificially straight route of the stream, the bad state of the riparian forest. The obstacles which break the run-offs and destroy the ecological continuum and floods located on areas where the stakes are high. The solutions taken on are the remeandering of the river on multiple straight areas, the riparian forest management, the arranging of vegetal riverbank protections locally required and the management of wetlands. Fences and drinking troughs are a solution provided to the trampling of the riverbanks by the cattle. And well, management of problematic hydraulic structures is added to the actions program of the river restoration.

Key words: Restoration; River ; hydromorphological diagnosis; Hydrology; Modelling ; Flood ; Drainage basin ; ecological continuum.

## Table des matières

Abréviations et sigles .....	10
Lexique .....	11
Présentation de l'entreprise .....	12
Introduction .....	13
1 Etat de l'art.....	14
1.1 Description du fonctionnement des cours d'eau .....	14
1.1.1 L'hydrosystème fluvial .....	14
1.1.2 La dynamique d'un cours d'eau.....	15
1.1.3 Les berges .....	15
1.1.4 La ripisylve .....	15
1.1.5 Les zones humides .....	16
1.2 Les problématiques majeures rencontrées.....	16
1.2.1 La modification hydromorphologique des cours d'eau .....	16
1.2.2 L'anthropisation du lit majeur.....	17
1.2.3 La rupture de la continuité écologique.....	17
1.2.4 Les espèces exotiques envahissantes .....	17
1.3 La gestion des cours d'eau.....	18
1.3.1 La législation .....	18
1.3.2 Les Agences de l'eau .....	18
1.3.3 Les SDAGE.....	18
1.3.4 La compétence GEMAPI.....	19
1.4 La restauration de cours d'eau .....	19
1.4.1 Définition.....	19
1.4.2 Le génie végétal.....	19
1.4.3 Diversification des écoulements .....	21
1.4.4 Effacement d'ouvrage .....	21
1.4.5 Ouvrages de franchissement piscicole .....	22
1.4.6 Aménagement de la ripisylve .....	23
1.4.7 Suivi et retours d'expérience .....	23
2 Contexte du travail réalisé au cours du stage .....	27
2.1 Localisation du site d'étude .....	27
2.2 Demande du maître d'ouvrage .....	28
2.3 Phases de l'étude.....	28
3 Principales données collectées de données .....	29
3.1 Historique des ruisseaux .....	29

3.2	Recensement réglementaire des cours d'eau .....	29
3.3	Qualité des eaux .....	29
3.4	Données écologiques.....	30
3.5	Données géologiques.....	31
3.6	Données sur l'activité humaine.....	32
4	Diagnostic .....	33
4.1	Méthodologie employée .....	33
4.1.1	Découpage en tronçons homogènes.....	33
4.1.2	Investigations de terrain .....	33
4.1.3	Enquêtes.....	34
4.1.4	Analyse des données .....	34
4.2	Résultats .....	42
4.2.1	Investigations de terrain .....	42
4.2.2	Enquêtes.....	44
4.2.3	Analyse des données .....	45
5	Programme de travaux proposé .....	56
5.1	Problématiques soulevées lors du diagnostic.....	56
5.2	Elaboration du programme de travaux .....	56
5.3	Actions retenues .....	58
5.3.1	Gestion du tracé rectiligne des cours d'eau.....	58
5.3.2	Gestion de la ripisylve .....	59
5.3.3	Gestion de l'érosion .....	61
5.3.4	Gestion du bétail .....	63
5.3.5	Gestion des ouvrages .....	63
5.3.6	Gestion des Zones Humides .....	67
5.3.7	Gestion des problèmes hydrauliques .....	68
5.4	Chiffrage des travaux .....	69
6	Etude au stade avant-projet .....	70
	Conclusion .....	71
	Bibliographie .....	73
	Annexes .....	76
	Annexe n°1 : Découpage en tronçons homogènes .....	77
	Annexe n°2 : Cartographie du diagnostic.....	78
	Annexe n°3 : Planches photographiques .....	80
	Annexe n°4 : Cartes des emprises d'inondation et des hauteurs d'eau.....	85
	Annexe n°5 : Exemple d'action du programme de travaux.....	91



## Figures

Figure 1 : Situation géographique de Villers-les-Nancy .....	12
Figure 2 : Schéma de l'hydrosystème fluvial (Source : Office International de l'eau) .....	14
Figure 3 : Les essences rivulaires adaptées selon la position sur la berge (Source : Centre régional de la propriété forestière Hauts de France).....	16
Figure 4 : Ecoulement chenalisé à Oeutringe (Source : BEPG).....	17
Figure 5 : Colonisation par la moule zébrée (Source : centre de ressources espèces exotiques envahissantes).....	17
Figure 6 : Implantation de lits de plants et plançons (Source : CSTR génie biologique) .....	20
Figure 7 : Fascine de saule .....	20
Figure 8 : Epis en bois (Source : Entreprise Chognot).....	21
Figure 9 : Découverte du ruisseau après travaux (Source : BEPG).....	25
Figure 10 : Bassins piscicoles après travaux ( Source : BEPG).....	25
Figure 9 : Bassins piscicoles avant travaux (Source : BEPG).....	25
Figure 9 : La Trye après restauration (Source : SINBIO) .....	26
Figure 10 : La Trye avant travaux de renaturation (Source : SINBIO).....	26
Figure 14 : Réseau hydrographique de l'étude .....	27
Figure 15 : Milieux potentiellement humides (Source : DREAL).....	30
Figure 16 : Extrait de la carte géologique au 1/50000 du secteur d'étude (Source : BRGM).31	
Figure 17 : Extrait de la carte Usage des Sols (Corine Land Cover 2018) – (Source Géoportail) .....	32
Figure 13 : Zone humide à proximité du cours d'eau .....	42
Figure 14 : Etang en amont du cours d'eau .....	42
Figure 20 : Affluents du Trémery, rectilignes et sans ripisylve .....	43
Figure 21 : Principales inondations recensées lors des enquêtes.....	44
Figure 17 : Découpage du bassin versant global en sous-bassins versants .....	46
Figure 23 : Pluie double triangle de période de retour décennale - Di 200 min (station de Metz-Frescaty) .....	49
Figure 24 : Courbes de débit pour la crue décennale de l'amont vers l'aval .....	50
Figure 25 : Courbes de débit pour la crue centennale de l'amont vers l'aval .....	50
Figure 26 : Hauteurs d'eau sur un tronçon médian du Trémery .....	54
Figure 27 : Profil en travers d'un secteur où le lit majeur présente des points bas (Hec ras) .....	55
Figure 23: Profil de la protection de berge.....	62
Figure 24 : Profil du ruisseau découvert .....	66
Figure 30 : Profil du reméandrage AFF_1.....	93
Figure 31 : Profil du reméandrage AFF_2b.....	94
Figure 32 : Profil du reméandrage TRE_2 .....	95
Figure 33 : Profil du reméandrage AFF_4.....	96
Figure 34 : Profil du reméandrage FLE_2.....	97

## Tableaux

Tableau 1 : Données générales sur les ruisseaux de Trémery et de Flévy .....	27
Tableau 2: Typologies de cours d'eau (Source: AERM) .....	34
Tableau 3 : Dynamique de cours d'eau en fonction de la puissance spécifique (Source : ONEMA).....	39
Tableau 4 : Techniques végétales et force de résistance (Source : Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire) .....	40
Tableau 5 : Détail des notes de qualité physique obtenues avec le logiciel QUALPHY .....	45
Tableau 6 : Caractéristiques des sous-bassins versants du ruisseau de Trémery .....	47
Tableau 7 : Débits d'étiage - Cartographie de consensus (ONEMA-CEMAGREF-IRSTEA) ..	47
Tableau 8 : Débits Module - Cartographie de consensus (ONEMA-CEMAGREF-IRSTEA) ..	48
Tableau 9 : Synthèse des débits caractéristiques estimés pour le ruisseau de Trémery.....	48
Tableau 10 : Débits de crue du ruisseau de Trémery de l'amont vers l'aval .....	49
Tableau 11 : Puissance spécifique du linéaire d'étude .....	51
Tableau 12 : Valeurs de pente de non-transport.....	52
Tableau 13 : Valeur de force tractrice par tronçon homogène .....	53
Tableau 14 : Liste des actions et niveau de priorité .....	57

## Abréviations et sigles

BEPG = Bureau d'étude Eau, Environnement, Géologie, Pédologie

ENGEES = Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg

DCE = Directive Cadre sur l'Eau

GEMAPI = Gestion des Milieux Aquatiques et prévention des Inondations

UICN = Union Internationale pour la Conservation de la Nature

SDAGE = Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

IPR = Indice Poisson Rivière

IBGN = Indice Biologique Global Normalisé

SEQ-eau = Système d'Evaluation de la Qualité de l'eau

IBD = Indice Biologique Diatomées

IBMR = Indice Biologique Macrophytes en Rivières

IOBS = Indice Oligochètes de Bioindication des Sédiments

AERM = Agence de l'Eau Rhin-Meuse

IGN = Institut Géographique National

ONEMA = Office National de l'Eau et des Milieux Naturels (actuellement AFB)

AFB = Agence Française pour la Biodiversité

CEMAGREF = Centre d'Etude du Machinisme Agricole et du Génie Rural des Eaux et Forêts

IRSTEA = Institut national de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture

GAEC = Groupement Agricole d'Exploitation en Commun

RD = Route Départementale

CCRM = Communauté de Communes Rives de Moselle

DT = Demande préalable aux Travaux

DUP = Déclaration d'Utilité Publique

# Lexique

**Anoxie** : Privation d'oxygène dans un milieu.

**Bassin versant** : Région géographique naturelle drainée par un ou plusieurs cours d'eau et leurs affluents.

**Berge** : Bord permanent d'un cours d'eau, situé au-dessus du niveau normal de l'eau. La berge est caractérisée par sa forme transversale (berge en pente douce, berge abrupte), sa composition (sableuse, marneuse), sa végétation (herbacée, arbustive).

**Continuité écologique** : Se définit par la libre circulation des espèces biologiques et le bon écoulement du transport naturel des sédiments d'un cours d'eau.

**Crue** : Phénomène caractérisé par une montée plus ou moins brutale du niveau d'un cours d'eau, liée à une croissance du débit. La crue ne se traduit pas toujours par un débordement du lit\* mineur.

**Débit de plein bord** : Débit qui transite dans un cours d'eau en remplissant celui-ci jusqu'au haut des berges.

**Embâcle** : Obstruction d'un cours d'eau par un amas de débris végétaux.

**Erosion** : Arrachement des particules du fond et des berges sous l'effet de la force du courant.

**Eutrophisation** : L'eutrophisation correspond à un état de dégradation d'un milieu aquatique sous l'effet d'un apport en nutriments trop importants. Il se caractérise par une prolifération de végétation aquatique qui bloquent la lumière et conduit à une anoxie du milieu.

**Facès d'écoulement** : Type d'écoulement des eaux d'un cours d'eau désignant des zones rapides (cascades, radiers...) et/ou des secteurs plus lents (plats, mouilles, fosses...).

**Hydromorphologie** : Etude de la morphologie des cours d'eau, notamment l'évolution du gabarit et du tracé.

**Géomorphologie** : Etude des formes du relief terrestre.

**Méandre** : Sinuosité que décrit un cours d'eau, caractérisée par l'opposition entre une rive concave, abrupte, et une rive convexe, en pente douce.

**Ripisylve** : Formation végétale se développant sur les rives des cours d'eau.

**Rive** : Bord d'un cours d'eau. On distingue la rive droite en se plaçant dans le sens du courant d'un cours d'eau (de l'amont vers l'aval), la rive droite est située sur la droite et la rive gauche est située sur la gauche.

**Pédologie** : Etude de la formation et de l'évolution des sols.

## Présentation de l'entreprise

BEPG est un bureau d'études fondé en 1987 qui intervient dans les domaines de l'eau potable, de l'assainissement, de la pédologie, de l'environnement et de la gestion de l'eau pluviale, des cours d'eau et des zones humides. Le bureau d'études réalise également de l'assistance à maîtrise d'ouvrage, de la maîtrise d'œuvre et des dossiers réglementaires.

L'entreprise se situe à Villers-lès-Nancy, en Meurthe et Moselle (54) et réalise des études principalement situées dans la région Grand-Est.

Figure 1 : Situation géographique de Villers-lès-Nancy



Parmi les différents postes de l'entreprise, on retrouve :

- Le directeur des études, qui assure un suivi des études et réalisent certaines études
- L'assistant administratif
- Le chargé d'affaires environnement Adduction en Eau Potable (AEP)
- Le chargé d'affaires hydrauliques
- Le chargé d'affaires milieux naturels
- Le chargé d'études environnement
- Le chargé d'études Assainissement Non Collectif (ANC)
- Le technicien dessinateur projeteur
- Les techniciens eau et assainissement

## Introduction

La qualité de l'eau est menacée. C'est face à ce constat que la DCE a été adoptée en 2000 [1]. Elle définit un calendrier précis fixant l'échéance à laquelle les masses d'eau doivent atteindre le bon état. L'établissement de l'état des masses d'eau de surface se base sur des critères chimiques, biologiques et écologiques. C'est dans ce contexte de reconquête du bon état des masses d'eau que de multiples opérations de restauration de rivière sont mises en place. Cette restauration de cours d'eau consiste à rétablir les fonctionnalités naturelles d'un cours d'eau, qu'elles soient hydrauliques, hydromorphologiques, biologiques, environnementales ou paysagères. La restauration n'améliore pas seulement la qualité de l'eau, mais permet aussi de retrouver des services écosystémiques comme la régulation des inondations et de la pollution ou la valeur paysagère d'un cours d'eau d'aspect naturel. Le champ d'action est large pour améliorer le fonctionnement d'un cours d'eau. Son gabarit et son tracé peuvent être retravaillés, la ripisylve remise au bon état, ou encore la qualité du lit majeur préservée, avec les zones humides, les pratiques agricoles...

De nombreux travaux de recherches visent à comprendre au mieux les processus naturels qui ont lieu au sein d'un cours d'eau pour pouvoir développer les meilleures stratégies de restauration. En effet, plusieurs techniques existent pour restaurer des cours d'eau, et certaines peuvent présenter plus d'efficacité ou de pérennité que d'autres. De plus, le processus de restauration de cours d'eau reste assez récent, avec les toutes premières restaurations dans les années 70. Néanmoins, de plus en plus de retours d'expérience sont disponibles et permettent d'améliorer les différentes techniques développées.

Le ruisseau de Trémery est un petit affluent de la Moselle qui présente plusieurs dysfonctionnements avec notamment des problèmes d'envasement, d'artificialisation et d'inondations sur plusieurs zones à enjeux. De plus, il est marqué par l'anthropisation du milieu. La Communauté de Communes Rives de Moselle exerce la compétence GEMAPI sur l'ensemble de son territoire. C'est donc dans le cadre du retour au bon état écologique des masses d'eau que la CCRM a souhaité faire réaliser une étude hydromorphologique et hydraulique du Trémery et de ses affluents pour pouvoir améliorer par la suite l'état du cours d'eau, tout en luttant contre l'inondation.

L'étude réalisée pour la CCRM comprend les phases de collecte des données sur le territoire (Zones d'intérêt écologique, couches géologiques, historique des cours d'eau...), de diagnostic hydromorphologique et hydraulique des cours d'eau, mais aussi de proposition d'actions basées sur le diagnostic pour améliorer le fonctionnement du bassin versant d'étude. Une phase d'étude au stade avant-projet est également prévue dans le cadre de l'étude.

L'objectif de ce travail de fin d'étude consiste donc à réaliser un diagnostic détaillé du cours d'eau et de ses affluents, permettant de dégager des points clé à améliorer. Ainsi, un programme de travaux complet sera établi dans l'objectif de rétablir les fonctionnalités naturelles du cours d'eau, tout en préservant des inondations les secteurs urbanisés qui constituent un enjeu important.

# 1 Etat de l'art

## 1.1 Description du fonctionnement des cours d'eau

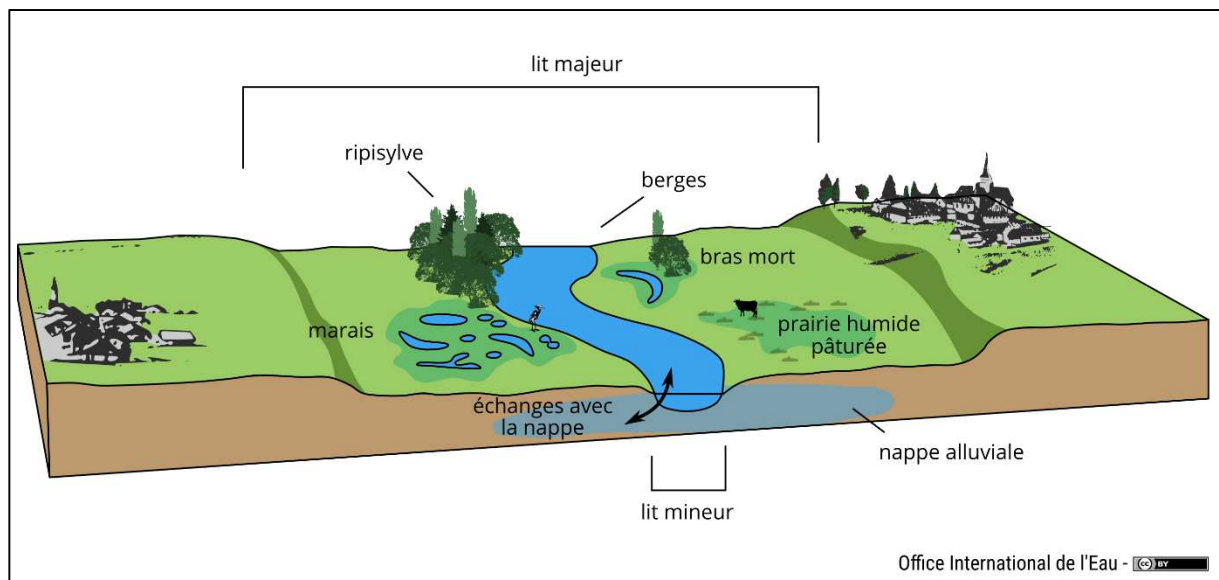
### 1.1.1 L'hydrosystème fluvial

D'un point de vue réglementaire, un cours d'eau est défini d'après 3 critères cumulatifs, qui sont un lit naturel, l'alimentation par une source et la présence d'un débit suffisant une majeure partie de l'année [2].

L'hydrosystème fluvial est défini par plusieurs entités qui constituent un cours d'eau. Parmi ces entités, on retrouve notamment le lit mineur, le lit majeur et la nappe phréatique au sein du bassin versant qui se rapporte à la rivière [3].

Le lit mineur d'un cours d'eau est constitué de la zone où se situent les écoulements pour les débits moyens. Il est délimité par les berges, au-delà desquelles le ruisseau déborde pour des crues rares. La zone d'emprise des crues exceptionnelles constitue le lit majeur. Ce lit majeur peut présenter une occupation anthropique ou naturelle, et on y trouve parfois des milieux humides. Les milieux humides sont reconnaissables par un sol ou une flore caractéristique. Ils sont présents du fait d'une submersion fréquente du milieu ou de caractéristiques géomorphologiques ou pédologiques du milieu propices à la rétention d'eau [4].

Figure 2 : Schéma de l'hydrosystème fluvial (Source : Office International de l'eau)



### 1.1.2 La dynamique d'un cours d'eau

Plusieurs variables influencent la dynamique d'un cours d'eau. Parmi celles-ci on trouve notamment la pente du cours d'eau, qui a un impact sur la vitesse des écoulements et donc sur l'hydromorphologie avec la puissance des écoulements, le transport sédimentaire et l'érosion.

Ainsi, le substrat des ruisseaux de montagne présente une granulométrie bien plus importante que les cours d'eau de plaine. En effet, la puissance des écoulements en montagne, avec une forte pente, emporte les sédiments fins, qui se déposeront dans les zones plus calmes en aval [5].

Les dimensions du lit mineur sont également un facteur qui impacte les écoulements puisqu'elles permettent de faire transiter un certain débit et peuvent accélérer les écoulements en cas de rétrécissement de la section d'écoulement (Effet Venturi).

### 1.1.3 Les berges

Les berges délimitent le lit mineur. Elles évoluent naturellement avec le milieu en permanence, notamment avec l'érosion. Elles jouent un rôle important dans le fonctionnement du cours d'eau. En effet, des berges très encaissées diminuent la connexion latérale entre le lit mineur et le lit majeur. A contrario, des berges en pentes douce favorisent les échanges écologiques entre le milieu aquatique et son environnement. La ripisylve participe à leur maintien [6] et diminue les risques d'effondrement dans le cours d'eau.

### 1.1.4 La ripisylve

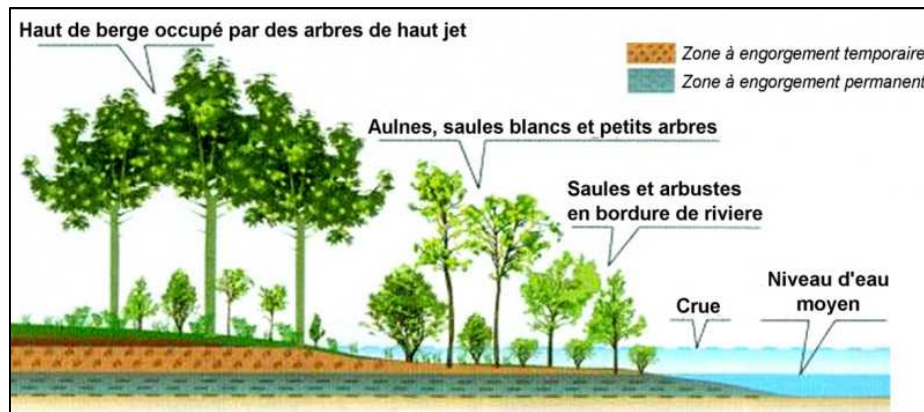
La ripisylve est l'ensemble de la végétation présente sur les rives du cours d'eau. Elle a de nombreuses fonctions vis-à-vis de la rivière, comme l'absorption des nutriments, ce qui permet d'améliorer la qualité de l'eau [7]. La ripisylve favorise aussi la diminution de la température de l'eau grâce à l'ombrage, la diminution de la température de l'air grâce à l'évapotranspiration et le maintien de l'humidité du sol [8]. La végétation peut également ralentir les écoulements lors des crues [9].

La ripisylve constitue également un milieu favorable pour la faune. L'avifaune apprécie notamment que la végétation forme un cordon rivulaire dense, avec de gros arbres et du bois mort. La faune piscicole peut trouver des zones de repos, d'abri ou de reproduction sous les racines et branchages qui s'étendent dans l'eau [10].

Globalement, la végétation de bord de cours d'eau doit être constituée d'essences adaptées et être diversifiée. Il est intéressant de trouver à la fois des essences arborescentes et buissonnantes, qui stabilisent les berges avec leur système racinaire. De même, il doit y avoir des individus jeunes et du bois mort dans la mesure du possible. Pour ce qui est de la densité de végétation, l'idéal est de trouver des cordons denses, alternés avec des trouées qui accueillent les espèces faunistiques et floristiques de milieux ouverts [11].



Figure 3 : Les essences rivulaires adaptées selon la position sur la berge (Source : Centre régional de la propriété forestière Hauts de France)



### 1.1.5 Les zones humides

Selon la loi sur l'eau du 3 janvier 1992, les zones humides sont des « terrains [...] habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre, de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année » [12]. Ces zones présentent un véritable intérêt dans l'environnement [13]. En effet, elles constituent un milieu favorable à l'accueil de nombreuses espèces d'intérêt particulier, elles sont des puits de carbone qui contribuent à réduire les quantités de CO<sub>2</sub> contenu dans l'atmosphère [14] et participent largement au fonctionnement alluvial, tout en réduisant l'impact des inondations [15].

## 1.2 Les problématiques majeures rencontrées

### 1.2.1 La modification hydromorphologique des cours d'eau

De nombreux cours d'eau ont fait l'objet d'une rectification au cours du temps. La chenalisation a été un des moyens utilisés pour accélérer les écoulements au droit de secteurs urbanisés et préférer déplacer les problèmes d'inondation plus loin par exemple [16]. La rectification de méandres a souvent été utilisée pour rendre les parcelles agricoles plus rectiligne et ainsi délimiter les propriétés plus facilement. L'équilibre du cours d'eau a donc été rompu, avec une accélération des écoulements, des points durs entraînant une érosion anormale, une perte de connexion écologique et hydraulique avec le milieu et un débordement parfois empêché [17].

### 1.2.2 L'anthropisation du lit majeur

Les activités humaines dans le lit majeur ont des conséquences sur les cours d'eau, du point de vue de la qualité de l'eau, de la quantité de l'eau et de la morphologie du cours d'eau. En effet, l'activité agricole peut amener des pesticides dans le cours d'eau [18]. Le pâturage du bétail en bordure de cours d'eau peut être source de remise en suspension de sédiments et de pollution de l'eau, ainsi que de piétinement des berges. Les rejets d'eaux usées ou d'eaux usées traitées a également un impact fort sur le milieu [19]. Les infrastructures de transport sont quant à elles souvent une source de coupure des bassins versants naturels et de pollution avec l'apport d'hydrocarbures dans le milieu naturel lors de périodes pluvieuses [20]. L'urbanisation est aussi un processus qui contraint les écoulements et dénature le fonctionnement des cours d'eau.

Figure 4 : Ecoulement chenalisé à Oeufrange



### 1.2.3 La rupture de la continuité écologique

Associés à l'anthropisation du lit majeur, des ouvrages de franchissement d'infrastructure ou destinés à l'activité humaine (ponts, buses, moulins, étangs artificiels...) ont été mis en place. Leur dimensionnement a parfois un impact sur les écoulements, perturbant l'hydraulique de la rivière. De plus, ces ouvrages constituent un point dur sur le linéaire de cours d'eau et entraînent une érosion anormale due à la rupture de la continuité sédimentaire. Par ailleurs, ces ouvrages présentent parfois une longueur importante, une hauteur de chute conséquente ou un impact fort sur la luminosité, rendant le franchissement de l'ouvrage impossible par la faune piscicole [21].

### 1.2.4 Les espèces exotiques envahissantes

Les espèces exotiques envahissantes sont des espèces non indigènes, introduites par l'Homme sur un territoire où elles exercent une compétition trop importante avec les autres espèces [22]. Ce sont souvent des espèces dont les besoins sont limités, et qui s'adaptent donc à de nombreuses conditions de vie. Ainsi, selon les dernières estimations de la liste rouge de l'UICN, un tiers des espèces terrestres menacées sont menacées par les espèces exotiques envahissantes [23]. Néanmoins, ces espèces sont très résilientes et essayer de les éliminer n'est pas toujours concluant. Les points de vue varient sur ce sujet et dépendent de chaque espèce [24]. Parmi les espèces exotiques envahissantes les plus connues, on trouve la renouée du Japon, l'écrevisse de Louisiane ou encore le ragondin.

## 1.3 La gestion des cours d'eau

### 1.3.1 La législation

Actuellement, la plupart des cours d'eau sont anthropisés ou ont connu des modifications directes ou indirectes sous l'action de l'Homme. Ainsi, beaucoup d'entre eux présentent une qualité écologique et chimique mauvaise. C'est la raison pour laquelle la DCE, adoptée en 2000, vise à « atteindre le bon état des masses d'eau d'ici 2015 », objectif qui a été reconduit dans les cas où il n'avait pas été atteint en 2015 [1].

La loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006 [25] est une loi qui vise à renouveler les lois sur l'eau françaises du 16 janvier 1964 [26] et du 3 janvier 1992 [27]. Elle les reprend en ajoutant de nouveaux objectifs pour les politiques liées à l'eau, en visant à apporter des outils pour atteindre le bon état des masses d'eau, en améliorant le service public de l'eau avec l'accès à l'eau pour tous et en rénovant l'organisation de la pêche en eaux douces.

En 2007 a eu lieu le Grenelle de l'environnement, qui consistait en une série de rencontres politiques avec pour objectif de développer une politique environnementale forte et concrète. Des lois Grenelle I [28] et II [29] ont ensuite été mises en place dans ce contexte pour fixer des objectifs environnementaux concrets et la manière de les atteindre. Parmi les engagements du gouvernement, on retrouve la volonté de réduire les gaz à effet de serre et de mettre en place une politique des territoires favorable à la biodiversité et à la préservation des milieux naturels.

### 1.3.2 Les Agences de l'eau

Les agences de l'eau sont des établissements publics créés sous l'impulsion de la loi sur l'eau de 1964. Elles ont pour mission de gérer et préserver la ressource en eau et les milieux aquatiques. Pour cela, elles disposent d'experts en la matière qui évaluent les différents projets concernés par l'eau et les milieux aquatiques pour leur attribuer ou non des subventions. Ces dernières proviennent de redevances perçues dans le cadre de différents usages de l'eau, comme l'assainissement. Il y a 6 Agences de l'eau en France, correspondant à 6 grands bassins hydrographiques [30].

### 1.3.3 Les SDAGE

Les SDAGE correspondent aux Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux. Il y en a un par grand bassin français et il y a 12 grands bassins versants en France, y compris l'outre-mer. Ils permettent de fixer des objectifs en terme de gestion des eaux sur une échéance de 6 ans et de garder une cohérence au sein d'un même grand bassin hydrographique, sous l'autorité du Comité de Bassin, constitué de multiples acteurs de l'eau [31].

### 1.3.4 La compétence GEMAPI

La compétence GEMAPI est la compétence Gestion des Milieux Aquatiques et Prévention des Inondations. C'est à travers cette compétence que les communes et intercommunalités doivent à la fois préserver et améliorer la qualité des cours d'eau et le fonctionnement des bassins versants en général tout en protégeant les habitants de leur territoire des aléas forts liés aux inondations. A moins que la compétence ne soit déléguée à un syndicat ou une autre structure, ce sont les intercommunalités qui sont maîtres d'ouvrage porteuses de projets liés à la GEMAPI [32].

## 1.4 La restauration de cours d'eau

### 1.4.1 Définition

Plusieurs définitions existent pour transcrire le concept de restauration de cours d'eau.

En théorie, la restauration est le retour structurel et fonctionnel complet à un état avant perturbation [33]. Cependant, il est difficilement envisageable de pouvoir retrouver un état complètement naturel d'un milieu lorsque celui-ci s'est anthropisé au cours du temps et qu'il n'est pas possible de supprimer les activités et infrastructures liées à l'Homme.

La restauration de cours d'eau consiste donc à aménager un ruisseau de manière à lui rendre un fonctionnement le plus naturel possible, tout en protégeant localement les zones à gros enjeux des aléas naturels qui peuvent survenir telles que les inondations et en maintenant des ouvrages liés à l'activité humaine qui ne peuvent être remplacés ou effacés. Ainsi, le cours d'eau peut retrouver dans une plus grande mesure ses fonctions écologiques, indispensables au bon fonctionnement naturel et qui peuvent également apporter des services écosystémiques à l'Homme [34].

### 1.4.2 Le génie végétal

- **Méthodes de génie biologique avec plantes herbacées**

Le semis ou la plantation de plantes herbacées se fait sur des surfaces de berge brutes. Le fait de mettre en place des petites plantations permet à la fois d'améliorer la qualité paysagère et écologique du milieu mais aussi de stabiliser en petite partie la berge grâce au système racinaire qui peut se développer. Une berge plantée est également moins soumise aux phénomènes d'érosion. De plus, il est important de ne pas laisser de surfaces brutes, propices à la croissance des espèces exotiques envahissantes [35].

- **Méthodes de génie biologique avec plantes ligneuses**

Le semis, la plantation ou les tressages de plantes ligneuses se fait sur des surfaces de berge brutes. Le fait de mettre en place ce type de végétation permet à la fois d'améliorer la qualité paysagère et écologique du milieu mais aussi de stabiliser la berge grâce au système racinaire. Les plantes ligneuses peuvent protéger la berge face à une puissance fluviale plus importante que les plantes herbacées et ainsi éviter les phénomènes d'érosion importants.

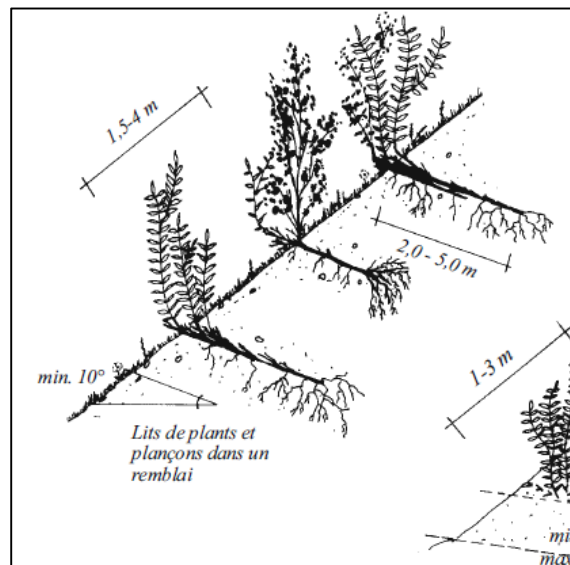


Figure 7 : Fascine de saule

Les fascines regroupent des branchages de saules ou d'hélophytes et sont installées en pied de berge, elles permettent de protéger celui-ci des courants qui pourraient mener à l'érosion de la berge.

Figure 6 : Implantation de lits de plants et plançons (Source : CSTR génie biologique)

Les lits de plants et de plançons sont une variante d'utilisation de plante ligneuses qui consiste à implanter à intervalles réguliers sur la hauteur de berge des lits de plantes ligneuses. Des couches de berge stables sont ainsi créées, permettant de stabiliser en profondeur et rapidement des berges très pentues ou très érodées [36].



### 1.4.3 Diversification des écoulements

Figure 8 : Epis en bois (Source : Entreprise Chognot)

- **Epis**

Une des techniques de restauration de rivière consiste à mettre en place des épis, ou déflecteurs dans la rivière. Ces épis viennent casser les écoulements monotones. Cela favorise une diversité des écoulements, un reméandrage naturel potentiel et dissipe l'énergie du cours d'eau dans les cas où elle serait trop importante, du fait d'un tracé rectiligne par exemple. C'est une technique utilisée dans les cas de cours d'eau envasés, où les écoulements ne sont pas assez dynamiques pour mobiliser les sédiments et la vase. En fonction de la puissance du cours d'eau, les épis peuvent être constitués de matériaux rocheux ou de bois [37].



- **Banquettes végétalisées**

Les banquettes végétalisées sont un moyen de diversification des écoulements utilisé dans les secteurs de cours d'eau très rectilignes ou présentant un gabarit trop important par rapports aux écoulements. Elles resserrent le lit mineur et permettent d'avoir différents faciès d'écoulement. Elles peuvent aussi permettre de consolider des fondations ou protéger de l'érosion les murs en bordure de cours d'eau. Les banquettes sont généralement formées d'un atterrissement en terre végétale ensemencé pour que s'y développe une végétation intéressante et sont dimensionnées pour être submergées aux débits moyens à importants [37].



### 1.4.4 Effacement d'ouvrage

De nombreux poissons sont des poissons migrateurs, tels que le saumon, l'anguille ou le brochet. Ces poissons se déplacent pour accomplir leur cycle de vie biologique. Par exemple, le saumon a un développement juvénile en eau douce, suivi d'une croissance et d'une maturité en milieu marin puis d'un phénomène de « homing » qui consiste au retour de l'individu sur sa zone de naissance pour la reproduction [38]. Ainsi, ces poissons ont besoin d'un environnement dans lequel ils peuvent se déplacer librement, d'amont en aval des cours d'eau et inversement. Ces poissons ont la capacité de remonter les cours d'eau et de franchir de petites chutes d'eau en fonction de leur puissance et de leur gabarit, mais ils ne peuvent pas franchir tous les obstacles anthropiques qui sont présents sur les cours d'eau.

Effacer les ouvrages hydrauliques problématiques pour la continuité écologique et sédimentaire est le meilleur moyen de rétablir des conditions plus naturelles sur un cours d'eau. Cet effacement doit avoir une cohérence avec le linéaire complet du cours d'eau. En effet, la continuité écologique sera rétablie seulement si aucun autre ouvrage hydraulique infranchissable n'est présent en aval. Pour évaluer correctement l'impact piscicole de l'effacement, il est important de réaliser un inventaire piscicole avant effacement puis quelques temps après effacement.

Différents moyens existent pour réaliser un inventaire piscicole. Une des techniques principales est la pêche électrique, qui permet de prélever tous les poissons présents dans un secteur, avant de les remettre dans le cours d'eau sans impact. Une autre technique existante est la pêche au filet, qui présente l'avantage de pouvoir être réalisée dans les milieux salins ou les milieux profonds, contrairement à la pêche électrique [39].

Calculer l'Indice Poisson Rivière peut être un bon moyen de définir l'état piscicole du cours d'eau. Le principe de l'Indice Poisson Rivière est de comparer la composition du peuplement piscicole d'un cours d'eau avec la composition qu'il devrait y avoir sur ce type de cours d'eau en situation naturelle. L'utilisation de cet indice est recommandée par la DCE pour estimer l'état piscicole d'un cours d'eau [40].

#### 1.4.5 Ouvrages de franchissement piscicole

Lorsque les ouvrages hydrauliques ne peuvent pas être supprimés ou remplacé par un ouvrage franchissable, une passe à poisson peut permettre la franchissabilité de l'ouvrage par les poissons qui remontent le cours d'eau. Plusieurs types de passes à poissons existent, avec les ascenseurs à poisson, les écluses à poissons ou encore les stations de capture-transport. Le type de passe à poisson le plus répandu est la passe à bassins successifs, constituée de plusieurs bassins séparés par de petites chutes dimensionnées en fonction des types de poissons qu'il est nécessaire de faire passer par la passe à poissons. Des dispositifs de comptage sont parfois installés au droit des passes pour déterminer leur efficacité. Plusieurs guides techniques existent pour le dimensionnement de ces ouvrages. Pour exemple, l'Agence de l'Eau Ardour Garonne a développé un « Guide technique pour la conception des passes naturelles » [41], qui définit les principes de dimensionnement de différentes passes à poissons, les dimensions à adopter en fonction du type de poisson qui doit transiter dans la passe et qui fournit des exemples de passes à poissons réalisées au droit de différents ouvrages.

La dévalaison des poissons n'est pas non plus toujours possible au droit de certains ouvrages hydrauliques de taille importante. Pour pallier ce problème, il est possible de mettre en place des rivières de contournement artificielles, dont le dimensionnement est moins complexe puisque les poissons n'ont pas d'effort de remontée à fournir dans ce type de dispositif [41].

### 1.4.6 Aménagement de la ripisylve

L'aménagement de la ripisylve comprend deux principaux types d'opérations ; le traitement de la végétation et les plantations.

Le traitement de la végétation des berges permet d'assurer le bon écoulement des eaux, la stabilité des berges et de maintenir les fonctions biologiques et paysagères de la végétation [10]. Les travaux de traitement de la végétation comprennent :

- La coupe des arbres et l'élagage des branches qui menacent de tomber dans le lit ou qui gênent l'écoulement des eaux (y compris les arbres qui poussent dans le lit)
- Le recépage de la végétation vieillissante
- Le dégagement et le débroussaillage des jeunes plants, issus de régénération naturelle
- La mise en têtard de certains saules vieillissants
- L'exploitation des arbres et l'élimination des rémanents végétaux
- L'élimination des déchets (domestiques, gravats, souches...) situés sur les berges et dans le lit
- L'enlèvement des embâcles (arbres et déchets de toute nature) obstruant partiellement ou totalement le lit de la rivière
- La coupe des essences inadaptées menaçant de déstabiliser la berge

La revégétalisation d'un cours d'eau consiste à reconstituer une ripisylve sur les secteurs où elle a disparu. Cette technique consiste à mettre en terre des essences autochtones adaptées afin de réimplanter un cordon végétal entre le lit du cours d'eau et le lit majeur [42]. Le principe de cette intervention est la création d'une ripisylve variée et équilibrée sous la forme de plantations en bosquets. Les principes mis en œuvres sont :

- Varier les strates et les essences
- Alternier les zones d'ombre et de lumière
- Favoriser les plantations dans les zones concernées par les risques d'érosion
- Mettre en place des protections autour des plantations

### 1.4.7 Suivi et retours d'expérience

Les différents retours d'expérience tendent à montrer que, souvent, les actions mises en place pour retrouver un bon état de cours d'eau sont pérennes. Lorsque les milieux sont suivis, on constate sur de nombreux secteurs renaturés la reprise de la vie faunistique et floristique. Cependant, ce ne sont pas toujours les espèces attendues qui recolonisent le milieu, parfois ce sont d'autres espèces intéressantes et parfois les espèces piscicoles attendues sont absentes [43]. Certains facteurs sont difficiles à évaluer, comme par exemple les services écosystémiques culturels, dont la quantification n'est pas possible et est très subjective [44].



Pour évaluer l'efficacité de la restauration d'un cours d'eau, plusieurs paramètres sont intéressants à suivre, depuis l'état initial jusqu'à l'état plusieurs mois après travaux, comme la stabilité et la végétation des berges ou la faune et la flore. Des indices écologiques sont particulièrement utiles pour comparer l'état avant et après travaux de manière objective :

- L'Indice Poisson Rivière (IPR), vu précédemment (Cf. partie effacement d'ouvrage)
- L'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN), se base sur les macroinvertébrés pour définir l'état écologique d'un cours d'eau. Un paramètre important est la présence ou non d'espèces polluosensibles, qui ont un niveau d'exigence fort vis-à-vis du milieu dans lequel elles vivent et dont la présence est donc indicatrice d'un bon état écologique de cours d'eau. On peut citer notamment les plécoptères, les éphéméroptères et les trichoptères [45].
- Le Système d'Evaluation de la Qualité de l'eau (SEQ-eau), permet d'évaluer la capacité du cours d'eau à assurer certaines fonctionnalités en fonction de paramètres physico-chimiques. Parmi les fonctionnalités à assurer on retrouve la production d'eau potable, le maintien de l'équilibre biologique ou encore l'abreuvement des animaux. Le résultat de l'évaluation correspond à une des cinq classes de qualité, de très mauvaise à très bonne [46].
- L'indice Biologique Diatomique (IBD), prend en compte le type de population de diatomées benthiques présent. Chaque type de diatomée est sensible à différentes caractéristiques environnementales comme la quantité de matière organique et le niveau trophique donc l'analyse des diatomées en présence permet de définir la qualité du milieu [47].
- L'Indice Biologique Macrophytique en Rivière (IBMR), prend en compte les végétaux aquatiques (taxons et recouvrement) pour déterminer l'état d'un cours d'eau vis-à-vis de la pollution. Les macrophytes sont en effet notamment sensibles à la quantité de nutriments dans le cours d'eau [48].
- L'Indice Oligochètes de Bioindication des Sédiments (IOBS), prend en compte les oligochètes, des vers aquatiques, pour déterminer la qualité des sédiments d'un cours d'eau. Les paramètres entrant en jeu sont la richesse taxonomique et le pourcentage d'individus les plus tolérants à la pollution pour obtenir une classe de qualité des sédiments comprise entre 1 et 5, de la moins bonne à la meilleure [49].

## Exemple de Volkrange :

Le site de Volkrange, situé sur le ban communal de Thionville, a été réhabilité en 1990 en site touristique, écologique et de formation. Ce site, devenu un milieu naturel et pédagogique, rencontrait cependant des problèmes d'eutrophisation et d'envasement sur les différentes surfaces d'eau présents sur le domaine. Une source alimentait des anciens bassins piscicoles, puis les écoulements étaient busés pour se rejeter dans les douves d'un château puis dans une mare et un étang connectés.

Une valorisation des bassins piscicoles a été réalisée pour y faire transiter un chenal sinueux. Les écoulements ont ensuite été découverts avec un tracé en méandres irréguliers. Une mare a également été ajoutée en périphérie du ruisseau. L'étang présent a été désensasé remodelé pour présenter différentes profondeurs et ainsi créer un gain écologique. Pour éviter le retour à une situation d'eutrophisation, un traitement de la végétation a été réalisé.

Figure 9 : Découverte du ruisseau après travaux (Source : BEPG)



Figure 11 : Bassins piscicoles avant travaux (Source : BEPG)



Figure 10 : Bassins piscicoles après travaux (Source : BEPG)



### Exemple de la Trye :

Dans le Marais de Bresles, la Trye a été renaturée, sous la maîtrise d'œuvre de SINBIO. Ce cours d'eau présentait un tracé très artificiel et peu propice à une bonne dynamique de cours d'eau et à l'accueil d'espèces intéressantes. Visuellement, les résultats sont très parlants. Le tracé du cours d'eau a retrouvé une forme beaucoup plus naturelle, avec des méandres qui permettent d'allonger le linéaire de cours d'eau, de diversifier les écoulements et de créer des zones favorables à l'accueil d'espèces aquatiques. De plus, quatre ans après la réalisation des travaux, le milieu a été recolonisé par plusieurs espèces faunistiques et floristiques. Cette recolonisation est un signe de la réussite des travaux, avec une reprise naturelle de la vie du milieu.

Figure 13 : La Trye avant travaux de renaturation  
(Source : SINBIO)



Figure 12 : La Trye après restauration  
(Source : SINBIO)



## 2 Contexte du travail réalisé au cours du stage

### 2.1 Localisation du site d'étude

Le site d'étude est le bassin versant du ruisseau de Trémery, en Moselle. Le ruisseau de Trémery est un petit affluent de la Moselle qui prend sa source dans le bois de Gravel. Ce cours d'eau représente un linéaire de 6.4 km et a pour affluent principal le ruisseau de Flévy, dont le linéaire total est de 5.2 km. De plus petits affluents sont également compris dans l'étude, pour atteindre un linéaire total de 17.4 km d'étude. Les villages traversés par les cours d'eau sont Flévy, Trémery et Ay-sur-Moselle.

Figure 14 : Réseau hydrographique de l'étude

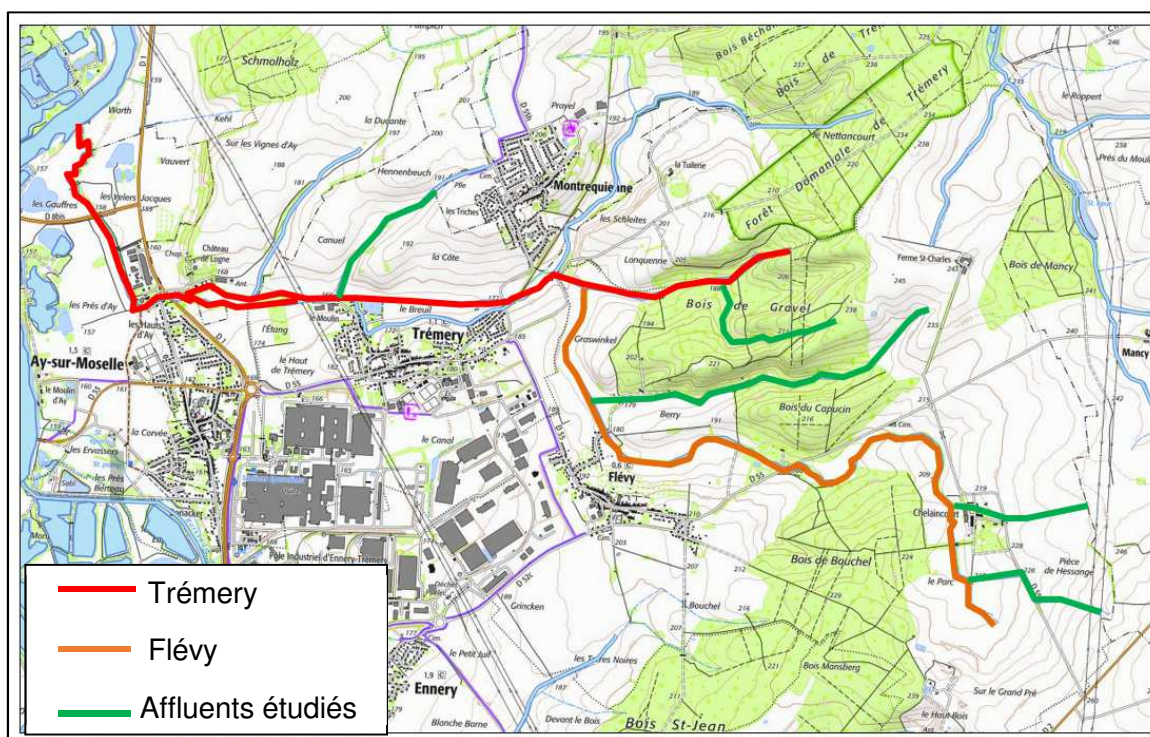


Tableau 1 : Données générales sur les ruisseaux de Trémery et de Flévy

Nom	Ruisseau de Trémery	Ruisseau de Flévy
Source	Commune de Flévy (Bois de Gravel)	Commune de Flévy (Chelaincourt)
Longueur	6.3 km	5.1 km
Pente moyenne	0.007m/m	0.015 m/m
Bassin versant	1 703 ha	811 ha

## 2.2 Demande du maître d'ouvrage

Les problèmes rencontrés dans la zone d'étude sont principalement des zones d'envasement important qui pourraient entraîner une stagnation de l'eau importante et engendrer des débordements.

La compétence Gestion des Milieux Aquatiques et Prévention des Inondations du ruisseau du Trémery revient à la Communauté de Communes Rives de Moselle. C'est donc elle qui a fait appel à BEPG pour réaliser une étude visant à améliorer les qualités physico-chimiques, hydromorphologiques, biologiques et environnementales du milieu aquatique. L'étude devra aussi aboutir à une amélioration de la lutte contre l'inondation et à une prise en compte des problématiques liées à différentes arrivées d'eau telles que des arrivées d'eaux usées et pluviales, des surverses d'étangs etc. C'est accompagnée du comité de pilotage que la CCRM conduira le projet. L'Agence de l'eau Rhin-Meuse et la DDT de Moselle seront donc intégrées au projet, notamment pour traiter les dossiers réglementaires et fournir un avis quant aux actions de restauration envisagées.

## 2.3 Phases de l'étude

L'étude réalisée a comporté plusieurs phases :

- Le recueil et la synthèse des données existantes sur le cours d'eau
- Le diagnostic hydraulique et hydromorphologique du cours d'eau
- L'élaboration du programme de travaux destiné à améliorer le fonctionnement du cours d'eau
- L'étude au stade avant-projet détaillé permettant d'affiner le programme de travaux proposé

Le présent rapport porte sur le bilan de la collecte de données ainsi que sur les phases de diagnostic et de programme de travaux, qui ont été les phases traitées lors du stage.

## 3 Principales données collectées de données

### 3.1 Historique des ruisseaux

Les cartes anciennes (carte des Naudin, carte de Cassini, carte de l'Etat-major, carte IGN de 1950) font figurer des anciens moulins et leurs bras d'alimentation, qui ont disparu. Il y a aussi des plans d'eau qui ne sont plus présents aujourd'hui. D'une manière globale, des milieux humides apparaissent tout au long du cours d'eau sur les cartes anciennes et sont aujourd'hui très ponctuels. Le tracé du cours d'eau semble également plus sinueux sur les cartes les plus anciennes et l'augmentation de l'urbanisation est bien observable depuis les années 60. Ces cartes témoignent de modifications du cours d'eau au cours du temps.

### 3.2 Recensement réglementaire des cours d'eau

La Direction Départementale des Territoires de Moselle recense les cours d'eau au titre du Code de l'Environnement du département. D'après cette base de données, le ruisseau de Trémery ainsi que ses principaux affluents sont tous référencés « CodeEnv\_ZNT\_BCAE » (cours d'eau au titre du Code de l'Environnement, de l'arrêté zone non traitée et de la mise en place des bandes enherbées (BCAE)).

### 3.3 Qualité des eaux

Le ruisseau de Trémery, masse d'eau de surface « FRCR379 » au titre de la DCE, conflue avec la Moselle, masse d'eau de surface « FRCR213 », au droit de son tronçon « Moselle 6 ». L'objectif de qualité de ces deux masses d'eau est le « bon état écologique et chimique » fixé à l'échéance 2027.

Une station de mesures de qualité est référencée sur le ruisseau du Trémery à Ay-sur-Moselle. Les données de qualité indiquent :

- État chimique « mauvais » : les paramètres déclassants sont l'isoproturon (pesticide) et le Benzopyrène (hydrocarbures aromatiques polycycliques) pour les données les plus récentes.
- État écologique « mauvais » : les paramètres généraux (nutriments et bilan en oxygène) sont tous « médiocre », à l'exception de la DBO5.

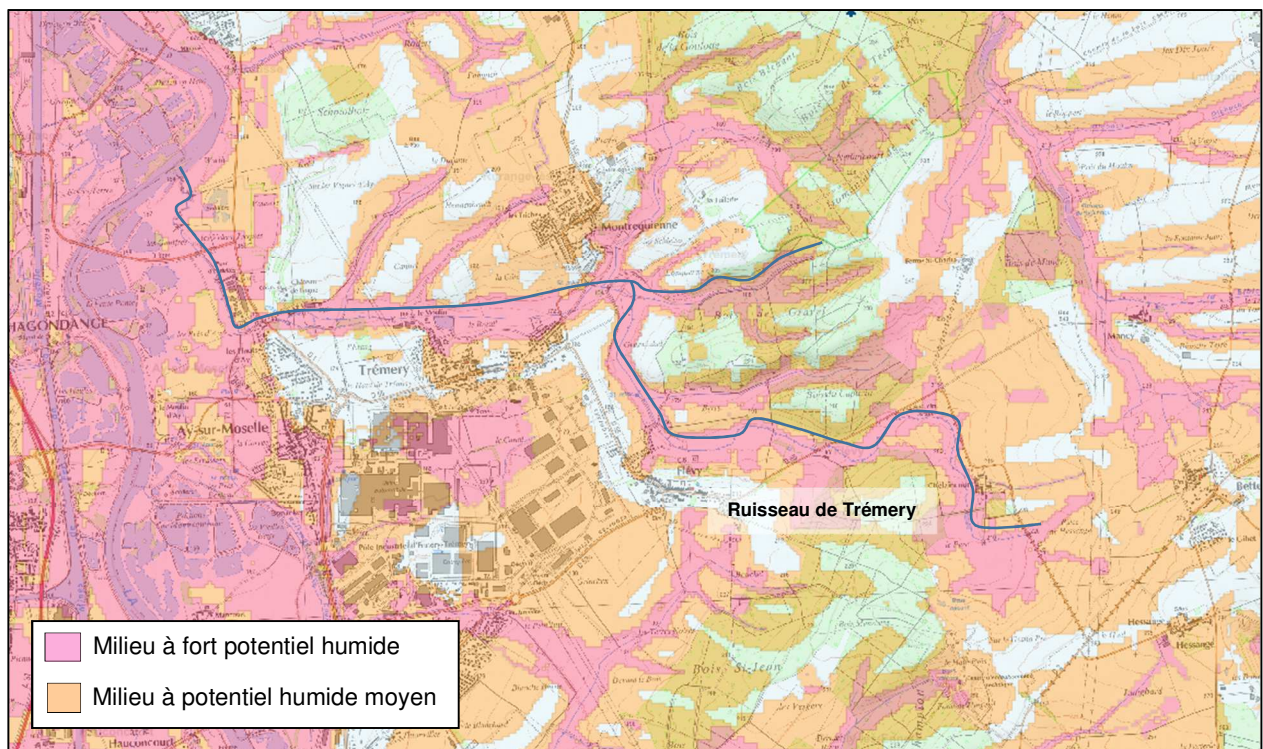
### 3.4 Données écologiques

Deux Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF) de type I sont présentes le long du Trémery, le « bois de Trémery » et le « bois de Champion, bois de Bouchet et bois Saint-Jean à Ennery ».

La base *Naiades* sur le site eau France relative aux « données sur la qualité des eaux de surface » recueille des données sur les espèces piscicoles des cours d'eau. D'après cette base de données, le ruisseau de Trémery n'a pas fait l'objet de pêches pour la détermination du peuplement aquatique. D'après le site du SIERM, le ruisseau de Trémery est un cours d'eau cyprinicole.

Aucune zone humide remarquable ou ordinaire n'est recensée sur le secteur d'étude mais des zones potentiellement humides sont recensées au droit du secteur d'étude.

Figure 15 : Milieux potentiellement humides (Source : DREAL)

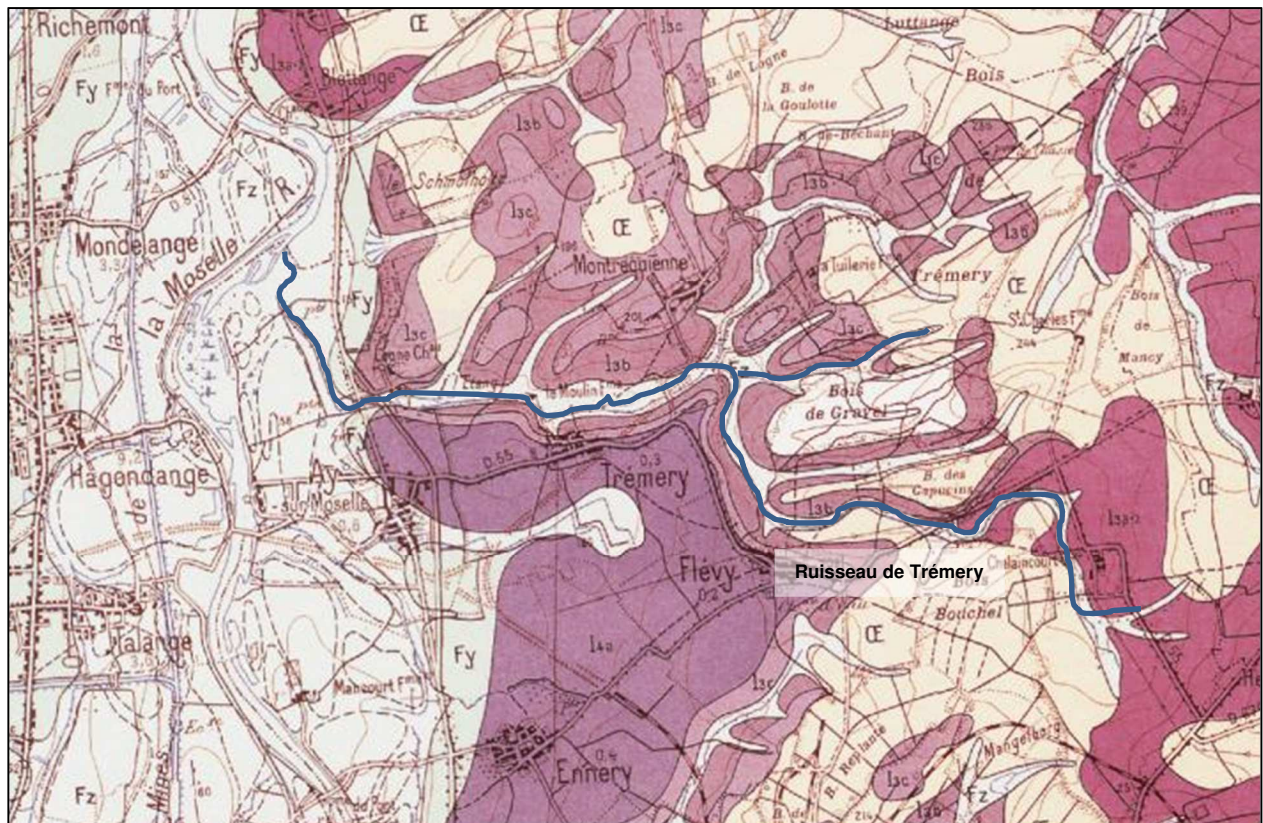


### 3.5 Données géologiques

Les niveaux géologiques affleurant sur le secteur d'étude (carte d'Uckange) sont :

- **Fz** : **Alluvions modernes** : galets, graviers et sables recouverts d'une mince couche d'épandage
- **Fy** : **Alluvions anciennes, niveau inférieur (5-8 m)** : terrasse de Thionville recouvert par des limons.
- **I4a** : Calcaires à *Deroceras davoei*, : Marne à *Uptonia jamesoni*
- **I3c** : Calcaires ocreux à *Echioceras raricostatum*
- **I3b** : Lotharingien marneux
- **OE** : Lehm et limons

Figure 16 : Extrait de la carte géologique au 1/50000 du secteur d'étude (Source : BRGM)





### 3.6 Données sur l'activité humaine

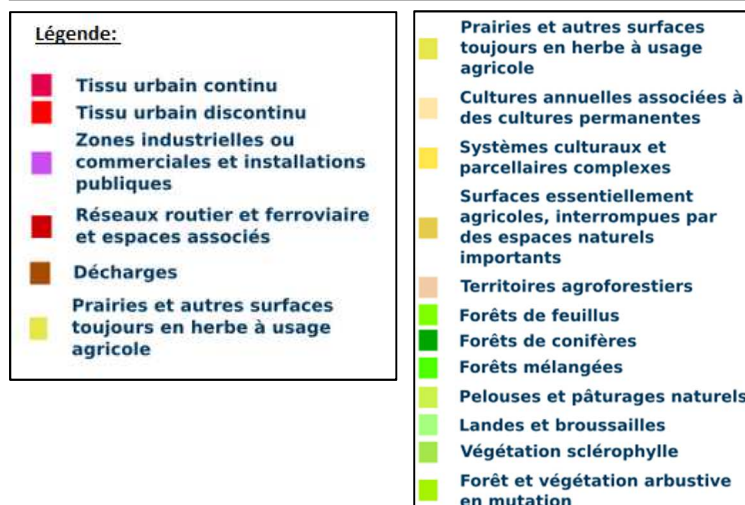
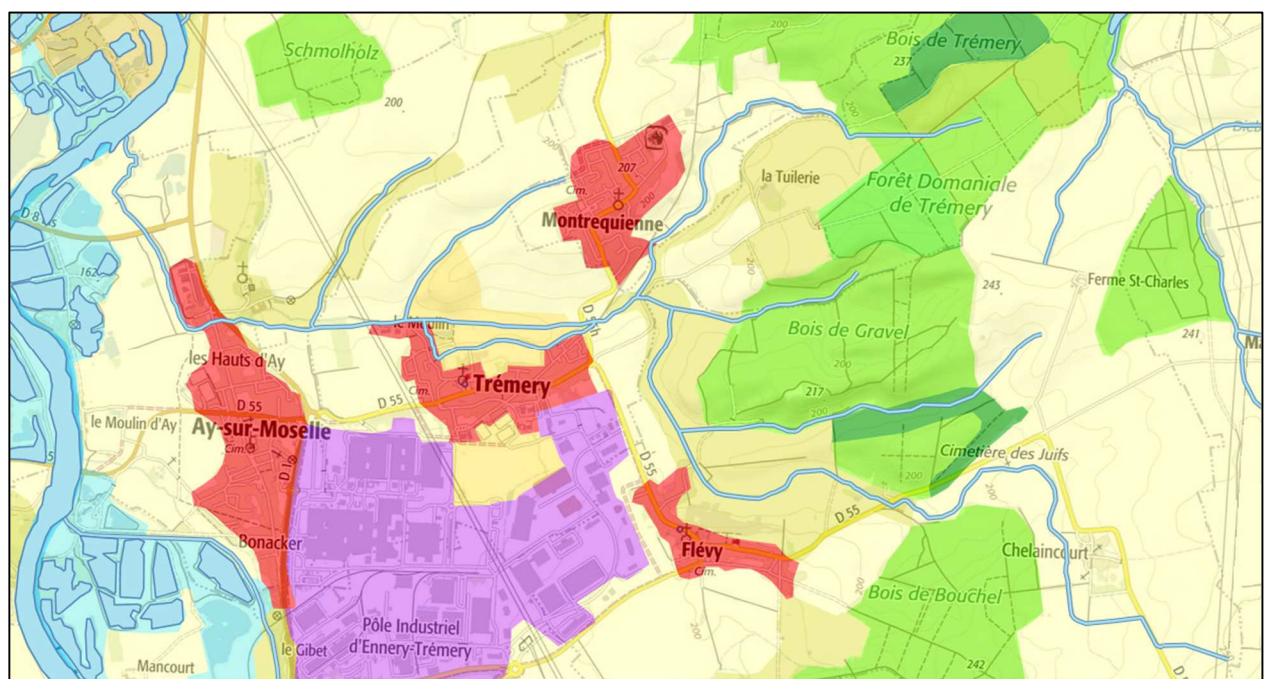
L'occupation des sols du périmètre d'étude est principalement constituée de prairies, cultures et forêt, et plus marginalement de zones urbanisées et industrielles.

Le ruisseau de Trémery prend sa source au sein de terrains agricoles, il longe les bois dits de Bouchel et de Gravel puis traverse de nouveau de grands ensembles de cultures et de prairies. Il longe ensuite la zone urbaine de Trémery, puis celle d'Ay-sur-Moselle.

Il finit son parcours en zone agricole avant de confluer avec la Moselle.

D'après le référentiel des obstacles aux écoulements (ROE), aucun ouvrage n'a été recensé comme perturbant les écoulements sur le secteur d'étude. Les seuls ouvrages problématiques référencés sont situés sur la Moselle.

Figure 17 : Extrait de la carte Usage des Sols (Corine Land Cover 2018) – (Source Géoportail)



## 4 Diagnostic

### 4.1 Méthodologie employée

#### 4.1.1 Découpage en tronçons homogènes

Une des premières étapes du diagnostic est le découpage des cours d'eau d'étude en tronçons homogènes. Cela permet d'organiser l'étude et de garder une cohérence dans toutes les étapes du projet. Ce découpage se fait sur la base de critères tels que l'occupation du sol, la morphologie du cours d'eau, les zones de couverture du cours d'eau... Par ailleurs, l'échelle de découpage dépend de l'emprise du projet. Si le linéaire d'étude est restreint, il est possible de réaliser un découpage très fin de la zone d'étude, sinon il faudra se baser sur des critères plus globaux. Ce découpage peut être affiné ou adapté en phase terrain.

#### 4.1.2 Investigations de terrain

La phase terrain consiste à parcourir le linéaire du cours d'eau d'amont en aval pour observer et relever tous les paramètres qui sont à prendre en compte dans le diagnostic. Les principales catégories de paramètres observés sont les suivantes :

- La ripisylve (état, entretien, essences, nombre de strates...)
- Le lit mineur (mesure des dimensions, substrat du fond, végétation aquatique...)
- Le lit majeur (occupation du sol, fossés ou affluents, bandes enherbées, zones humides...)
- Les berges (état, érosion, stabilité, pente...)
- Les ouvrages transversaux (dimensions, état, franchissabilité piscicole...)
- Les écoulements (envasement, dynamique...)
- Les perturbations ponctuelles (piétinement par le bétail, embâcles, rejets, espèces indésirables, espèces envahissantes...)
- Les bassins versants (appréciation de la pente, aspect géologique, ruissellements...)

L'objectif de cette visite de terrain est d'établir un état initial global et précis de la zone étudiée. Un rendu sous forme de rapport détaillé est établi, accompagné d'une cartographie SIG faisant apparaître toutes les observations de terrain. Une planche photographique donne un aperçu synthétique des cours d'eau. Ces éléments permettent de comprendre l'origine des problématiques rencontrées par le maître d'ouvrage et définir ainsi les axes possibles d'amélioration.

### 4.1.3 Enquêtes

Des enquêtes sont réalisées auprès des collectivités locales et des particuliers pour recueillir des informations générales sur les milieux, qui pourraient avoir un intérêt pour l'étude ou des problèmes qu'ils rencontrent vis-à-vis du cours d'eau, tels que des inondations, des nuisances olfactives... Cela peut permettre de déceler des problèmes qui ne seraient pas visibles au moment de la visite de terrain notamment (pas d'accès ou problème survenant à une période particulière de l'année).

Un questionnaire portant sur les cours d'eau, les problématiques rencontrées et plus particulièrement sur les inondations est réalisé. Un recensement des propriétaires de parcelles en bordure de cours d'eau est fait puis un questionnaire est envoyé à chaque propriétaire. Les retours sont ensuite synthétisés pour faire ressortir les éléments notables utiles pour l'étude.

### 4.1.4 Analyse des données

#### 4.1.4.1 Qualité physique du cours d'eau

Pour définir l'état actuel du cours d'eau, des fiches types sont mises à disposition par l'AERM. Elles permettent de renseigner 40 paramètres décrivant la qualité du lit mineur (variation des faciès d'écoulement, variation de largeur, substrat constitutif des fonds...) de ses berges (degré d'artificialisation, état de la ripisylve...) et du lit majeur (occupation du sol, présence de zones humides...).

Sur la base des données de terrain, la qualité physique est déterminée à l'aide du logiciel Qualphy. C'est un logiciel développé par l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse, dont le principe est la comparaison entre un état actuel, avec une certaine altération, et un état de référence, correspondant à un état totalement naturel.

Pour définir l'état de référence, il faut attribuer une typologie au cours d'eau. L'AERM a défini 7 principales typologies de cours d'eau, en fonction de critères géologiques, de lit majeur et de lit mineur [50].

Tableau 2: Typologies de cours d'eau (Source: AERM)

T1	Cours d'eau et torrents de montagne
T2	Moyennes vallées des Vosges cristallines
T2 bis	Hautes et moyennes vallées des Vosges gréseuses
T3	Cours d'eau sur piémont
T4	Cours d'eau de côtes calcaires et marno-calcaires
T4 bis	Cours d'eau sur schistes ardennais
T5	Basses vallées de plateaux calcaires
T6	Cours d'eau de plaines argilo-limoneuses
T6 bis	Collines argilo-limoneuses
T6 ter	Cours d'eau sur cailloutis ou alluvions sablo-graveleuses
T7	Cours d'eau phréatique

Qualphy fournit un résultat de la qualité physique du cours d'eau en pourcentage, 100% correspondant à un état totalement naturel. Il y a 5 classes de qualité correspondantes :

Qualité correcte à excellente	81 à 100%
Qualité assez bonne	61 à 80%
Qualité médiocre à moyenne	41 à 60%
Qualité mauvaise	21 à 40%
Qualité très mauvaise	0 à 20%

Il est également possible d'obtenir un résultat décomposé pour avoir de manière distincte le pourcentage de qualité physique de lit mineur, celui du lit majeur et celui des berges. Cela permet de cibler plus facilement les potentiels problèmes. En effet, un cours d'eau peut avoir une qualité physique globale assez bonne tout en ayant une qualité de berges mauvaise par exemple. L'état de ce cours d'eau peut paraître satisfaisant au premier abord mais nécessiter une intervention pour avoir une qualité physique vraiment correcte. Les résultats peuvent donc permettre de cibler au mieux les points faibles du milieu et ainsi d'orienter les propositions d'aménagement vers les compartiments les plus impactés.

#### 4.1.4.2 Hydrologie

Le bassin versant englobant toute la zone d'étude peut être défini à l'aide des courbes de niveau des cartes IGN. Sur une emprise d'étude importante, il est utile de découper ce bassin versant en sous-bassins versants, pour permettre notamment de caractériser les apports progressifs des différents affluents. Les principales caractéristiques des bassins versants sont ensuite déterminées :

- Surface
- Pente
- Longueur hydraulique
- Coefficient d'imperméabilisation en lien avec l'occupation du sol
- ...

En ce qui concerne les données hydrologiques, elles peuvent être recueillies sur place si une station hydrométrique de suivi du débit est en place ou mesurées lors d'une campagne de mesures, souvent chère et longue.

Les données de débit d'étiage et de débit module peuvent aussi être estimées grâce à des formules hydrologiques ou sur la base de cartographies hydrologiques.

- Le module peut être estimé à partir de la formule de Turc :

$$D = \frac{P}{\sqrt{(0,9 + (P^2/L^2))}}$$

$D$  : déficit d'écoulement moyen annuel (mm)

$P$  : cumul annuel des précipitations (mm)

$L = 300 + 25T + 0.05T^3$

$T$  : température moyenne annuelle (°C)

- Les débits d'étiage peuvent être estimés avec la carte des rendements d'étiage de l'AERM de 1997 ou la carte de consensus de l'ONEMA-CEMAGREF-IRSTEA.

Pour ce qui est des débits de crue, on peut choisir de déterminer les débits de pointe seuls au droit de chaque bassin versant et pour chaque période de retour à traiter à l'aide des formules hydrologiques adaptées.

- La formule rationnelle peut être utilisée pour estimer les débits de crue d'un bassin versant dont la surface est inférieure ou égale à 1 km<sup>2</sup> [51] :

$$Qp = \frac{CiA}{3,6}$$

*C* : coefficient de ruissellement  
*i* : intensité calculée sur le temps de concentration (en mm/h)  
 application de la loi de Montana  $i = (a \times t^b) \cdot 60$   
 avec *t* la durée de la pluie considérée  
*A* = surface du bassin versant (en km<sup>2</sup>)

- La formule de Crupédix peut être utilisée pour estimer les débits de crue d'un bassin versant dont la surface est comprise entre 10 et 2000 km<sup>2</sup> [52] :

$$Q_{10} = S^{0,8} \frac{P_{10}}{80} \times R$$

*S* : superficie du bassin versant (en km<sup>2</sup>)  
*P*<sub>10</sub> : pluie journalière maximale décennale (en mm)  
*R* = coefficient régional disponible dans « La ville et son assainissement » CERTU

- La méthode intermédiaire peut être utilisée pour estimer les débits de crue d'un bassin versant dont la surface est comprise entre 1 et 10 km<sup>2</sup> :

$$Q_{10} = \alpha \times QR + \beta \times Qc$$

$\alpha = (10 - S) / 9$   
*QR* : débit de la méthode rationnelle  
*Qc* = débit de la méthode Crupédix

- La méthode de Caquot peut être utilisée pour estimer les débits de crue d'un bassin versant urbanisé [53] :

$$Q_F = k^{1/u} \times I^{v/u} \times C^{1/u} \times A^{w/u}$$

*Q* : débit brut (m<sup>3</sup>/s)  
*I* : pente moyenne du bassin versant (m/m)  
*C* : coefficient d'imperméabilisation  
*A* : Surface du bassin versant (ha)  
 $K = (a \times 0,5^b) / 6,6$   
 $u = 1 + 0,287 \times b$   
 $v = -0,41 \times b$   
 $w = 0,95 + 0,507 \times b$   
*a* et *b* les coefficients de Montana

Il est aussi possible de réaliser les courbes de débit pour les périodes de retour à traiter. Cela ne permet pas d'être plus précis mais plutôt d'avoir un résultat plus détaillé et un champ d'application des données plus important, notamment si une modélisation des écoulements est prévue.

Pour obtenir les courbes de débit de crue, on peut utiliser le logiciel Mike Urban. Ce logiciel est un logiciel de modélisation des réseaux d'eau potable et d'assainissement. Il est aussi utilisé pour modéliser les ruissellements sur un bassin versant.

## MIKE URBAN

### Données d'entrées :

Pour la modélisation des courbes de débit de crue avec Mike Urban, il faut dans un premier temps fournir les caractéristiques du bassin versant concerné : sa surface, sa pente, sa longueur hydraulique, son coefficient d'imperméabilité. Les pertes initiales sont également à renseigner, avec des pertes initiales plus importantes pour les bassins versants les plus naturels.

Une pluie type double triangle peut être insérée dans le logiciel. Ce type de pluie est un modèle de pluie caractérisée par sa période de retour, sa durée intense et sa localisation, avec les coefficients de Montana.

### Modèle :

Le modèle double réservoir linéaire est appliqué sur les données pour correspondre au mieux aux caractéristiques de ruissellement sur un bassin versant. Une durée de modélisation est affectée aux données. Elle peut être plus longue que la durée de pluie, puisqu'il y a un temps de latence entre le moment où la pluie tombe en amont du bassin versant et le moment où les ruissellements atteignent l'exutoire de celui-ci.

### Résultats :

En sortie du modèle, on obtient notamment les courbes de débit ruisselé sur le bassin versant en fonction du temps, pour la période de retour choisie. Si des données sont disponibles dans le secteur d'intérêt, il est intéressant de comparer les valeurs obtenues et éventuellement de caler le modèle, en faisant varier notamment les paramètres des pertes initiales et du coefficient d'imperméabilité.

#### 4.1.4.3 Hydraulique ponctuelle

Plusieurs paramètres hydrauliques sont intéressants à calculer pour se faire une idée plus précise de la dynamique du cours d'eau [54]. Cela peut permettre d'expliquer certains problèmes rencontrés sur le cours d'eau et c'est aussi un outil de décision quant aux techniques de restauration qu'il sera judicieux de mettre en place. Il faut en effet qu'elles soient adaptées au contexte pour durer dans le temps [55].

- La puissance spécifique d'un cours d'eau caractérise ses potentialités dynamiques :

$$\omega = \phi w \times g \times Qb \times S/W$$

$\phi w$  : masse volumique (kg/m<sup>3</sup>)  
 $g$  : accélération de la gravité (m/s<sup>2</sup>)  
 $Qb$  : débit de plein bord (m<sup>3</sup>/s)  
 $S$  : pente moyenne de la ligne d'eau à plein bord  
 $W$  : largeur moyenne du chenal à plein bord

Le débit de plein bord peut être calculé avec la formule de Manning-Strickler :

$$Qp = K \times S \times Rh^{2/3} \times \sqrt{i}$$

$K$  : coefficient de Strickler  
 $S$  : surface hydraulique (m<sup>2</sup>)  
 $Rh$  : rayon hydraulique (m)  
 $i$  : pente hydraulique (m/m)

Tableau 3 : Dynamique de cours d'eau en fonction de la puissance spécifique (Source : ONEMA)

Puissance spécifique	Dynamique associée
< 35 W.m <sup>2</sup>	Dynamique des berges faible à inexistante
35 < $\omega$ < 100 W.m <sup>2</sup>	Auto-ajustement du cours d'eau en réponse à des aménagements ou des contraintes extérieures
> 100 W.m <sup>2</sup>	Dynamique importante pouvant amener à une auto-modification du lit mineur

- Le transport solide peut être évalué par l'intermédiaire du calcul de la pente de « non-transport » du ruisseau. C'est la pente à partir de laquelle il n'y a plus de charriage de sédiments. Si on compare cette pente à la pente réelle du ruisseau, on peut déterminer dans quelle mesure a lieu le transport solide.

Le calcul de la pente théorique de non-transport est réalisé à l'aide de la formule suivante :

$$J_{NT} = K/Q^{6/7} \times (1.65 \times D_{50} \times T_c)^{10/7}$$

$J_{NT}$  : pente de non transport (m/m)  
 $K$  : rugosité du lit mineur  
 $Q$  : débit de plein-bord (m<sup>3</sup>/s)  
 $D_{50}$  : granulométrie moyenne des sédiments (mm)  
 $T_c$  : contrainte critique de mise en mouvement des sédiments



- La force d'arrachement ou force tractrice représente la friction du liquide en mouvement sur les parois du cours d'eau. Son calcul permet de définir si une technique végétale de restauration peut être mise en place ou si la force d'arrachement est trop importante et que du génie civil est nécessaire en complément des techniques végétales.

$$\tau = \rho \times Rh \times i$$

$\tau$  : force tractrice (N/m<sup>2</sup>)  
 $\rho$  : poids unitaire de l'eau (9810 kg/m<sup>3</sup>)  
 $Rh$  : rayon hydraulique (m)  
 $i$  : pente du cours d'eau (m/m)

Tableau 4 : Techniques végétales et force de résistance (Source : Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire)

	Force de résistance (N/m <sup>2</sup> )
Herbacées	50
Graminée	80
Saules	100
Fascines de branche de saules	250
Couche de branche de rejet	300

#### 4.1.4.4 Modélisation hydraulique

Dans les cas où des problèmes d'inondations sont rencontrés, il est utile de réaliser une modélisation des écoulements pour déterminer où les problèmes d'inondation sont majeurs et pouvoir proposer les solutions les plus adaptées au territoire pour résoudre ces problèmes. Le logiciel HEC-RAS permet de réaliser ce type de modélisation en 1D ou en 2D en fonction du degré de précision que l'on souhaite obtenir [56]. En effet, une modélisation 1D permettra de représenter notamment l'emprise des inondations ainsi que les hauteurs d'eau associées pour le débit de pointe alors qu'une modélisation en 2D permettra de représenter l'ampleur de l'inondation pour toute la courbe de débit associée à une pluie. Les champs de vitesse des écoulements seront également visibles ainsi que les phénomènes de montée de crue et de décrue.

# HEC-RAS

## Données en entrée :

Pour modéliser les écoulements en 2D avec Hec-Ras, il faut disposer des caractéristiques du lit mineur, avec dans l'idéal des relevés topographiques sur chaque type de section du cours d'eau. Les caractéristiques du lit majeur peuvent être obtenues avec le RGE alti 1m. C'est un modèle numérique de terrain dont les données ont un intervalle de 1m. La précision n'est alors pas la plus fine mais permet d'avoir un aperçu fiable du lit majeur.

Les dimensions et caractéristiques des ouvrages transversaux sont à intégrer au modèle.

La rugosité des différents milieux doit être renseignée à l'aide des coefficients de Manning.

Les courbes de débits de crue sont également à fournir au logiciel, ainsi que les conditions aux limites aval du modèle, avec la pente en aval du secteur modélisé.

## Modèle :

Hec-Ras utilise les équations de Barré de Saint-Venant pour réaliser la modélisation des écoulements unidirectionnels en eau peu profonde. Un maillage plus ou moins fin est appliqué sur la surface de modélisation, permettant d'appliquer les calculs sur chaque maille du modèle.

## Résultats :

Les résultats principaux obtenus après modélisation sont l'emprise des inondations, la hauteur d'eau et les vecteurs de vitesse des écoulements. Pour estimer la fiabilité des résultats, on peut soit comparer les résultats à des données existantes. Sinon, un pourcentage d'erreur est fourni par le logiciel après calcul. Plus la modélisation est complexe et lourde, plus le coefficient risque d'être élevé.

## 4.2 Résultats

### 4.2.1 Investigations de terrain

Toutes les caractéristiques présentant un intérêt pour le diagnostic hydromorphologique et hydraulique ont été relevées sur chaque tronçon de cours d'eau parcouru (Annexe n°1 : « Découpage en tronçons homogènes »).

Globalement, le ruisseau s'écoule en milieu plutôt naturel, avec une occupation du sol constituée par des prairies et des parcelles agricole et plus ponctuellement de zones urbanisées dans la traversée de deux petits villages. Plusieurs petits affluents prennent quant à eux naissance en milieu forestier.



Figure 18 : Zone humide à proximité du cours d'eau

Des zones humides ordinaires sont également présentes en bordure de ruisseau, contribuant à la richesse du milieu. Cet inventaire s'est fait sur la base de critères hydrologiques et floristiques (saturation du sol en eau et végétation hygrophile notamment).

Deux étangs artificiels sont présents sur le secteur d'étude. Cela peut constituer un atout vis-à-vis de la richesse du milieu. Néanmoins, un des étangs est implanté en barrage sur le cours d'eau, et constitue donc une rupture à la continuité écologique.

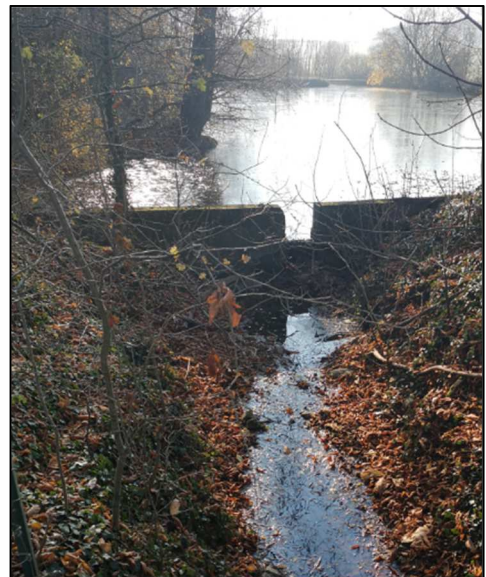


Figure 19 : Etang en amont du cours d'eau

Le cours d'eau présente globalement des berges stables avec des pentes plutôt douces. Cela permet d'avoir une connexion entre les berges et le cours d'eau, ce qui est positif d'un point de vue écologique.

En plus de ces observations, plusieurs problématiques ont été observées :

Observation	Conséquence
Tracé rectiligne du fait de modifications d'origine anthropique	Uniformisation de l'écoulement et banalisation du milieu
Mauvais état de la ripisylve	Formation d'embâcles qui peuvent entraîner des débordements sur des zones à enjeux
Ripisylve inadaptée	Stabilité des berges non assurée
Absences ponctuelles de ripisylve	Possible envahissement du lit par de la végétation, eutrophisation, envasement
Ouvrages hydrauliques avec une hauteur de chute ou une longueur importante	Rupture de la continuité écologique et sédimentaire
Couverture du ruisseau sur un linéaire important	Rupture de la continuité écologique et sédimentaire
Piétinement des berges par le bétail	Erosion des berges non naturelle, possible pollution du cours d'eau par le bétail



Figure 20 : Affluents du Trémery, rectilignes et sans ripisylve

Pour permettre de synthétiser et localiser les observations faites sur le terrain, une cartographie a été réalisée sous Qgis (Annexe n°2 : « Cartographie du diagnostic »).

Des planches photographiques des éléments importants à visualiser ont également été réalisées (Annexe n°3 : « Planches photographiques »).

## 4.2.2 Enquêtes

Les enquêtes réalisées auprès des propriétaires de parcelles bordant le cours d'eau n'ont pas toutes donné suite. En effet, sur environ 150 propriétaires contactés par courrier, 30 réponses aux questionnaires envoyés ont été obtenues. On peut supposer que les personnes qui n'ont pas répondu ne rencontrent aucun problème.

Plusieurs personnes ont signalé des problèmes d'inondation. Pour la plupart, ce sont des inondations sur des terrains agricoles. Quelques inondations surviennent également au droit de bâtiments et habitations.

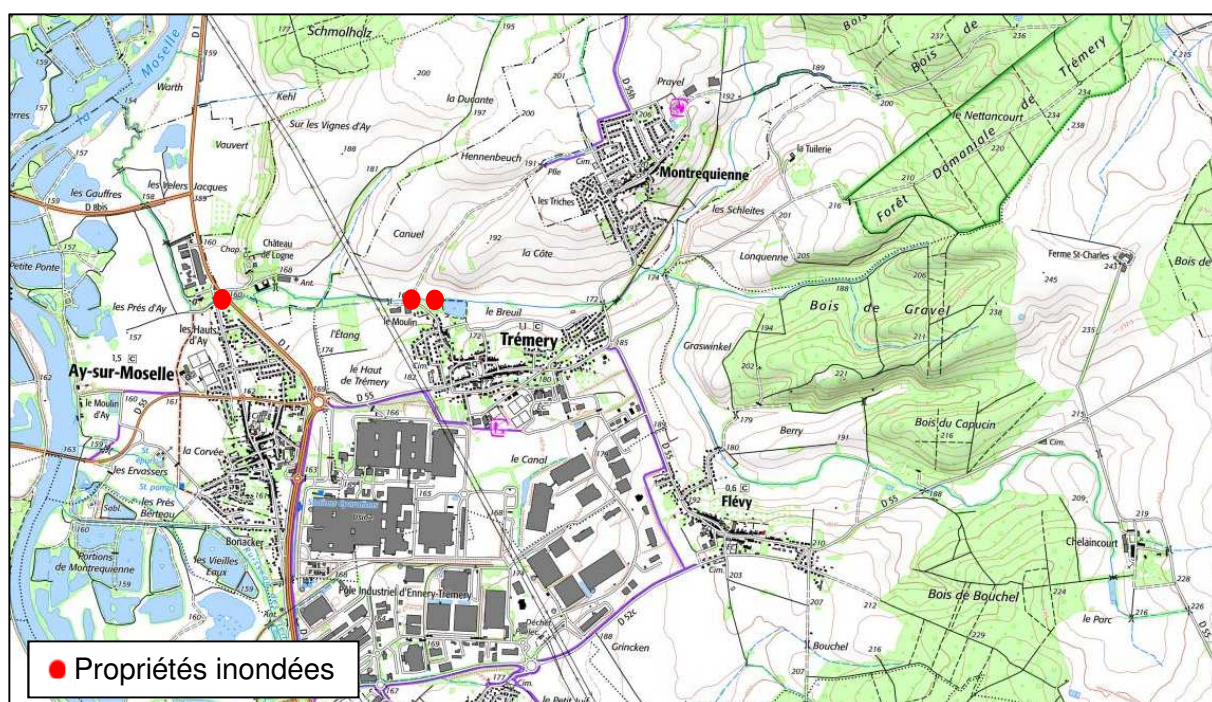


Figure 21 : Principales inondations recensées lors des enquêtes

Ces signalements sont pris en compte dans la phase de modélisation des inondations, pour vérifier que la modélisation est bien réaliste et dans la phase de proposition du programme de travaux, pour améliorer la situation vis-à-vis de l'inondation.

## 4.2.3 Analyse des données

### 4.2.3.1 Qualité physique du milieu

Le tableau suivant montre les résultats de l'application Qualphy sur l'ensemble des tronçons homogènes.

Tableau 5 : Détail des notes de qualité physique obtenues avec le logiciel QUALPHY

	Tronçons	Notes lit mineur (%)	Notes berges (%)	Notes lit majeur (%)	Note globale (%)	
<b>Ruisseau du Flévy</b>	FLE_1	57,23	89,41	81,28	73,85	Assez bonne
	FLE_2	47,09	89,78	84,51	70,80	Assez bonne
	AFF_1	22,84	93,95	56,88	53,81	Médiocre à moyenne
	AFF_2a	68,88	98,18	88,01	83,18	Correcte à excellente
	AFF_2b	27,61	80,48	89,90	61,78	Assez bonne
<b>Ruisseau du Trémery</b>	TRE_1	45,00	94,51	89,90	72,95	Assez bonne
	TRE_2	40,12	91,50	91,38	70,53	Assez bonne
	TRE_3	49,61	95,85	85,33	73,85	Assez bonne
	TRE_4	49,89	93,46	89,90	74,64	Assez bonne
	AFF_3	68,88	98,18	88,01	83,18	Correcte à excellente
	AFF_4	47,13	78,92	56,25	59,14	Médiocre à moyenne

- Le ruisseau de Flévy présente une qualité physique assez bonne à l'exception de son affluent le plus en amont (AFF\_1), dont la qualité physique est médiocre à moyenne.

Le ruisseau de Flévy s'écoule dans un environnement naturel. Il présente un tracé sinueux avec des écoulements diversifiés et des berges stables. Il arbore une ripisylve variée.

A l'inverse, l'affluent AFF\_1 a été artificialisé avec un tracé rectiligne en amont (rectification) et une couverture importante, en aval, sous Chelaincourt.
- Le ruisseau de Trémery présente une qualité physique assez bonne à l'exception de l'affluent AFF\_4, dont la qualité physique est médiocre à moyenne.

Le ruisseau de Trémery longe la zone urbaine de Trémery sans impact significatif sur sa qualité physique. Il est peu artificialisé et présente une ripisylve diversifiée mais vieillissante sur la majorité de son linéaire.

L'affluent AFF\_4 est quant à lui longé par une route, il présente un tracé très rectiligne et des écoulements constants, impactant directement la qualité physique du milieu.
- Concernant les notes des compartiments :

  - Le lit mineur possède globalement une qualité moyenne voire une mauvaise qualité, notamment dû au colmatage du fond du lit (vase), de la présence d'embâcles dans le lit et d'ouvrages transversaux rompant la continuité écologique. Seul les tronçons AFF\_3 et AFF\_2a présentent une qualité assez bonne, les écoulements étant assurés sans obstacles.
  - Les berges présentent en général une bonne qualité voire excellente, il s'agit de berges naturelles et stables, avec une ripisylve plus ou moins dense, dont

l'entretien reste néanmoins insuffisant. On y observe également des problèmes ponctuels de piétinement.

- La qualité du lit majeur est excellente sur l'ensemble des tronçons principaux, où le ruisseau circule dans un environnement plutôt naturel. Pour les affluents 1 et 4, la note de qualité est mauvaise, traversant un milieu plus urbanisé (route et couverture sous le hameau).

Les affluents 1 et 4 ont été anthropisés avec imperméabilisation du lit majeur (route) (AFF\_4) et modification du tracé (tracé rectiligne) ou couverture du lit mineur (AFF\_1), banalisant les écoulements et la diversité écologique. De plus, on note la présence de plusieurs obstacles qui peuvent perturber la continuité écologique.

De manière générale, les cours d'eau évoluent dans un environnement naturel notamment sur les portions amont des cours d'eau. L'urbanisation et l'anthropisation des cours d'eau restent limitées et ponctuelles, justifiant des notes de qualité physique obtenues.

#### 4.2.3.2 Hydrologie

Le résultat du découpage du bassin versant global de l'étude en sous-bassins versants est le suivant, il permet de caractériser les apports progressifs des différents affluents et arrivées d'eau :

Figure 22 : Découpage du bassin versant global en sous-bassins versants

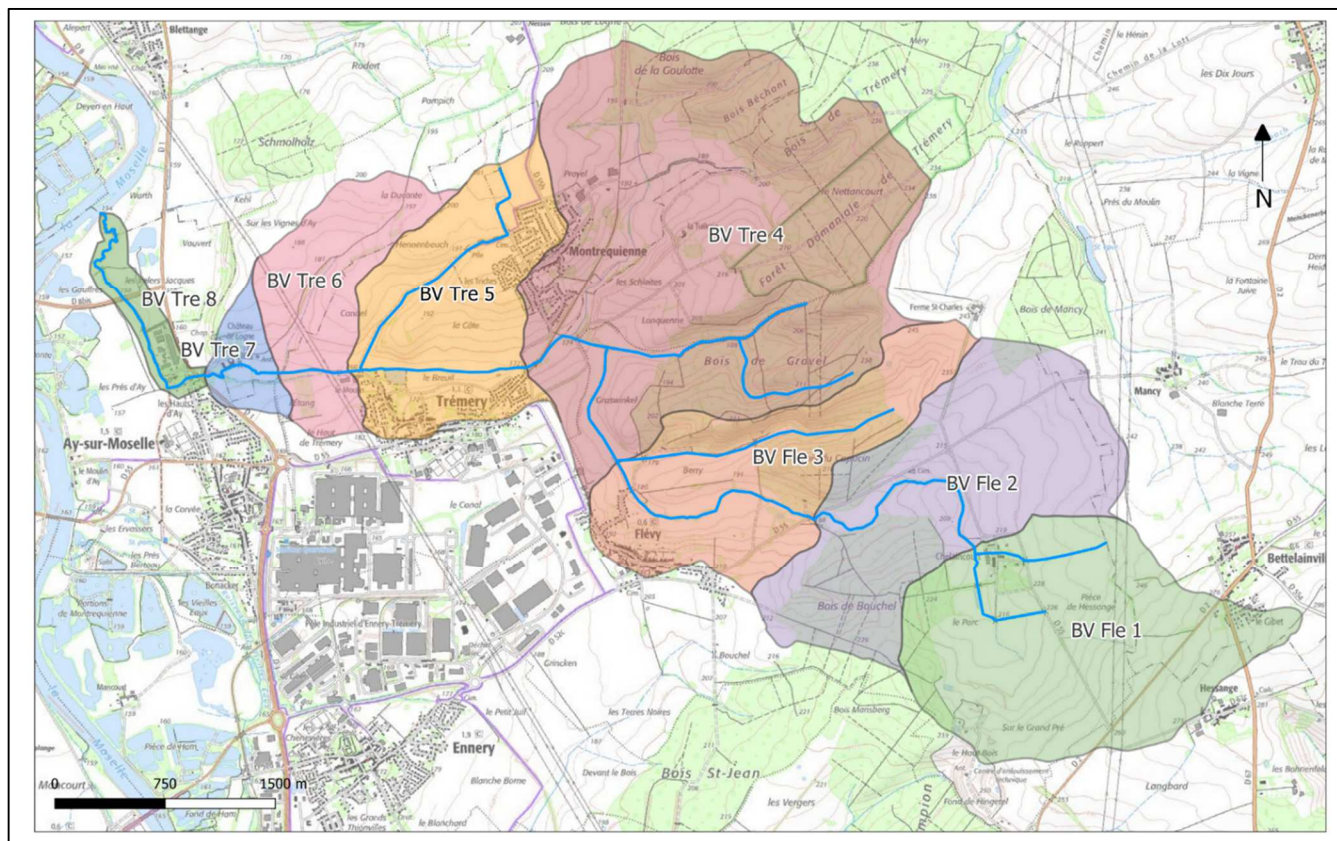


Tableau 6 : Caractéristiques des sous-bassins versants du ruisseau de Trémery

Numéro de BV	Surface (ha)	Longueur hydraulique (m)	Pente hydraulique (m/m)	Coefficient de ruissellement
BV 1	301,4	2981	0,028	0,15
BV 2	270,2	1230	0,029	0,14
BV 3	202,6	2707	0,024	0,15
BV 4	581,6	3333	0,016	0,15
BV 5	187,9	1979	0,018	0,15
BV 6	116,1	2595	0,015	0,15
BV 7	30,6	1030	0,027	0,15
BV 8	13,5	540	0,015	0,15
BV Global	1704	10922	0,013	0,15

Ces données ont été obtenues à l'aide du logiciel Qgis. Différentes couches SIG utiles à l'étude ont été importées sur le logiciel telles que les cartes IGN, l'occupation des sols Corine land cover 2018, le réseau hydrographique etc.

Le ruisseau de Trémery ne possède aucune station hydrométrique de suivi du débit.

Le cours d'eau ne figure pas non plus dans la base de données « Cartographie de consensus du débit de référence d'étiage et du débit moyen à l'échelle de la France » (ONEMA-CEMAGREF-IRSTEA, avril 2012).

Des calculs et estimations ont donc dû être faits pour avoir des données sur l'hydrologie du secteur.

• **Débits d'étiage :**

D'après les cartes de rendement d'étiage du secteur « Moselle aval » (source AERM, 1997), les rendements d'étiage sont :

- Pour le débit d'étiage de période de retour 2 ans (Qmna2) : entre 5 et 7 l/s/km<sup>2</sup>
- Pour le débit d'étiage de période de retour 5 ans (Qmna5) : entre 3 et 5 l/s/km<sup>2</sup>

Pour comparaison, le tableau suivant figure les débits des cours d'eau similaires au nord (La Sée) et au sud (ruisseau du Rugy) du territoire d'étude, et présents dans la « Cartographie de consensus » (ONEMA-CEMAGREF-IRSTEA) :

Tableau 7 : Débits d'étiage - Cartographie de consensus (ONEMA-CEMAGREF-IRSTEA)

	La Sée	Ruisseau de Rugy	Valeur moyenne / km <sup>2</sup>
Surface du bassin versant (tronçon aval)	25 km <sup>2</sup>	27 km <sup>2</sup>	1 km <sup>2</sup>
Qmna2	-	-	-
Qmna5	16 l/s	21 l/s	0,71 l/s/km <sup>2</sup>



Les valeurs issues de la carte des rendements d'étiages semblent particulièrement élevées en comparaison des données disponibles pour les autres cours d'eau à proximité. Les valeurs de cette carte sont également particulièrement proches du débit module, alors qu'elles devraient être nettement moins élevées.

- **Débit Module :**

Pour une pluviométrie annuelle de 758 mm (station de Metz-Frescaty) et une température moyenne annuelle de 10,7 °C (données Météo-France), le module est estimé à 142 l/s (8,35 l/s/km<sup>2</sup>) à l'aide de la formule de Turc mentionnée précédemment.

Pour comparaison, les valeurs pour la Sée et le ruisseau du Rugy dans la « Cartographie de consensus » sont les suivantes :

Tableau 8 : Débits Module - Cartographie de consensus (ONEMA-CEMAGREF-IRSTEA)

	La Sée	Ruisseau de Rugy	Valeur moyenne / km <sup>2</sup>
Surface du bassin versant (tronçon aval)	25 km <sup>2</sup>	27 km <sup>2</sup>	1 km <sup>2</sup>
Module	157 l/s	175 l/s	<b>6,38 l/s/km<sup>2</sup></b>

Le débit estimé via la formule de Turc est supérieur aux valeurs moyennes des autres cours d'eau à proximité, tout en restant relativement proche.

- **Synthèse des débits d'étiage et module :**

Sur la base des comparatifs précédents, les débits caractéristiques retenus pour l'étude hydraulique du ruisseau de Trémery seront issus des valeurs moyennes de la « Cartographie de consensus » (ONEMA-CEMAGREF-IRSTEA) :

Tableau 9 : Synthèse des débits caractéristiques estimés pour le ruisseau de Trémery

Ruisseau de Trémery	
Surface du bassin versant (tronçon aval)	17 km <sup>2</sup>
Qmna2	18 l/s *
Qmna5	12 l/s
Module	109 l/s

\* Valeur obtenue par l'intermédiaire du ratio des cartes de rendements d'étiage et sur la base du Qmna5 de la cartographie de consensus

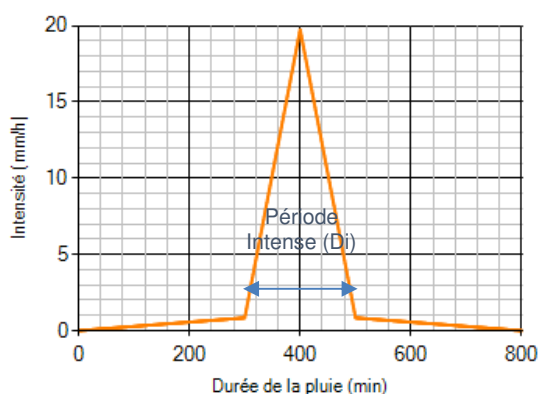
- **Débits de crue :**

La modélisation des bassins versants a été réalisée avec le logiciel Mike Urban, sur la base du modèle hydrologique du type double réservoir linéaire. Les périodes de retour de 5, 10, 30, 50, 100 et 100+30% ont été étudiées. L'utilisation de ce logiciel a permis d'obtenir des courbes de débits, qui constituent des données pour réaliser une modélisation hydraulique des écoulements en 2D avec le logiciel HEC-RAS.

Les pluies qui ont été prises en compte pour cette modélisation sont des pluies de type double triangle d'une durée intense de 200 minutes pour une durée totale de 16h, soit la situation la plus défavorable.

Ces pluies sont définies sur la base des données météorologiques (coefficients de Montana) de la station Météo-France de Metz-Frescaty (station la plus proche disposant d'un historique de mesures suffisant).

Figure 23 : Pluie double triangle de période de retour décennale - Di 200 min (station de Metz-Frescaty)



Les résultats de débits de pointe du ruisseau de Trémery de l'amont vers l'aval, à l'exutoire de chaque sous-bassins versants et pour les périodes de retour étudiées, sont les suivants :

Tableau 10 : Débits de crue du ruisseau de Trémery de l'amont vers l'aval

	Superficie cumulée (ha)	Débit PR : 5 ans (m <sup>3</sup> /s)	Débit PR : 10 ans (m <sup>3</sup> /s)	Débit PR : 30 ans (m <sup>3</sup> /s)	Débit PR : 50 ans (m <sup>3</sup> /s)	Débit PR : 100 ans (m <sup>3</sup> /s)	Débit PR : 100 ans +30% (m <sup>3</sup> /s)
<b>BV Fle 1</b>	<b>301</b>	0,643	0,739	1,50	1,95	2,76	3,5
<b>BV Fle 2</b>	<b>572</b>	1,44	1,68	3,43	4,47	6,34	8,1
<b>BV Fle 3</b>	<b>774</b>	1,88	2,18	4,46	5,81	8,24	10,6
<b>BV Trem 4</b>	<b>1356</b>	2,84	3,28	6,71	8,74	12,4	15,8
<b>BV Trem 5</b>	<b>1544</b>	3,21	3,71	7,63	9,96	14,1	18,1
<b>BV Trem 6</b>	<b>1660</b>	3,40	3,94	8,12	10,6	15,0	19,2
<b>BV Trem 7</b>	<b>1690</b>	3,42	3,96	8,19	10,7	15,2	19,4
<b>BV Trem 8</b>	<b>1704</b>	3,42	3,96	8,20	10,7	15,2	19,5

Figure 24 : Courbes de débit pour la crue décennale de l'amont vers l'aval

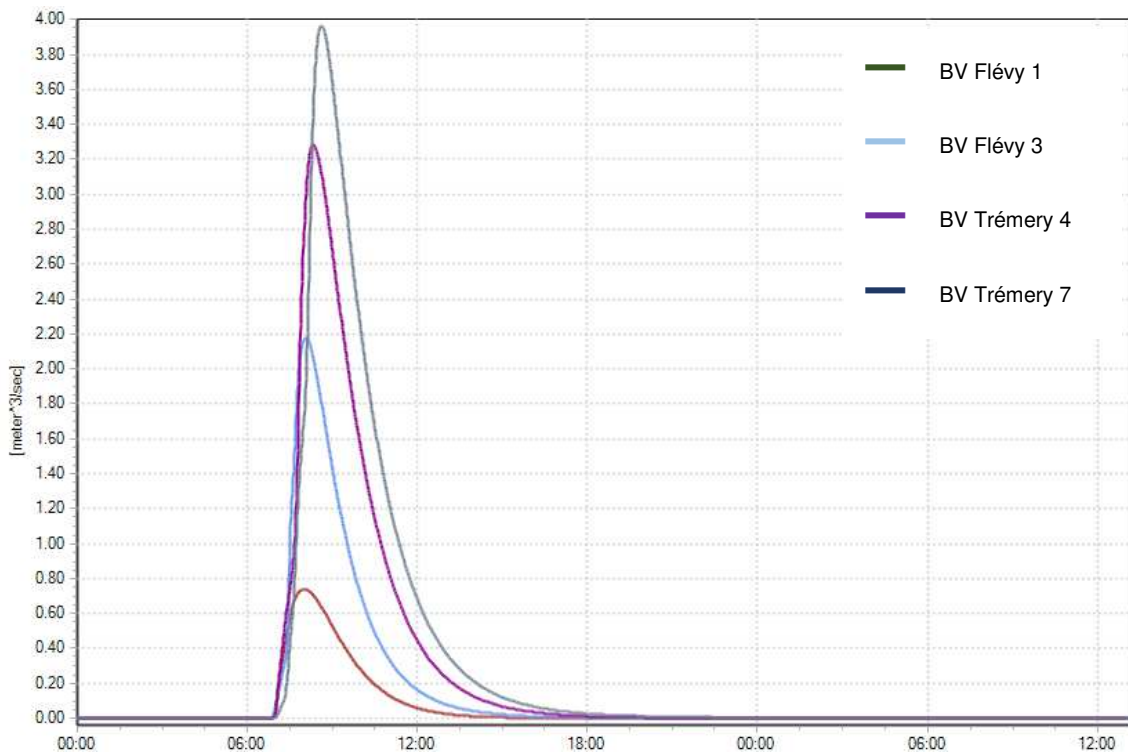
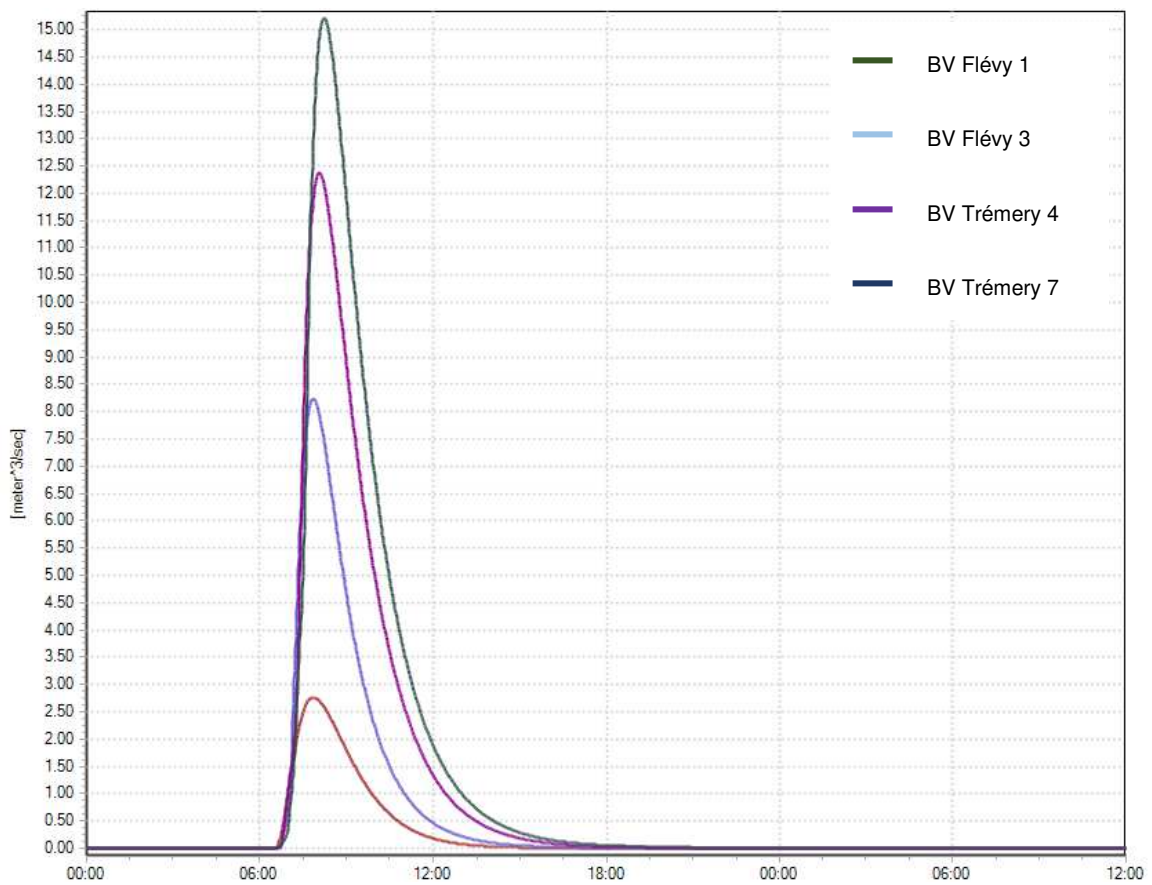


Figure 25 : Courbes de débit pour la crue centennale de l'amont vers l'aval



#### 4.2.3.3 Hydraulique ponctuelle

- Le calcul de la puissance spécifique a été réalisé sur l'ensemble des tronçons homogènes à partir des caractéristiques relevées sur le terrain.

Tableau 11 : Puissance spécifique du linéaire d'étude

Cours d'eau	Tronçons	Pente moyenne (m/m)	Débit dominant ou débit à pleins bords estimé	Largeur moyenne théorique <sup>2</sup>	Puissance fluviale spécifique
Ruisseau du Flévy	FLE_1	0,0136	6,84 m <sup>3</sup> /s	6,12 m	149,02 W/m <sup>2</sup>
	FLE_2	0,0055	4,09 m <sup>3</sup> /s	4,73 m	46,80 W/m <sup>2</sup>
	AFF_1	0,0293	2,13 m <sup>3</sup> /s	3,42 m	179,07 W/m <sup>2</sup>
	AFF_2a	0,0147	1,07 m <sup>3</sup> /s	2,42 m	63,60 W/m <sup>2</sup>
	AFF_2b	0,0167	1,52 m <sup>3</sup> /s	3,37 m	74,02 W/m <sup>2</sup>
Ruisseau du Trémery	TRE_1	0,0264	3,89 m <sup>3</sup> /s	4,61 m	218,21 W/m <sup>2</sup>
	TRE_2	0,0058	20,84 m <sup>3</sup> /s	10,68 m	111,46 W/m <sup>2</sup>
	TRE_3	0,0047	13,41 m <sup>3</sup> /s	8,57 m	71,73 W/m <sup>2</sup>
	TRE_4	0,002	7,55 m <sup>3</sup> /s	6,43 m	27,76 W/m <sup>2</sup>
	AFF_3	0,0294	9,88 m <sup>3</sup> /s	7,35 m	237,66 W/m <sup>2</sup>
	AFF_4	0,0212	6,40 m <sup>3</sup> /s	6,91 m	192,90 W/m <sup>2</sup>

<sup>2</sup> La largeur de plein bord théorique est donnée par la formule  $w=a.Qb^{0.5}$  où  $Qb$  correspond au débit plein bord (m<sup>3</sup>/s) et  $a$  un coefficient dont la valeur est fonction de l'abondance de la ripisylve.

Le tronçon TRE\_4 présente une dynamique faible, inférieure à 35 W.m<sup>2</sup>, nécessitant un accompagnement aux mesures de restauration.

- Les tronçons FLE\_2, AFF\_2a et 2b et TRE\_3 présentent une dynamique moyenne, comprise entre 35 et 100 W.m<sup>2</sup>. Le ruisseau est susceptible de s'auto-ajuster en réponse à des aménagements.
- Les tronçons FLE\_1, AFF\_1, AFF3, TRE\_1, TRE\_2 et AFF\_4 présentent une dynamique forte pouvant amener à une auto-modification du lit mineur.

Le ruisseau du Trémery est donc susceptible de s'auto-ajuster en réponse à des aménagements mais un accompagnement des mesures de restauration devra être effectué sur certains tronçons du Flévy et du Trémery.

- Le tableau suivant reprend les valeurs de débit plein-bord et de pente de « non-transport » pour des valeurs de granulométrie allant de 0,1 à 5 mm, correspondant à des granulométries de sables et graviers. Les mesures ont été réalisées par profils homogènes de tronçon.

Tableau 12 : Valeurs de pente de non-transport

Profils	Pente réelle (m/m)	Débit plein-bord (m <sup>3</sup> /s)	Pente de « non-transport » (m/m)				
			D <sub>50</sub> = 5 mm (graviers)	D <sub>50</sub> = 3 mm (graviers)	D <sub>50</sub> = 2 mm (sable)	D <sub>50</sub> = 1 mm (sable)	D <sub>50</sub> = 0.1 mm (sable fin)
TRE1	0,026	2,917	1,28	0,62	0,35	0,13	0,005
TRE2	0,006	20,839	0,24	0,11	0,06	0,02	0,001
TRE3	0,005	13,41	0,35	0,17	0,09	0,03	0,001
TRE4	0,002	7,55	0,57	0,27	0,15	0,06	0,002
AFF3	0,0294	3,73	1,04	0,50	0,28	0,10	0,004
AFF4	0,0212	6,40	0,65	0,32	0,18	0,07	0,002
FLE1	0,0136	6,84	0,62	0,30	0,17	0,06	0,005
FLE2	0,0055	4,09	0,96	0,46	0,26	0,10	0,004
AFF1	0,0293	2,13	1,68	0,81	0,45	0,17	0,006
AFF2a	0,0147	1,07	3,03	1,46	0,82	0,30	0,011
AFF2b	0,0167	1,52	2,24	1,08	0,61	0,22	0,008

Pour tous les tronçons, la pente de non-transport pour les sédiments de 0,1 mm (sable fin) est plus faible que la pente réelle du tronçon et la pente réelle est plus faible que les pentes de « non-transport » pour les sédiments de plus de 0,1 mm (sable fin). Ceci indique que les caractéristiques morphologiques de ce cours d'eau sont propices au transport des sédiments fins mais pas des sédiments plus grossiers. Le potentiel d'apports solides naturel du ruisseau du Flévy et du Trémery est donc très limité.

- Les valeurs de force tractrice au droit des tronçons sont les suivantes :

Tableau 13 : Valeur de force tractrice par tronçon homogène

Cours d'eau	Profils	Pente réelle (m/m)	Rh (m)	Force tractrice $\tau$ (N/m <sup>2</sup> )
Ruisseau du Flévy	FLE_1	0,0136	0,28	101
	FLE_2	0,0055	0,52	28
	AFF_1	0,0293	0,28	81
	AFF_2a	0,0147	0,29	41
	AFF_2b	0,0167	0,29	47
Ruisseau du Trémery	TRE_1	0,0264	0,4	103
	TRE_2	0,0058	1,97	113
	TRE_3	0,0047	0,87	40
	TRE_4	0,002	0,80	19
	AFF_3	0,0380	0,46	96
	AFF_4	0,0212	0,46	51

Des techniques simples peuvent suffire pour protéger les berges de manière durable et pérenne sur l'aval du ruisseau du Flévy et l'aval du ruisseau du Trémery et le reste des berges du linéaire d'étude pourront être protégées avec des techniques avec saules du fait d'une force tractrice plus importante.

Plus le cours d'eau est actif, moins les aménagements permettant une amélioration de l'hydromorphologie devront être importants. Ici le Trémery présente une puissance spécifique moyenne à forte, dotée d'un transport solide faible et d'une érodabilité des berges moyenne, les travaux de restauration pourront nécessiter des mesures d'accompagnement.

#### 4.2.3.4 Modélisation hydraulique

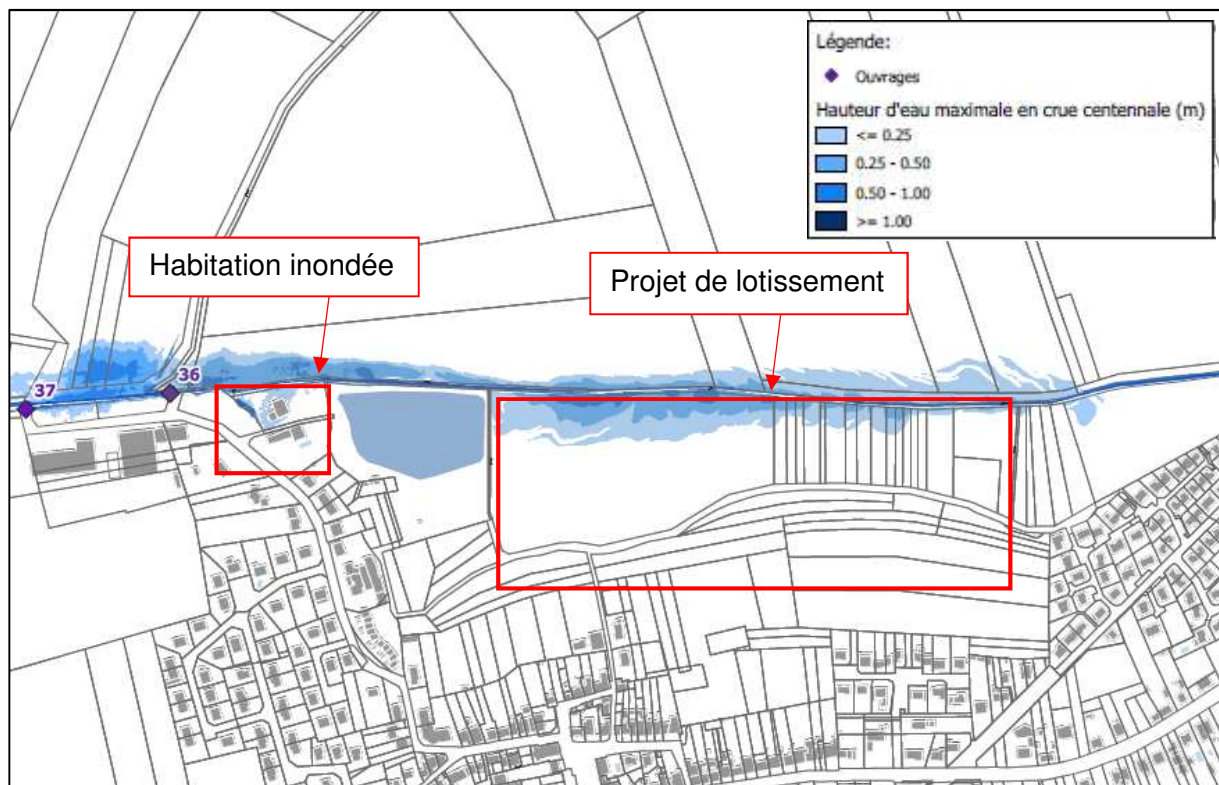
À l'issue de la modélisation, des débordements ont été mis en avant sur plusieurs secteurs et notamment sur quelques secteurs d'habitation de Trémery et Flévy :

- Les dernières maisons de la rue du Nouvet à Flévy
- L'habitation n°38 de la rue du Moulin à Trémery

La Communauté de Communes a également prévu d'aménager un lotissement en bordure de cours d'eau, et grâce à la modélisation, il a été possible de voir que la zone envisagée est partiellement inondée et que le projet devra certainement être déplacé ou repensé.

Les hauteurs d'eau ont aussi été obtenues au travers de la modélisation, ce qui permet de déterminer les endroits inondés avec un impact fort et les zones comprises dans la zone inondable, mais avec une très faible hauteur d'eau. Au droit des zones habitées inondées, cela peut permettre de définir face à quelle hauteur d'eau il faut lutter. La mise en place de batardeaux ne serait par exemple pas possible en cas de submersion importante.

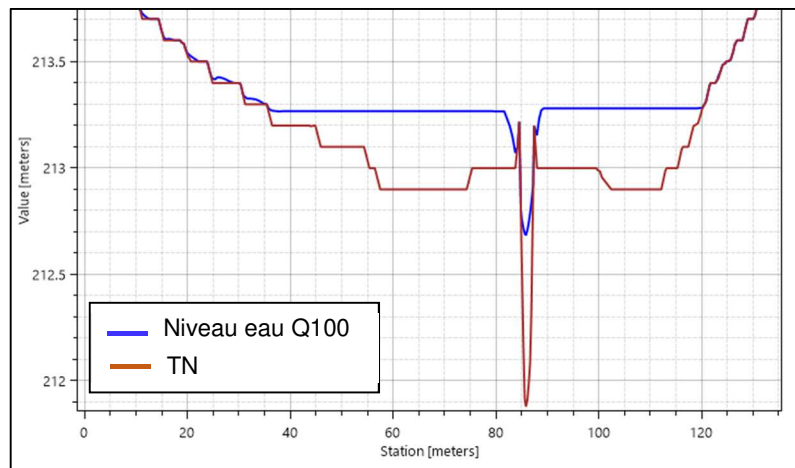
Figure 26 : Hauteurs d'eau sur un tronçon médian du Trémery



L'impact des ouvrages peut aussi être visualisé sur Hec-Ras. Si les ouvrages sont correctement dimensionnés, ils ne doivent pas présenter d'impact sur les écoulements. A l'inverse, si un ouvrage est mal dimensionné, une zone de rétention va apparaître en amont de l'ouvrage et l'ouvrage va potentiellement être saturé voir submergé. Sur les 16 ouvrages pris en compte dans la modélisation, 9 présentent un impact sur l'écoulement des crues. Parfois les ouvrages apparaissent comme sous dimensionnés, et d'autre fois ce sont plutôt les infrastructures routières associées aux ouvrages qui font un effet barrage sur les écoulements dans le lit majeur.

Quelques écoulements préférentiels apparaissent également dans les résultats de la modélisation. En effet, le profil du lit majeur présente au droit de plusieurs secteurs un point bas, qui pourrait être le trait d'une modification passée du tracé du cours d'eau. Ces écoulements ont lieu en parallèle du cours d'eau pour les crues rares et les vecteurs de vitesse des écoulements y sont non négligeables, mais les zones concernées ne présentent pas de réels enjeux.

Figure 27 : Profil en travers d'un secteur où le lit majeur présente des points bas (Hec ras)



Des zones d'expansion de crue naturelles du cours d'eau sont également identifiables sur le secteur de l'étude. Ce sont des zones où les débordements ont lieu relativement rapidement et où la vitesse des écoulements est faible, traduisant une stagnation des eaux.

Un secteur présente des écoulements ralentis, avec des vitesses d'écoulement faibles, même en période de crue et la pente du secteur est faible. Cette zone présente des problèmes d'envasement.

Les cartes des emprises d'inondation et de hauteurs d'eau sont présentées en annexe n°4.



## 5 Programme de travaux proposé

### 5.1 Problématiques soulevées lors du diagnostic

Les principales problématiques rencontrées au niveau du cours d'eau sont les suivantes :

- Le cours d'eau rencontre des problématiques d'envasement, en lien avec la faible pente du ruisseau et la prolifération végétale liée à l'absence ponctuelle de ripisylve.
- Localement, des inondations sont constatées de manière régulière.
- Le cours d'eau présente ponctuellement des milieux banalisés du fait du tracé rectiligne du cours d'eau.
- L'entretien de la ripisylve fait globalement défaut, entraînant la formation d'embâcle ponctuellement problématiques.
- Enfin, des obstacles à l'écoulement empêchent la libre circulation piscicole et sédimentaire, et sont problématiques vis-à-vis du bon écoulement des eaux : débordements et envasement.

### 5.2 Elaboration du programme de travaux

Après croisement des données issues des diagnostics hydromorphologique et hydraulique, un programme de travaux a été élaboré.

Pour chaque action proposée, des niveaux de priorité ont été définis afin de mettre en évidence les actions les plus importantes et les plus urgentes sur la base de variables :

- Le degré de faisabilité du projet, en fonction des contraintes locales et des ressources disponibles
- Le degré d'importance du projet vis-à-vis des biens faits écologiques (maintien du bon état de conservation des habitats naturels et des espèces présentes) et hydraulique (lutter contre les inondations).
- Le degré de facilité de mise en œuvre des actions, disponibilité des technologies, de moyens humains et des moyens financiers.
- Le degré d'action face à l'intérêt général

Sur la base de ces variables, chaque action a été classée par ordre de priorité :

**P1** : action de premier niveau de priorité (priorité 1), à réaliser rapidement

**P2** : actions de second niveau de priorité (priorité 2), à réaliser ultérieurement

**P3** : actions prioritaires sans distinctions de niveau de priorité

Le tableau suivant synthétise le programme de travaux retenu avec les priorités associées.

Tableau 14 : Liste des actions et niveau de priorité

<b>P1</b>	<b>Action A : Gestion du tracé rectiligne des cours d'eau</b>
	A1 - Reméandrage du cours d'eau
	A2 - Modification du tracé du cours d'eau
<b>P1</b>	<b>Action B : Gestion de la ripisylve</b>
	B1 - Entretien de la végétation
	B2 - Suppression de la ripisylve inadaptée
	B3 - Plantations de berge
<b>P1</b>	<b>Action C : Gestion de l'érosion</b>
	C1 - Protections de berges
<b>P2</b>	<b>Action D : Gestion du bétail</b>
	D1 - Mise en place de clôtures et abreuvoirs
<b>P3</b>	<b>Action E : Gestion des ouvrages</b>
	E1 - Modification d'ouvrage
	E2 - Suppression d'ouvrage
	E3 - Découverte du ruisseau
	E4 - Dérivation d'étang
<b>P2</b>	<b>Action F : Gestion des zones humides</b>
	F1 - Préservation des zones humides

La rédaction du programme de travaux comprend toutes les caractéristiques de chaque opération retenue :

- Objectifs de l'opération
- Secteurs concernés
- Consistance des travaux détaillée (Moyens, dimensions...)
- Profils en travers voir en long des aménagements (Schéma de principe fait sur autocad sur la base des relevés topographiques réalisés)
- Aspect réglementaire (Rubriques de la loi sur l'eau concernées, nécessité ou non de faire une déclaration d'intérêt général...)
- Bénéfices attendus
- Périodes de réalisation (Définies en fonction de la faisabilité technique et de l'Impact sur l'environnement)
- Chiffrage estimatif

Un exemple d'action détaillée est présenté en annexe n°5.

## 5.3 Actions retenues

### 5.3.1 Gestion du tracé rectiligne des cours d'eau

#### 5.3.1.1 *Reméandrage du cours d'eau*

Plusieurs secteurs présentent un tracé rectiligne. Dans les secteurs à pente importante, cela peut augmenter le risque d'inondation en aval et dans les secteurs à pente plus douce, cela peut favoriser l'envasement, en banalisant les écoulements. La modélisation hydraulique a permis de confirmer le ralentissement des écoulements au droit d'un secteur présentant peu de méandres. Les vitesses apparaissaient comme très faibles, tout comme la pente du ruisseau.

Reméandrer ces secteurs permettra de :

- Retrouver un tracé de cours d'eau plus naturel : Il s'agit de retrouver des écoulements plus variés, favoriser la régulation naturelle du régime d'écoulement ainsi que les fonctions hydrobiologiques du cours d'eau.
- Dissiper l'énergie du cours d'eau : Retrouver un tracé naturel permet d'allonger le linéaire du cours d'eau, diminuer la pente de celui-ci et ainsi diminuer l'énergie avec laquelle transite l'eau.

Concrètement, le tracé du lit mineur sera remodelé par des techniques de déblais/remblais pour retrouver un tracé plus sinueux.

Cette opération sera mise en place tout en conservant un cours d'eau homogène dans sa globalité. Pour cela, la pente du cours d'eau, les pentes de berge, le gabarit du lit mineur conserveront des dimensions cohérentes avec les portions en amont et en aval de la zone retravaillée.

La capacité hydraulique sera également adaptée pour permettre de conserver la continuité piscicole au débit d'étiage lorsque celui-ci est suffisant, et de ne pas augmenter les risques de débordement lors des crues.

La technique sera associée à une revégétalisation par ensemencement sur l'ensemble des surfaces travaillées et plantations en haut de berge afin d'assurer le maintien des berges retravaillées.

#### 5.3.1.2 *Modification du tracé du cours d'eau*

Le cours d'eau présente un virage brutal à 90° au niveau du tronçon TRE\_3. Les écoulements sont perturbés et ceci peut être une source d'érosion sur la berge sur laquelle le cours d'eau vient buter.

L'objectif de l'opération consiste à :

- Retrouver un tracé de cours d'eau plus naturel : Il s'agit de favoriser la régulation naturelle du régime d'écoulement.

- Dissiper l'énergie du cours d'eau : Retrouver un tracé naturel permet d'allonger le linéaire du cours d'eau, diminuer la pente de celui-ci et ainsi diminuer l'énergie avec laquelle transite l'eau.

Le lit mineur sera décalé par rapport au tracé actuel sur 150 m environ, plus au niveau d'une parcelle agricole en rive gauche de manière à recréer un angle plus doux et se rapprocher d'un tracé plus naturel. Le nouveau lit mineur sera déblayé et celui présent actuellement sera remblayé.

## 5.3.2 Gestion de la ripisylve

### 5.3.2.1 Entretien de la ripisylve

Plusieurs secteurs présentent une ripisylve en mauvais état.

Le traitement de la ripisylve doit répondre aux objectifs suivants :

- Assurer le bon écoulement des eaux en préservant le lit de l'invasissement par la végétation. En parallèle, il permet de limiter le risque de création d'embâcles (issus de la chute de végétation déperissante), qui peuvent accentuer les débordements et les inondations dans les traversées des communes et rompre la continuité écologique.
- Améliorer les capacités naturelles d'autoépuration du cours d'eau en maintenant une végétation rivulaire saine. La ripisylve permet d'épurer une partie des polluants contenus dans l'eau.
- Maintenir et/ou favoriser les fonctions biologiques et paysagères des berges, en conservant ou en améliorant la végétation des berges, la diversité des essences, des strates et des âges, ainsi que leur port (les abris sous frondaisons favorisent la vie aquatique et subaquatique). Les essences naturelles intéressantes et adaptées pour la faune et les paysages seront privilégiées.
- Favoriser une alternance de zones ombragées et de zones ensoleillées permettant de diversifier le milieu et de réduire le développement de la végétation dans le lit mineur.
- Limiter les risques d'érosion de berges en supprimant les embâcles et la végétation qui gênent l'écoulement des eaux et en supprimant les essences végétales inadaptées (arbres dont le système racinaire ne permet pas d'assurer une bonne stabilité de la berge),

Pour atteindre ces objectifs, les embâcles dans le cours d'eau sur des zones à enjeu seront retirés sélectivement. Les arbres et arbustes sur berge seront élagués s'ils constituent une gêne pour les écoulements ou s'ils sont vieillissants. Les rémanents végétaux et déchets seront évacués hors du site.

Les portions de cours d'eau situées dans des milieux boisés sans enjeux ne feront pas l'objet d'un traitement de la ripisylve. En effet, les embâcles dynamisent les écoulements (seuils naturels) assurant l'oxygénation du milieu, favorable à la faune aquatique. Ils permettent également le ralentissement des écoulements vers l'aval par débordements localisés dans le lit majeur.

### 5.3.2.2 *Suppression de la ripisylve inadaptée*

Les peupliers ou résineux en bordure de cours d'eau sont considérés comme des espèces inadaptées. Leur présence entraîne de nombreux problèmes :

- Risque paysager : banalise et ferme les perspectives des bords de cours d'eau et les fonds de vallées
- Risque physique : enracinement superficiel, port élevé et forte prise au vent ; le peuplier est très sensible au déchaussement et à la casse. Il provoque la formation d'embâcles, déstabilisent les berges et gênent les écoulements
- Risque pour la qualité de l'eau : la capacité épuratoire de l'alignement des peupliers est inférieure à celle d'une ripisylve diversifiée. De plus leurs feuilles sont difficilement dégradables, elles accentuent le colmatage et l'envasement du fond du cours d'eau et peuvent perturber la vie aquatique.
- Risque pour l'équilibre biologique : ils limitent la diversité floristique locale.

L'objectif ici est d'abattre les peupliers ou résineux présents en bordure de cours d'eau pour rétablir un fonctionnement et une diversité écologique intéressante sur le cours d'eau. L'abattage de ces arbres se fera au cas par cas, leur présence pouvant être bénéfique à l'avifaune.

### 5.3.2.3 *Plantations de berges*

La végétation rivulaire a de nombreux effets positifs :

- Ombrage du cours d'eau et donc limitation de l'élévation de la température et du phénomène d'eutrophisation
- Maintien des berges instables
- Création d'une ligne verte repérable dans le paysage
- Création d'habitats pour la faune et la flore
- Amélioration des capacités naturelles d'auto-épuration du cours d'eau
- Augmentation de l'effet tampon du cours d'eau permettant de diminuer les risques d'inondations en aval

Des arbustes et arbres seront donc plantés sur les secteurs dépourvus de végétation, tout en créant une ripisylve variée et équilibrée, avec plusieurs essences adaptées au milieu (Aulne glutineux, Frêne commun, Saule blanc, Cornouiller sanguin, Sureau noir...). Une plantation en bosquets permettra de laisser quelques trous de végétation pour ne pas fermer complètement le milieu.

### 5.3.3 Gestion de l'érosion

#### 5.3.3.1 Protections de berge

En aval immédiat de la RD1 à Ay-sur-Moselle, une riveraine rencontre des problèmes d'érosion de berge malgré des renforcements réalisés sur les berges tels que des blocs et des plaques. Ce type d'aménagement est la forme ultime de la banalisation du milieu.

L'objectif est de supprimer les protections inadaptées et de les remplacer par des protections de berge en génie végétal de manière à garantir une continuité écologique et une diversité des faciès d'écoulement. Le génie végétal, proposé dans cette étude, utilise les fonctionnalités des berges naturellement stables.

Ces techniques permettent :

- D'augmenter la cohésion de la berge à l'aide d'un système racinaire,
- De diminuer les contraintes hydrauliques contre la berge par protection de la partie aérienne de la berge,
- De dissiper l'énergie du flux par effet peigne de la partie aérienne de la berge.

La berge sera reconstituée par retalutage en pente douce et protégée par fascine d'hélophytes.

Ce type de fascine consiste en une stabilisation du pied de berge au moyen de boudins de géotextile remplis de matériaux terreux maintenus le long de la berge au moyen d'agrafes. Cet aménagement est planté d'hélophytes afin de le stabiliser et apporter de la diversité d'habitats. Cette solution présente l'avantage d'être efficace dès sa mise en place et facile à adapter en fonction des irrégularités du site. De plus, la force d'arrachement étant faible au droit de ce secteur, il n'y a pas de nécessité de mettre en place une technique plus lourde qui aurait recouru à du génie civil.

L'érosion des cours d'eau étant un processus naturel, elle sera traitée uniquement sur les secteurs à enjeu (secteur urbanisé, bordure de route...).

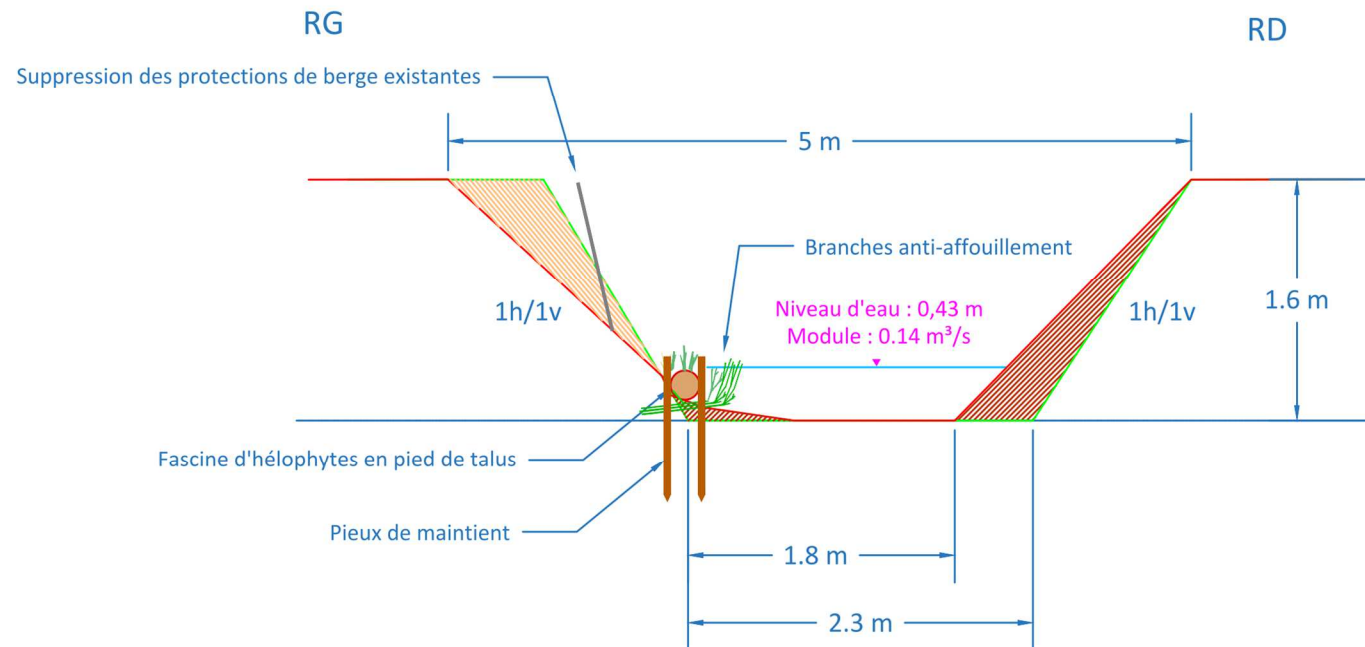
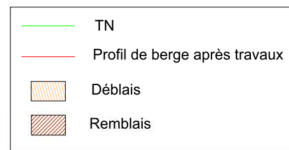


Figure 28: Profil de la protection de berge

### 5.3.4 Gestion du bétail

#### 5.3.4.1 Mise en place de clôtures et abreuvoirs

La gestion du bétail consiste à préserver les cours d'eau de l'impact du bétail : piétinement des berges, réchauffement des eaux, dégradation de la qualité du cours d'eau, colmatage des fonds, régénération naturelle des boisements de berge...

Pour cela, des clôtures et abreuvoirs de type pompe à nez seront mis en place sur un secteur où ces problématiques ont été observées. La pompe à museau est alimentée par un tuyau en PVC fermé par une crépine immergée dans la rivière. Elle est actionnée mécaniquement par le museau de l'animal. Il n'y a pas de contact entre le cours d'eau et le bétail.

Cela permettra d'empêcher les animaux d'accéder directement au cours d'eau.

### 5.3.5 Gestion des ouvrages

#### 5.3.5.1 Modification d'ouvrage

Le but de l'opération est d'intervenir sur les ouvrages de franchissement qui, par leur mauvais calage, créent une rupture de la continuité écologique. De plus, la faible rugosité des ouvrages béton, et le manque de lumière limitent le franchissement de la faune piscicole.

L'opération consiste à remplacer l'ouvrage de franchissement par un ouvrage adapté dont le calage permet le franchissement.

Le remplacement et le redimensionnement d'un ouvrage s'applique lorsque l'utilité de l'ouvrage est avérée.

Un ouvrage de franchissement de la RD 55 présente un problème de calage. Il est constitué de deux buses béton de diamètres 400 et 500 mm de 10 m de long dont les hauteurs de chute sont de 90 et 65 cm.

Le remplacement de l'ouvrage par un ouvrage cadre a été retenu et dimensionné en respectant les préconisations du Guide SETRA « Petits ouvrages hydrauliques et continuité écologiques ».

Le nouvel ouvrage sera un dalot béton de 1 m de haut pour 1,5 m de large.

L'ouvrage comme dimensionné ne fera pas obstacle à l'écoulement des eaux ni à la continuité écologique, l'ouvrage sera enfoui de 30 cm par rapport au fond du lit pour assurer la continuité écologique et reconstituer un lit naturel à l'intérieur de l'ouvrage. Il a été dimensionné de manière à faire transiter la totalité du débit centennal, sans débordement et assurer un tirant d'air compris entre supérieur à 20%.

Un chenal sera créé dans le fond des ouvrages (section triangulaire) pour faire transiter la totalité du débit module.

L'aménagement a été dimensionné de manière à assurer au maximum un éclaircissement naturel (tirant d'air suffisant). Le dimensionnement de l'ouvrage permettra de préserver le libre écoulement des eaux sans aggraver les risques pour la sécurité des biens et des personnes en amont et en aval.



#### 5.3.5.2 *Suppression d'ouvrage*

La continuité écologique des milieux aquatiques se définit par des possibilités de déplacements des organismes vivants ainsi que le transport des sédiments. La présence d'ouvrages infranchissables pour la faune piscicole et empêchant le bon transport des sédiments est un frein à l'atteinte du bon état des masses d'eau. L'effacement des ouvrages hydrauliques jugés problématiques permettra de restaurer la continuité écologique perdue et de supprimer totalement les impacts sur l'hydromorphologie et l'écologie du cours d'eau.

Un dalot béton constitué de deux sections carrées de 20 cm a un effet barrage sur l'écoulement. De plus, il ne présente aucun usage.

L'ouvrage sera donc retiré, le cours d'eau sera remis à ciel ouvert sur ce secteur et le fond du lit et les berges seront retalutés en pente douce.

#### 5.3.5.3 *Découverte du ruisseau*

La présence de couverture de cours d'eau sur de longs linéaires entraîne une disparition complète des habitats, des faciès d'écoulement, de la ripisylve et des relations entre nappe et berges ainsi qu'une modification du transport des sédiments.

De plus, l'absence de luminosité présente d'importants problèmes vis-à-vis du franchissement piscicole. La continuité écologique est alors totalement interrompue, ce qui ne permet pas l'atteinte du bon état des masses d'eau.

La remise à ciel ouvert d'un cours d'eau permet de restaurer la continuité écologique perdue et de diminuer fortement les impacts de l'ouvrage sur l'hydromorphologie, l'écologie et l'hydraulique du cours d'eau.

La découverte de ces milieux va induire un bénéfice écologique et hydraulique non négligeable mais peut engendrer des contraintes techniques, financières et foncières importantes.

Dans certain cas, la « non intervention » sera préférée dans ces secteurs contraints et une renaturation plus douce sera préférée sur le reste du linéaire (plantation, entretien de la ripisylve, renaturation en génie végétal...).

L'affluent du Flévy est couvert dans la traversé urbaine de Chelaincourt sur 175 m environ. Le cours d'eau passe sous des voiries, des trottoirs et des habitations puis sous un terrain cultivé.

La découverte du cours d'eau nécessiterait de réaliser un contournement des habitations, de conserver des accès aux habitations (nombreux ouvrages) et une réfection de la voirie.

Les contraintes techniques, financières et foncières sont ici particulièrement importantes.

En conséquence, ces travaux ne sont pas retenus dans le cadre des propositions d'aménagements au droit du hameau de Chelaincourt.

Cependant, il est possible de réaliser plus simplement la découverte du cours d'eau en aval du hameau, sur 65 m.

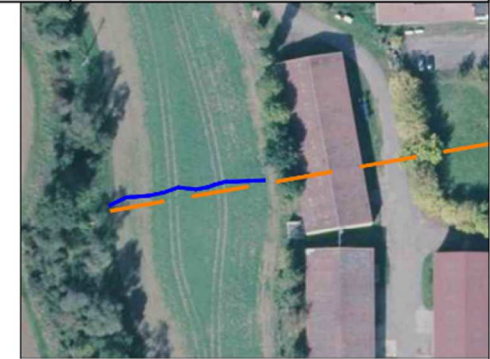
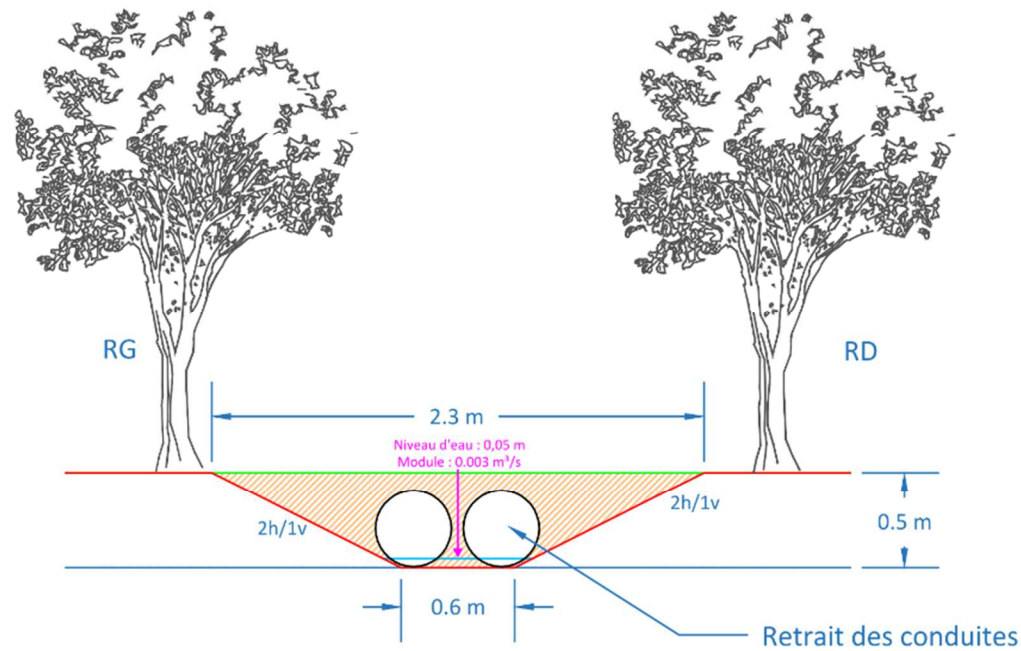
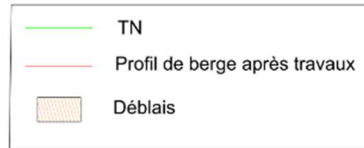


Figure 29 : Profil du ruisseau découvert

#### 5.3.5.4 *Dérivation d'étang*

Un étang en barrage est présent sur le secteur d'étude et fait obstacle à la continuité écologique. Mettre en dérivation cet étang permettrait de rétablir la continuité écologique au droit de ce secteur. Cet ouvrage présente une autorisation administrative et le propriétaire ne souhaite pas aménager l'étang. Par conséquent, sans l'accord du propriétaire, aucune intervention n'est proposée.

### 5.3.6 **Gestion des Zones Humides**

#### 5.3.6.1 *Préservation des zones humides*

Les zones humides sont des espaces de transition entre la terre et l'eau, qui remplissent diverses fonctions leur conférant des valeurs biologiques, hydrologiques, économiques et sociologiques remarquables.

Leur principale caractéristique est leur diversité. De nombreuses espèces animales et végétales y sont inféodées. Ces zones participent également à la régulation du débit du cours d'eau (atténuation des crues, soutien d'étiage...).

Dans un premier temps, il est proposé de mener une étude sur ces zones afin de confirmer ou d'infirmer leur identification en tant que zone humide à partir de critères pédologiques (étude des sols) et floristiques (inventaire). Cette étude permet de délimiter précisément ces zones et d'en déterminer les surfaces.

Dans un second temps, si la présence de zone humide est avérée, il est proposé une acquisition foncière de ces zones par la collectivité, afin de les protéger de l'artificialisation des sols et de la valorisation agricole, mais aussi d'éviter toutes constructions ou activités sur ces secteurs.

La mise en place de clôtures pourra également être réalisée pour éviter toutes détériorations par l'usage direct de ces zones par le public.

## 5.3.7 Gestion des problèmes hydrauliques

### 5.3.7.1 *Écoulements ralentis*

Comme vu précédemment, le reméandrage de plusieurs portions de cours d'eau permettra de redynamiser les écoulements au droit des secteurs qui présentent un tracé rectiligne et des écoulements banalisés.

### 5.3.7.2 *Inondations*

La modélisation hydraulique a permis d'identifier les zones d'inondation. La construction du lotissement en bordure de cours d'eau à Trémery pourra donc prendre en compte cet élément et le projet sera modifié ou déplacé.

Pour ce qui est des habitations qui rencontrent des problèmes d'inondation, il n'y aura pas d'intervention spécifique programmée dans la mesure où les inondations sont très ponctuelles (Deux maisons et un bâtiment sont atteints). La mise en place d'une zone d'expansion de crue pour écrêter les crues peut être envisagée mais n'a pas encore été étudiée. En complément, les habitations concernées par le problème peuvent installer des batardeaux pour se protéger des inondations.

## 5.4 Chiffrage des travaux

Le chiffrage réalisé lors de la phase de proposition d'un programme de travaux est un chiffrage approximatif, réalisé sur la base des données disponibles à ce stade de l'étude (relevés topographiques, données de terrain...). C'est un chiffrage qui sera affiné lors des phases suivantes de l'étude mais qui permet de visualiser l'ampleur financière approximative du projet. Le détail du chiffrage par action est détaillé ci-dessous et classé par ordre de priorité.

<b>P1</b>	HT
A1 – Diversification des écoulements - déblais - remblais	302 710,00 €
A2 – Modification du tracé du cours d'eau	55 700,00 €
B1 – Entretien de la végétation	129 800,00 €
B2 – Suppression de la ripisylve inadaptée	7 500,00 €
B3 – Plantations de berge	1 200,00 €
C1 – Protections de berge	12 500,00 €
<b>Total</b>	<b>509 410,00 €</b>

<b>P2</b>	
D1 – Mise en place de clôtures et abreuvoirs	5 300,00 €
F1 – Préservation des zones humides	2 000,00 €
<b>Total</b>	<b>7 300,00 €</b>

<b>P3</b>	
E1 – Remplacement d'ouvrage	19 280,00 €
E2 – Effacement d'ouvrage	800,00 €
E3 – Découverte du ruisseau	6 500,00 €
E4 – Dérivation d'étang	20 950,00 €
<b>Total</b>	<b>26 580,00 €</b>

<b>Frais supplémentaires</b>	
Frais de préparation	11 470,00 €
Divers et imprévus (10%)	55 476,00 €
<b>Total</b>	<b>66 946,00 €</b>

<b>P1+P2+P3</b>	
<b>Total (P1+P2+P3)</b>	<b>610 236,00 €</b>

L'opération la plus coûteuse est le reméandrage de cours d'eau, avec 302 710,00 €HT. Cette action est prévue sur plusieurs secteurs et sur un long linéaire. Elle représente également des travaux plutôt conséquents, ce qui explique le coût élevé de l'opération.

Le coût global des travaux s'élève à 610 236,00€HT. Ce coût pourra être réduit si la Communauté de Communes décide de ne pas retenir toutes les actions de restauration proposées.

## 6 Etude au stade avant-projet

Lors de la phase d'étude au stade avant-projet, les actions retenues par la Communauté de Communes seront affinées.

De nouveaux éléments pourront être pris en compte pour dimensionner et chiffrer de manière plus précise les aménagements, tels que des relevés topographiques complémentaires et l'implantation des réseaux obtenue après envoi des DT.

Un bilan foncier sera également réalisée pour déterminer quels sont les propriétaires concernés par les opérations. Cela permet de prévenir les propriétaires concernés, de déterminer s'il faut entamer des négociations foncières et si une Déclaration d'Utilité Publique sera à faire. Une DUP est une procédure qui permet de réaliser une opération sur un terrain privé à la suite d'une expropriation dans le cas où aucun accord n'a été trouvé avec le propriétaire et que l'opération présente une utilité publique.

Le phasage des travaux sera aussi précisé, en accord avec le maître d'ouvrage. Ce phasage prend en compte plusieurs critères :

- Le financement
- Les périodes propices à la réalisation des travaux en termes de niveau d'eau et d'impact sur l'environnement notamment
- La cohérence du projet, avec souvent une réalisation des travaux d'amont en aval pour ne pas générer de dysfonctionnements majeurs
- La nature des travaux, pour faciliter les travaux en réalisant les travaux de même nature de manière regroupée

Les subventions possibles seront également envisagées. L'AERM finance en partie les projets ciblés sur les priorités de l'eau et des milieux aquatiques, nécessaires à l'atteinte des objectifs environnementaux fixés dans le plan de gestion des eaux du bassin Rhin-Meuse. La Région est également un financeur de projets du type restauration de rivière, qui ont un impact positif sur l'environnement.

À la suite de cette phase d'avant-projet, l'étude au stade PRO sera menée puis les dossiers réglementaires pourront être rédigés, notamment le dossier loi sur l'eau et la déclaration d'intérêt général.

Le dossier loi sur l'eau permet aux services instructeurs d'estimer si des travaux dans le lit mineur ou le lit majeur d'un cours d'eau ont un impact sur le milieu naturel et dans le cas positif, de déterminer si les mesures compensatoires prévues sont à la hauteur de l'impact.

La déclaration d'intérêt général est une procédure qui vise à ce que les services publics puissent intervenir sur le domaine du privé. Dans le cas des restaurations de cours d'eau, cette procédure est notamment utilisée pour réaliser le traitement de végétation en bordure de cours d'eau chez les particuliers.

## Conclusion

La Communauté de Communes Rives de Moselle a souhaité faire réaliser une étude environnementale et hydraulique sur le ruisseau de Trémery et ses affluents pour améliorer le fonctionnement du bassin versant du ruisseau. Ce sont des problématiques d'inondation d'envasement et la politique d'atteinte du bon état des masses d'eau qui ont mené cette intercommunalité à lancer ce projet. Le Trémery se rejette dans la Moselle, après un parcours de 6,4 km, au cours duquel il rencontre plusieurs affluents, dont le principal, le Flévy. Le linéaire d'étude total est ainsi de 17,4 km.

Deux phases principales ont eu lieu dans le cadre du début de cette étude, le diagnostic environnemental et hydraulique et la proposition d'un programme de travaux. Préalablement au diagnostic, un recueil des données disponibles a été fait pour cerner au mieux la zone d'étude d'un point de vue réglementaire, géologique, écologique, humain etc. Pour réaliser le diagnostic, une visite de terrain a eu lieu pour relever toutes les caractéristiques du cours d'eau, sur chaque tronçon issu du découpage cohérent du linéaire d'étude. Sur cette base, une analyse des données recueillies a été faite pour déterminer plus précisément l'état du cours d'eau.

Globalement, le ruisseau est implanté dans un lit majeur naturel, avec des milieux boisés, des prairies, et plusieurs zones humides, comme le traduit la note de qualité excellente obtenue sur le lit majeur avec le logiciel Qualphy sur la majorité des tronçons. Les berges du cours d'eau sont stables, ce qui est également confirmé par Qualphy, même si très localement, les berges sont piétinées par le bétail. La ripisylve fait aussi l'objet d'un défaut d'entretien assez généralisé. La présence d'embâcles, d'ouvrages transversaux infranchissables et le tracé rectiligne de plusieurs secteurs font du ruisseau de Trémery un cours d'eau avec des problématiques d'envasement et d'écoulements plutôt uniformes.

Le bassin versant global de l'étude présente une surface de 1704 ha. L'étude hydrologique du bassin versant a été réalisée notamment à l'aide du logiciel Mike Urban. Des courbes de débit ont ainsi été obtenues. Les débits de pointe de ces courbes permettent de visualiser en partie l'ampleur des écoulements. Pour la crue de période de retour 5 ans, le débit de pointe cumulé est de 3,42 m<sup>3</sup>/s et il est de 15,2 m<sup>3</sup>/s pour la crue centennale.

La dynamique du cours d'eau a aussi été évaluée au droit de chaque tronçon. Les puissances spécifiques des différents secteurs sont comprises entre 27 W/m<sup>2</sup> et 237 W/m<sup>2</sup>, soit des dynamiques variant de faibles à fortes. Le transport sédimentaire est quant à lui faible sur l'ensemble du cours d'eau. La force tractrice est comprise entre 26 N/m<sup>2</sup> et 113 N/m<sup>2</sup>, traduisant une friction faible à moyenne entre les écoulements et les berges. Ainsi, les techniques de restauration sont à adapter à chaque secteur et des mesures d'accompagnement sont localement nécessaires pour envisager une restauration du milieu pérenne.

Les inondations ont fait l'objet d'une modélisation 2D avec le logiciel Hec-Ras. L'emprise des inondations a été représentée pour les périodes de retour quinquennale, décennale, cinquantennale, centennale et exceptionnelle (Q100+30%). Les inondations pouvant survenir au droit de zones à enjeu, notamment les habitations ont été ciblées et prise en compte pour l'élaboration du programme de travaux. Les hauteurs d'eau ont aussi été déterminées pour permettre d'appréhender au mieux l'ampleur des inondations.



C'est sur la base des dysfonctionnements constatés qu'a été établi le programme de travaux. Le tracé rectiligne de la rivière et la banalisation des écoulements seront améliorés par le reméandrage de plusieurs secteurs. La ripisylve fera l'objet d'une gestion raisonnée avec du traitement et des plantations dans les zones dépourvues de végétation. La problématique de piétinement local des berges sera résolu à l'aide de la mise en place de clôtures et abreuvoirs pour le bétail. Les ouvrages hydrauliques problématiques seront supprimés ou remplacés par des ouvrages adaptés. Par ailleurs, des protections de berge en génie végétal ont été prévues pour un secteur où l'érosion est active et problématique. Enfin, les zones humides identifiées feront l'objet d'un programme de préservation pour maintenir les bénéfices qu'elles apportent au milieu. Le programme de travaux global a été chiffré à 610000,00 €HT.

Le projet se poursuivra avec les phases d'avant-projet et de PRO. La Communauté de Communes et le comité de pilotage devront valider les opérations proposées, le programme de travaux sera affiné et le projet validé par les services instructeurs. Une mission de maîtrise d'œuvre sera ensuite réalisée afin d'assister la collectivité dans le recrutement d'une entreprise spécialisée en travaux sur rivière et assurer le suivi de chantier. C'est ensuite lors de la phase de suivi des travaux de restauration que pourront être évalués les bénéfices et l'efficacité de la restauration du ruisseau de Trémery et de ses affluents.

# Bibliographie

- [1] : 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. *Journal officiel* [en ligne]. 22 décembre 2000 [consulté le 20 janvier 2021]. Disponible sur Légifrance à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000330631>
- [2] : Article L215-7-1 du Code de l'Environnement relatif à la définition d'un cours d'eau. *Journal officiel* [en ligne]. 8 août 2016 [consulté le 20 janvier 2021]. Disponible sur Légifrance à l'adresse : [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article\\_lc/LEGIARTI0000033029680?isSuggest=true](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI0000033029680?isSuggest=true)
- [3] : GAUTIER, Emmanuèle, Hervé PIEGAY et Patrick BERTAINA. A methodological approach of fluvial dynamics oriented towards hydrosystem management: case study of the Loire and Allier rivers. *Geodinamica Acta*. 2000, vol. 13, pp. 29-43.
- [4] : MELLY, Brigitte, Denis SHAEL et Phumelele GAMA. Perched wetlands: An explanation to wetland formation in semi-arid areas. *Journal of Arid Environments*. 2017, vol. 141, pp. 34-39.
- [5] : RECKING, Alain. *Éléments de géomorphologie fluviale : Cahier 2 : La granulométrie des cours d'eau (et sa mesure)*. IRSTEA, 2017.
- [6] : ZEN, Simone et Paolo PERONA. Biomorphodynamics of river banks in vegetated channels with self-formed width. *Advances in water resources*. 2020, vol. 135, pp. 103488.
- [7] : TOLKKINEN, Mari et Al. Streams and riparian forests depend on each other: A review with a special focus on microbes. *Forest Ecology and Management*. 2020, vol. 462, pp. 117962.
- [8] : DUNEA, Daniel et Al. Effects of riparian vegetation on evapotranspiration processes and water quality of small plain streams. *Ecohydrology & Hydrobiology* [en ligne]. 2021. [consulté le 22 janvier 2021] Consultable à l'adresse : <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2021.02.004>
- [9] : BARTH, Nina Christin et Petra DOLI. Assessing the ecosystem service flood protection of a riparian forest by applying a cascade approach. *Ecosystem Services*. 2016, vol. 21, part A, pp. 39-52.
- [10] : HAVET, Noémi. *Guide pour la restauration des ripisylves*. Centre Régional de la Propriété Forestière Nord Pas-de-Calais Picardie, 2012.
- [11] : RONDEUX, Jacques, dir. *Guide d'entretien des ripisylves*. Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux, 2007.
- [12] : Loi sur l'eau du 3 janvier 1992. *Journal officiel* [en ligne]. 4 janvier 1992 [consulté le 20 janvier 2021]. Disponible sur Légifrance à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000173995>
- [13] : RALEIGH, Sophie et Nathalie MELCION. *Préserver les zones humides pour faire face au changement climatique*. Conservatoire d'Espaces Naturels. 2019.
- [14] : MONNOYER-SMITH, Laurence, dir. *La séquestration du carbone par les écosystèmes en France*. Paris : Direction de l'information légale et administrative, 2019.
- [15] : WU, Yanfeng et Al. On how wetlands can provide flood resilience in a large river basin: A case study in Nenjiang river basin, China. *Journal of Hydrology*. 2020, vol. 587, pp. 125012.
- [16] : VERSACI, Rosa et Al. River anthropization : case studies in Reggio Calabria, Italy. *Transactions on Ecology and the Environment*. 2018, vol. 217, pp. 903-912.
- [17] : WASSON, Jean-Gabriel et Al. *Impacts écologiques de la chenalisation des rivières*. Lyon : CEMAGREF, 2018. Etudes-CEMAGREF.
- [18] : GOUY, Véronique. *Transferts hydriques superficiels des substances phytosanitaires utilisées en agriculture : dynamique de mobilisation, atténuation possible et impact sur les cours d'eau* [en ligne]. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'habilitation à diriger des recherches : Université Claude Bernard Lyon 1 : 2012. [consulté le 5 mars

2021]. Disponible sur le site du Centre pour la Communication Scientifique Directe à l'adresse : <https://hal.inrae.fr/tel-02598136>

[19] : KOSMALA, Anne. *Evaluation écotoxicologique de l'impact des effluents de stations d'épuration sur les cours d'eau : intérêt d'une approche intégrée* [en ligne]. Thèse doctorat : Ecotoxicologie et Environnement : Université de Metz : 1998. [consulté le 5 mars 2021]. Disponible sur le site du Centre pour la Communication Scientifique Directe à l'adresse : <https://hal.inrae.fr/tel-02577506>

[20] : ESTEBE, Alexandrine et Al. Urban runoff impacts on particulate metal and hydrocarbon concentrations in river Seine: Suspended solid and sediment transport. *Water Science and Technology*. 1997, vol. 36, pp.185-193.

[21] : KREUTZENBERGER, Karl et Al. *Référentiel des Obstacles à l'Écoulement (ROE)*. EauFrance.2014, version 6.0.

[22] : VANDERHOEVEN, Sonia et Al. *Les espèces exotiques envahissantes*. Faculté universitaires des Sciences agronomiques de Gembloux. 2006.

[23] : Les espèces exotiques envahissantes. In : uicn.fr [en ligne]. [consulté le 10 mars 2021]. Disponible à l'adresse : <https://uicn.fr/especes-exotiques-envahissantes/>

[24] : DUTARTE, Alain, Emilie MAZAUBERT et Nicolas Poulet. *Comment gérer les espèces exotiques envahissantes*. Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement. 2012, numéro 6, pp.18-25.

[25] : Loi n°2006-1772 du 30 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques. *Journal officiel* [en ligne].31 décembre 2006 [consulté le 20 janvier 2021]. Disponible sur Légifrance à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000649171>

[26] : Loi n°64-1245 du 16 décembre 1964 relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre leur pollution. *Journal officiel* [en ligne].18 décembre 1964 [consulté le 20 janvier 2021]. Disponible sur Légifrance à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000509753>

[27] : Loi n°92-3 du 3 janvier 1992 relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre leur pollution. *Journal officiel* [en ligne].4 janvier 1992 [consulté le 20 janvier 2021]. Disponible sur Légifrance à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000173995>

[28] : Loi n°2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement (1). *Journal officiel* [en ligne].5 août 2009 [consulté le 20 janvier 2021]. Disponible sur Légifrance à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000020949548>

[29] : Loi n°2012-557 du 24 avril 2012 relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre leur pollution. *Journal officiel* [en ligne].26 avril 2012 [consulté le 20 janvier 2021]. Disponible sur Légifrance à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000025746900>

[30] : Les six agences de l'eau. In : lesagencesdeleau.fr [en ligne]. [consulté le 20 février 2021]. Disponible à l'adresse : <http://www.lesagencesdeleau.fr/les-agences-de-leau/les-six-agences-de-leau-francaises/>

[31] : Qu'est-ce qu'un SDAGE. In : gesteau.fr [en ligne]. [consulté le 20 février 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.gesteau.fr/presentation/sdage>

[32] : GRAINDORGE, Joël. *Mettre en œuvre la GEMAPI*. Paris : Territorial Editions, 2017. Dossier d'experts.

[33] : CRISTOFOLI, Sara et Grégory Mahy. *Restauration écologique : contexte, contraintes et indicateurs de suivi*. Faculté universitaires des Sciences agronomiques de Gembloux. 2010.

[34] : PIERRON, Florent et David MONNIER. *Restauration physique des cours d'eau dans le nord-est de la France*. Conseil supérieur de la pêche, 2005.

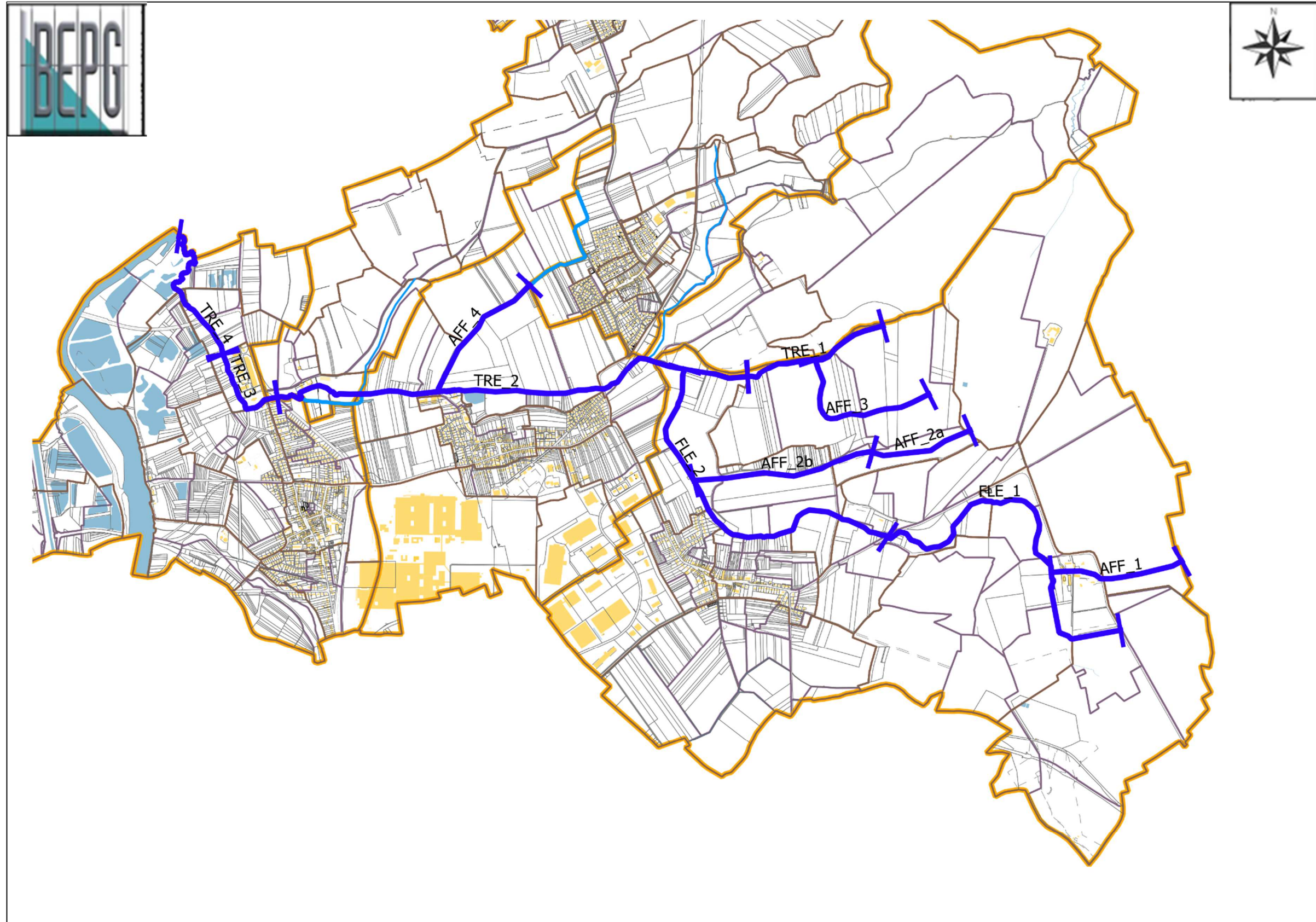
[35] : ADAM, Philippe et Al. *Le génie végétal*. Paris : Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire, 2008. La documentation française.

[36] : HELGARD, Zeh. *Méthodes de construction du génie biologique*. Office fédéral des eaux et de la géologie, 2000.

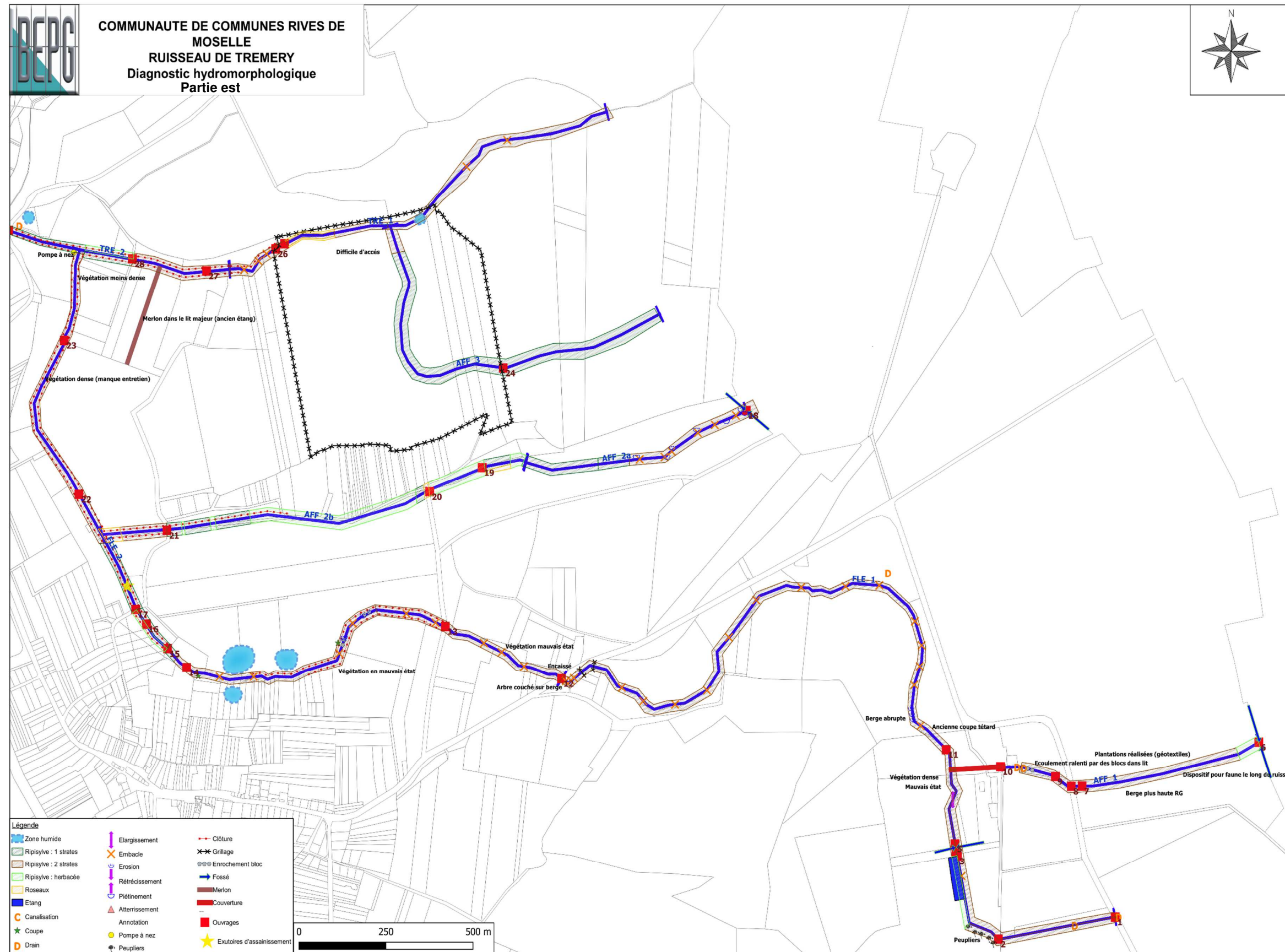
- [37] : ADAM, Philippe et Nicolas DEBLAIS. *Manuel de restauration morphologique des cours d'eau*. Agence de l'eau Seine-Normandie, 2007.
- [38] : COMOLLI, Michael. *Synthèse de l'évolution de la population piscicole de salmo salar L., en vue de dégager les mesures entreprises sur le bassin hydrographique du Rhin pour son retour, tout en identifiant les facteurs environnementaux limitant ce dernier*. Mémoire de master de Géographie environnementale : Faculté de Géographie et d'Aménagement de Strasbourg : 2015.
- [39] : VIBERT, R. *Les techniques d'échantillonnage des populations de poissons d'eau douce*. Paris : Société Nationale de Protection de la nature et d'acclimatation de France, 1963. La Terre et la vie.
- [40] : PONT, Didier et Al. *Programme IPR+*. IRSTEA, 2017.
- [41] : LARINIER, M., D. COURRET et P. GOMES. *Guide technique pour la conception des passes « naturelles »*. Agence de l'eau Ardour Garonne, 2006.
- [42] : COLLETTE, Olivier et Al. *La ripisylve*. PEFC Belgique, 2018.
- [43] : PRACH, Karel et Al. A primer on choosing goals and indicators to evaluate ecological restoration success. *Restoration Ecology*. 2019, vol.27, pp. 917-923.
- [44] : KAISER, Nina, Christian FELD et Stefan STOLL. Does river restoration increase ecosystem services? *Ecosystem services*. 2020, vol.46, pp.101206.
- [45] : STAENTZELL, Cybill et Al. Effects of a river restoration project along the Old Rhine River (France-Germany): Response of macroinvertebrate communities. *Ecological Engineering*. 2019, vol.127, pp.114-124.
- [46] : SIMONET, François. *Le nouveau système d'évaluation de la qualité de l'eau des rivières : le SEQ-eau*. Agence de l'eau Ardour-Garonne, 2001.
- [47] : DELL'UOMO, Antonio, Antonella PENSIERI et Daniela CORRADETTI. Diatomées epilithiques du fleuve Esino (Italie centrale) et leur utilisation pour l'évaluation de la qualité biologique de l'eau. *Cryptogamie*. 1999, vol.20, pp.253-269.
- [48] : SCHNEIDER, Susan. Macrophyte trophic indicator values from a European perspective. *Limnologia*. 2007, vol.37, pp.281-289.
- [49] : VIVIEN, Régis, Michel LAFONT et Benoît Ferrari. Utilisation des communautés d'oligochètes pour l'évaluation de la qualité biologique et du fonctionnement des cours d'eau. *Archives des Sciences*. 2015, vol.68, pp.105-116.
- [50] : HEIDMANN, François, dir. *Typologie des cours d'eau*. Agence de l'eau Rhin-Meuse, 1997.
- [51] : SELMI, Béchir, Marc SATIN et Régis BOURRIER. *Guide technique de l'assainissement*. Paris : Editions du moniteur, 2017. Référence technique.
- [52] : BERTHEAUD, Pascal, dir. *La ville et son assainissement*. CERTU, 2003.
- [53] : CHOCAT, Bernard, Serge THIBAUT et Monique ZIMMERMANN. Etude comparative des résultats fournis par la méthode de Caquot et le modèle du réservoir linéaire. *Techniques et sciences municipales*. 1981, pp.417-423.
- [54] : SERRAT, Pierre. Dynamique sédimentaire actuelle d'un système fluvial méditerranéen : l'Agly (France). *Sciences de la Terre et des planètes*. 1999, vol.329, pp.189-196.
- [55] : MALAVOI, Jean-René et Philippe ADAM. Préservation et restauration physique des cours d'eau. *TSM*. 2007, vol.2.
- [56] : GUILBOT, A. Etude de l'évolution de la qualité des eaux de rivière. *Water Res.*1982, vol.16, pp.1173-1192.

## Annexes

Annexe n°1 : Découpage en tronçons homogènes

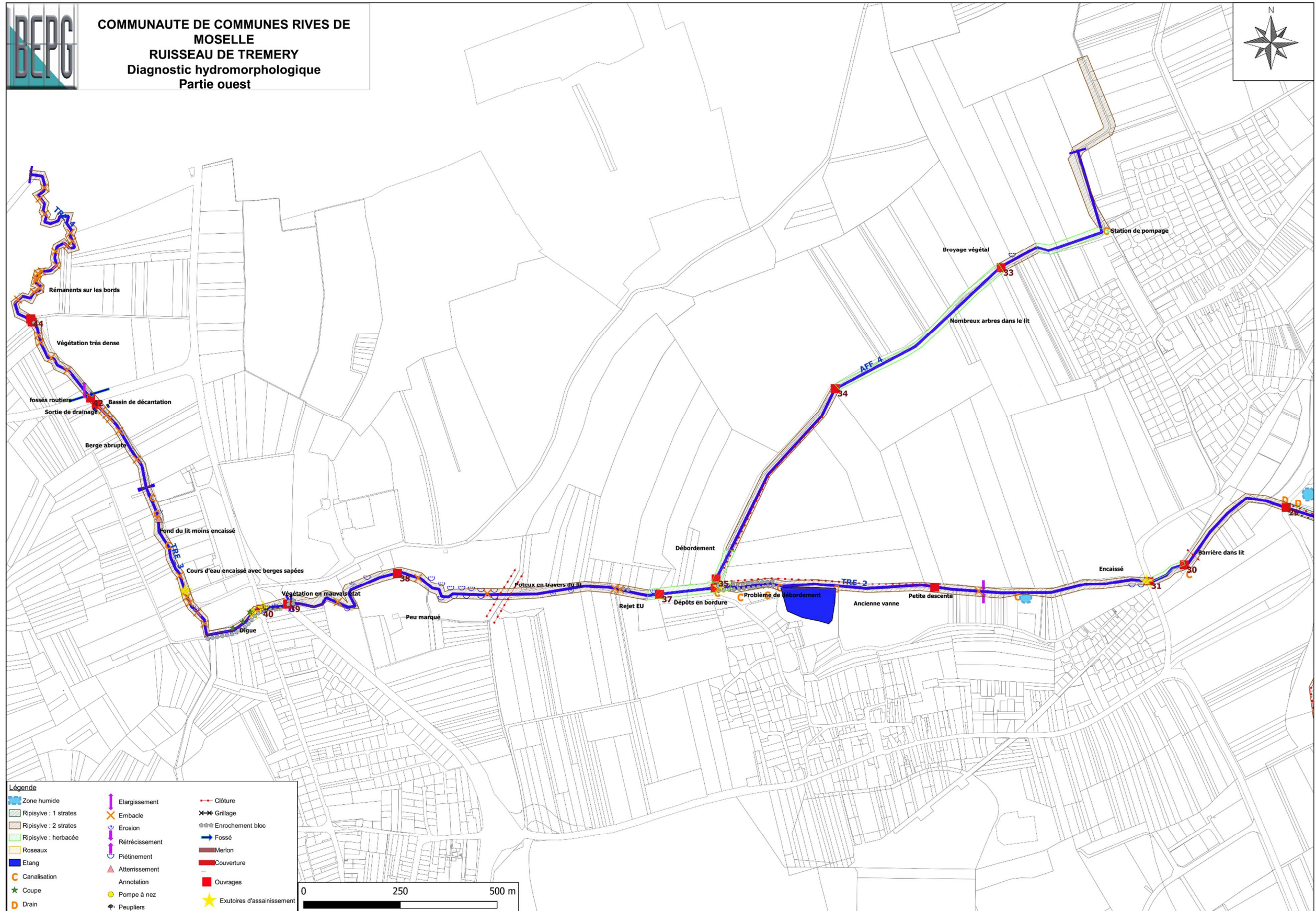
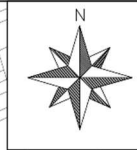


Annexe n°2 : Cartographie du diagnostic





COMMUNAUTE DE COMMUNES RIVES DE  
MOSELLE  
RUISSEAU DE TREMERY  
Diagnostic hydromorphologique  
Partie ouest

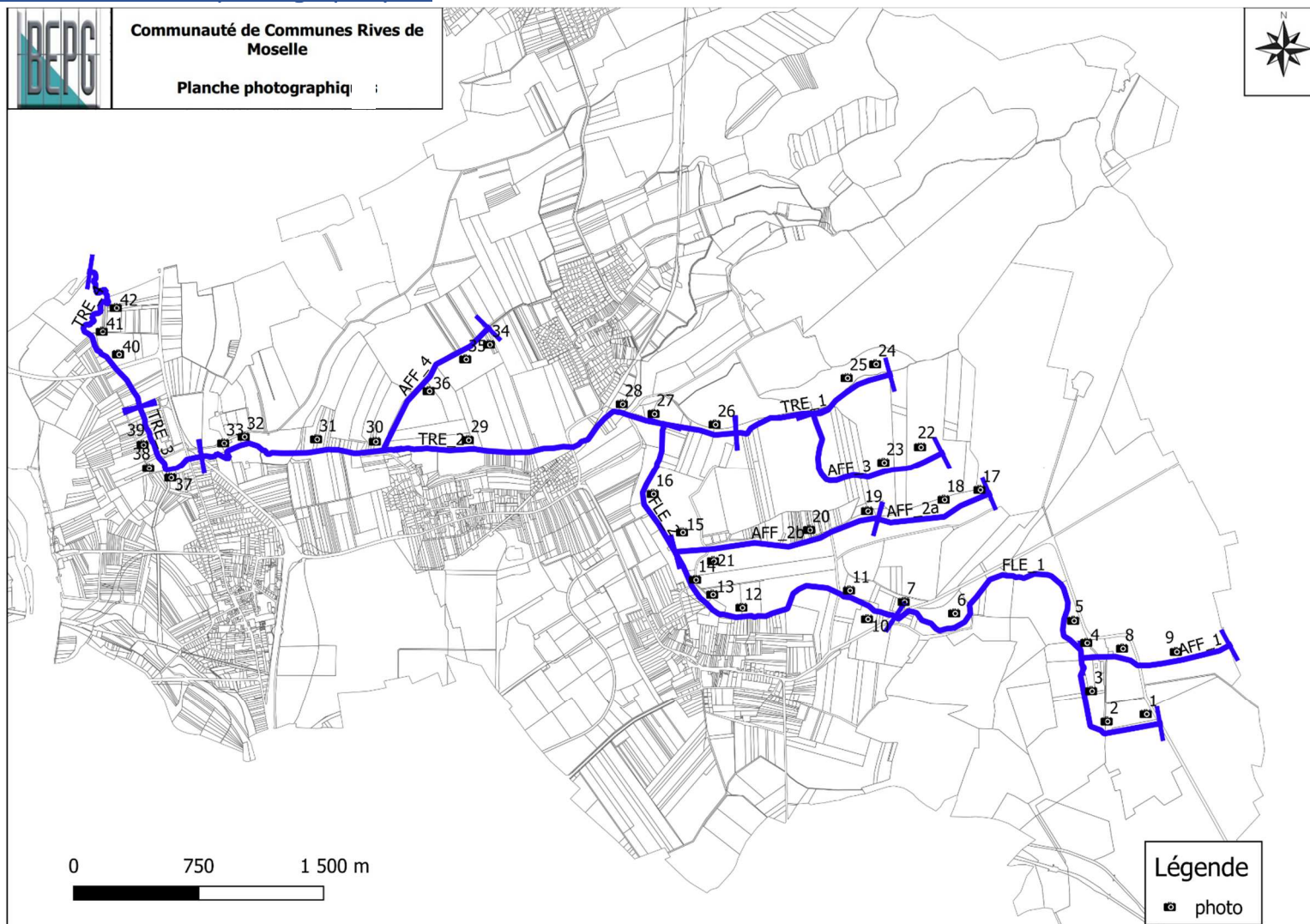


Légende

Zone humide	Elargissement	Clôture
Ripisylve : 1 strates	Embacle	Grillage
Ripisylve : 2 strates	Erosion	Enrochement bloc
Ripisylve : herbacée	Rétrécissement	Fossé
Roseaux	Piétinement	Merlon
Etang	Atterrissement	Couverture
Canalisation	Annotation	Ouvrages
Coupe	Pompe à nez	Exutoires d'assainissement
Drain	Peupliers	



### Annexe n°3 : Planches photographiques







13



14



15



16



17



18



19



20



21



22



23



24



25



26



27



28



29



30



31



32



33



34



35



36



37



38



39



40

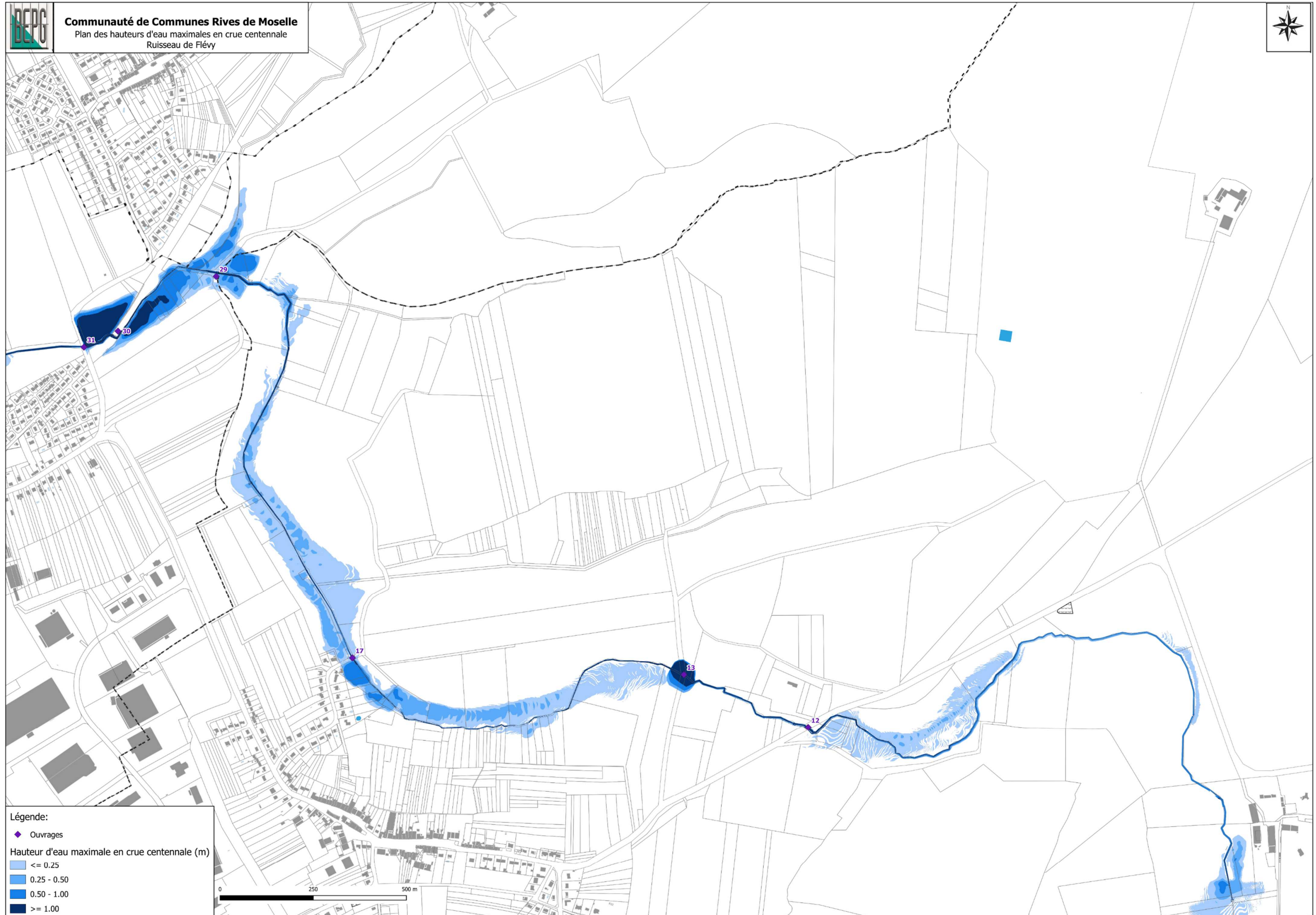


41



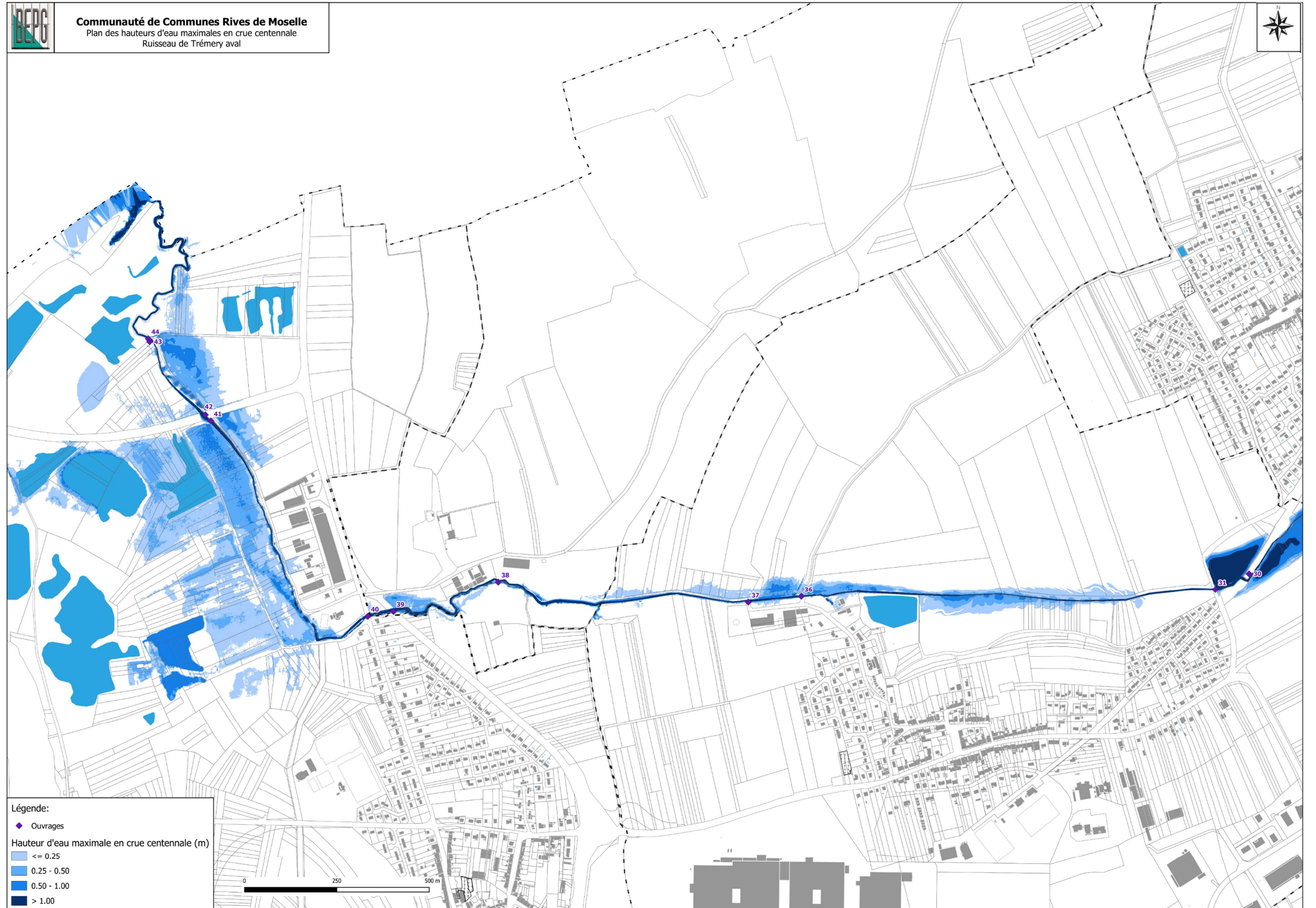
42

Annexe n°4 : Cartes des emprises d'inondation et des hauteurs d'eau





**Communauté de Communes Rives de Moselle**  
Plan des hauteurs d'eau maximales en crue centennale  
Ruisseau de Trémery aval



**Légende:**

- ◆ Ouvrages

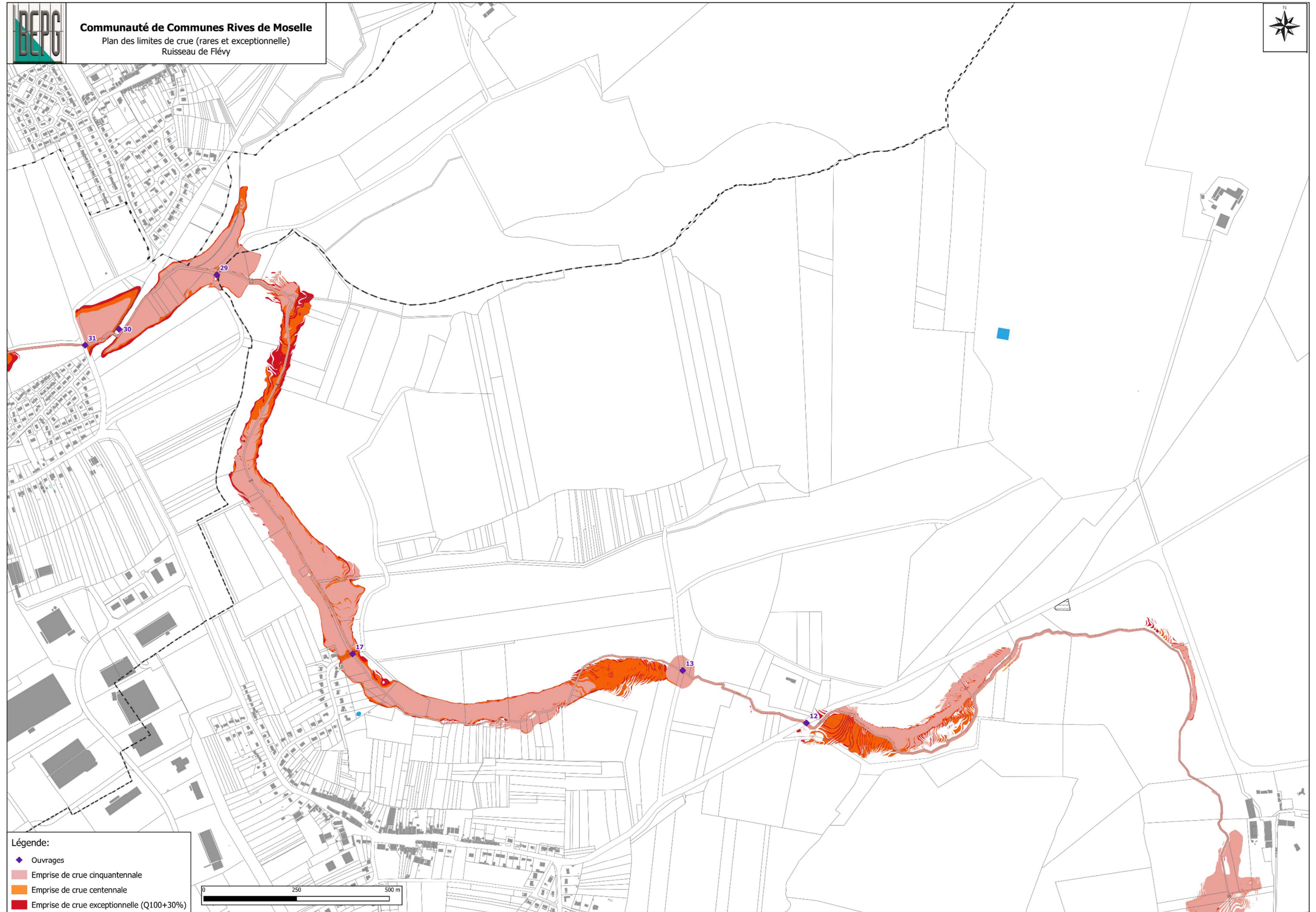
Hauteur d'eau maximale en crue centennale (m)

Light blue	<= 0.25
Medium blue	0.25 - 0.50
Dark blue	0.50 - 1.00
Very dark blue	> 1.00

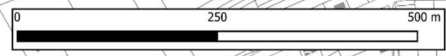
0 250 500 m



**Communauté de Communes Rives de Moselle**  
Plan des limites de crue (rares et exceptionnelle)  
Ruisseau de Flévy



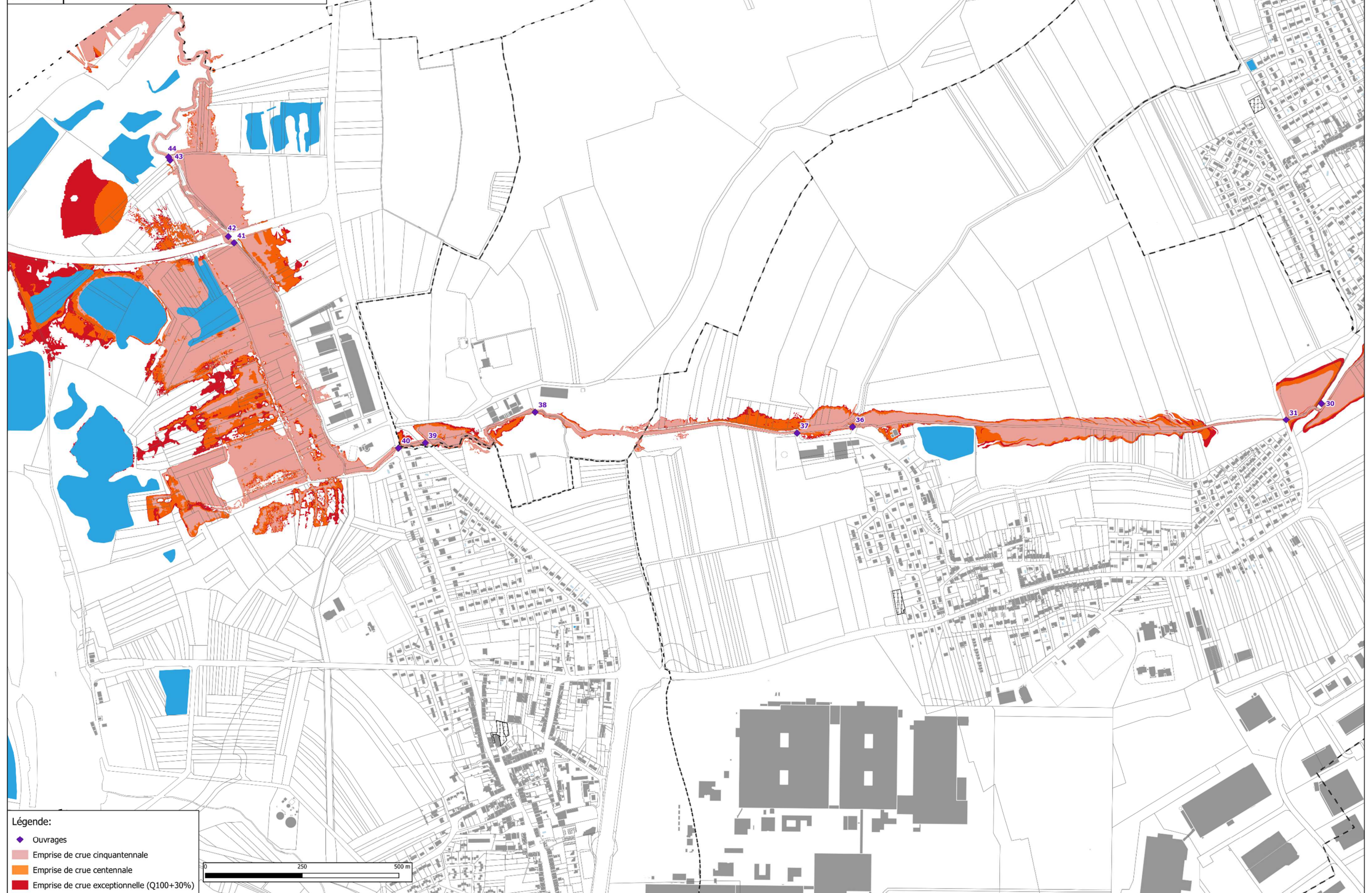
- Légende:
- ◆ Ouvrages
  - Emprise de crue cinquantennale
  - Emprise de crue centennale
  - Emprise de crue exceptionnelle (Q100+30%)




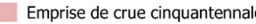
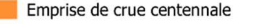
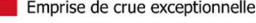




**Communauté de Communes Rives de Moselle**  
Plan des limites de crue (rares et exceptionnelles)  
Ruisseau de Trémery aval

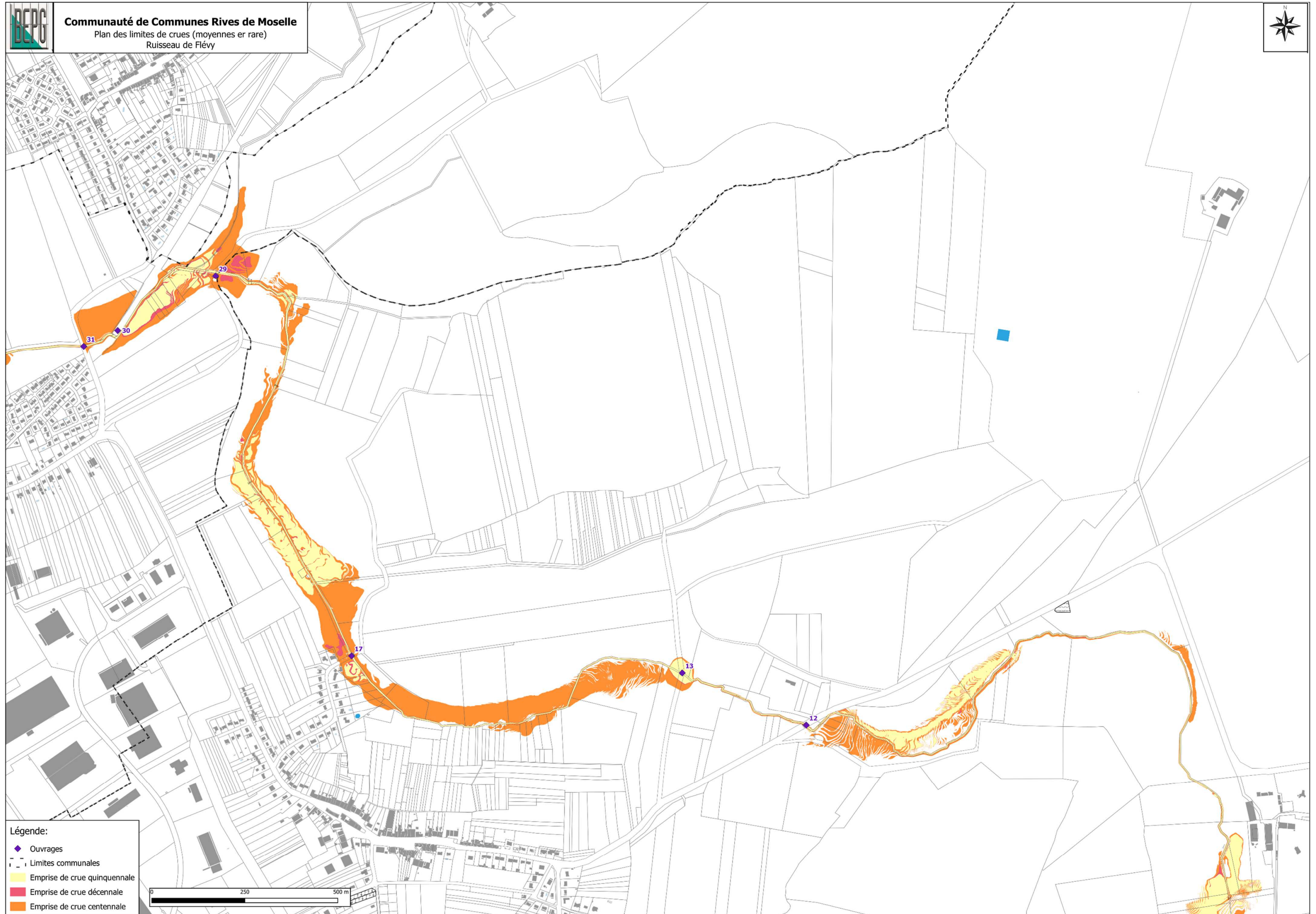


**Légende:**

-  Ouvrages
-  Emprise de crue cinquantennale
-  Emprise de crue centennale
-  Emprise de crue exceptionnelle (Q100+30%)

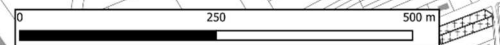


**Communauté de Communes Rives de Moselle**  
Plan des limites de crues (moyennes et rare)  
Ruisseau de Flévy



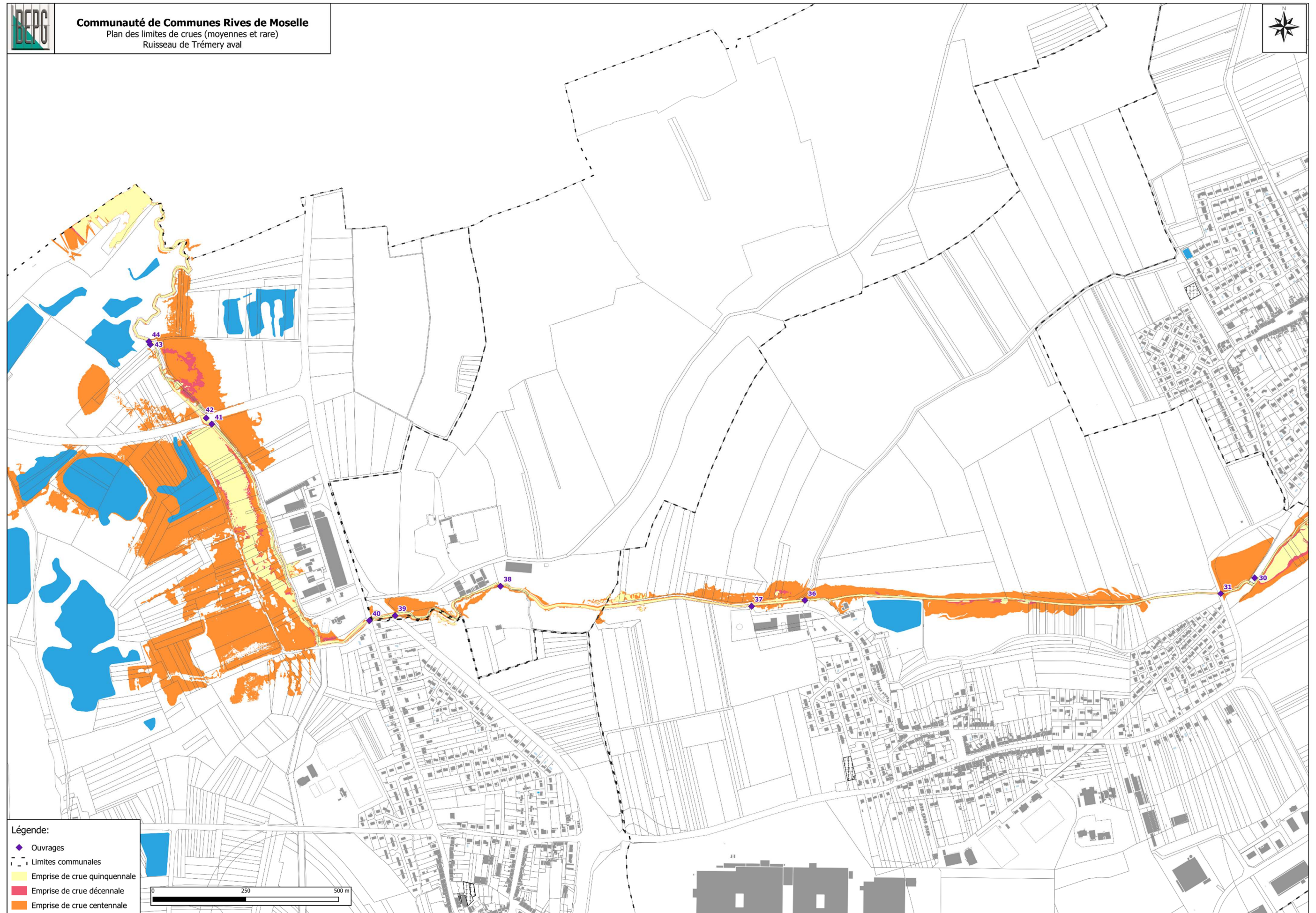
**Légende:**

- ◆ Ouvrages
- - - Limites communales
- Emprise de crue quinquennale
- Emprise de crue décennale
- Emprise de crue centennale





**Communauté de Communes Rives de Moselle**  
Plan des limites de crues (moyennes et rare)  
Ruisseau de Trémery aval



- Légende:**
- ◆ Ouvrages
  - - - Limites communales
  - Emprise de crue quinquennale
  - Emprise de crue décennale
  - Emprise de crue centennale



## Annexe n°5 : Exemple d'action du programme de travaux

Action A : Gestion du tracé rectiligne des cours d'eau		P1
<b>Composition de l'action</b>	<b>Objectifs principaux</b>	
A1 – Diversification des écoulements – déblais remblais	Dissiper l'énergie du cours d'eau Retrouver un tracé plus naturel	

### But de l'action

Plusieurs secteurs présentent un tracé de cours d'eau rectiligne. Dans les secteurs à pente importante, cela peut augmenter le risque d'inondation en aval et dans les secteurs à pente plus douce, cela peut favoriser l'envasement, en banalisant les écoulements.

L'objectif de l'opération consiste à :

- **Retrouver un tracé de cours d'eau plus naturel** : Il s'agit de retrouver des écoulements plus variés, favoriser la régulation naturelle du régime d'écoulement ainsi que les fonctions hydrobiologiques du cours d'eau.
- **Dissiper l'énergie du cours d'eau** : Retrouver un tracé naturel permet d'allonger le linéaire du cours d'eau, diminuer la pente de celui-ci et ainsi diminuer l'énergie avec laquelle transite l'eau.

### Tronçons concernés

Commune	Tronçon	Linéaire
Flévy	AFF_1	500 m
Flévy	AFF_2b	1200 m
Flévy	FLE_2	200 m
Trémery	TRE_2	600 m
Trémery	AFF_4	980 m
Montrequienne	AFF_4	430 m

Le ruisseau gardera son profil initial au droit des ouvrages présents sur les tronçons à reméandrer pour pouvoir les conserver tels quels (Ouvrages 7, 19, 20, 21, 32, 33 et 34).

## Consistance des travaux

Le lit mineur sera travaillé par des techniques de déblais/remblais. Il s'agit ici de travaux de modelage du lit par déplacement des matériaux.

La géométrie en plan, en long et en travers à donner au nouveau cours d'eau sera déterminée en tenant compte de plusieurs contraintes :

- Se rapprocher le plus possible du tracé naturel d'équilibre du cours d'eau en amont et en aval du projet ;
- Recréer un lit mineur présentant une section au minimum identique à la section actuelle ;
- Créer un chenal permettant de faire transiter la totalité du débit d'étiage et module ;
- Respecter les cotes actuelles du fond de lit et des berges en amont et en aval des sites d'intervention.

Le tracé du lit du ruisseau sera modelé de manière à créer un tracé plus sinueux dans la limite de l'emprise disponible. Le lit conservera une pente moyenne.

Les berges seront modelées de manière à obtenir un profil homogène entre l'amont et l'aval.

La technique sera associée à une revégétalisation par ensemencement sur l'ensemble des surfaces travaillées et plantations en haut de berge afin d'assurer le maintien des berges retravaillées.

Le lit projeté présentera une section au moins équivalente au tronçon actuel, idéalement légèrement réduite :

	Largeur plein bord (m)	Largeur bas bord (m)	Hauteur de berge (m)	Pente berge	Capacité lit mineur avant-projet (m <sup>3</sup> /s)	Capacité lit mineur après projet (m <sup>3</sup> /s)	Débit décennal (m <sup>3</sup> /s)
AFF_1	2.3	0.6	0.5	2h/1v	0.213	0.218	0.756
FLE_2	3.6	2	0.8	1h/1v	0.408	0.433	2.18
AFF_2b	2.7	0.7	0.5	2h/1v	0.153	0.187	1.055
TRE_2	6.4	2.2	1.4	3h/2v	1.125	1.578	3.280
AFF_4	3.5	1.1	0.8	3h/2v	0.640	0.640	1.831

*Les profils type des aménagements sont présents en page suivante.*

Figure 30 : Profil du reméandrage AFF\_1

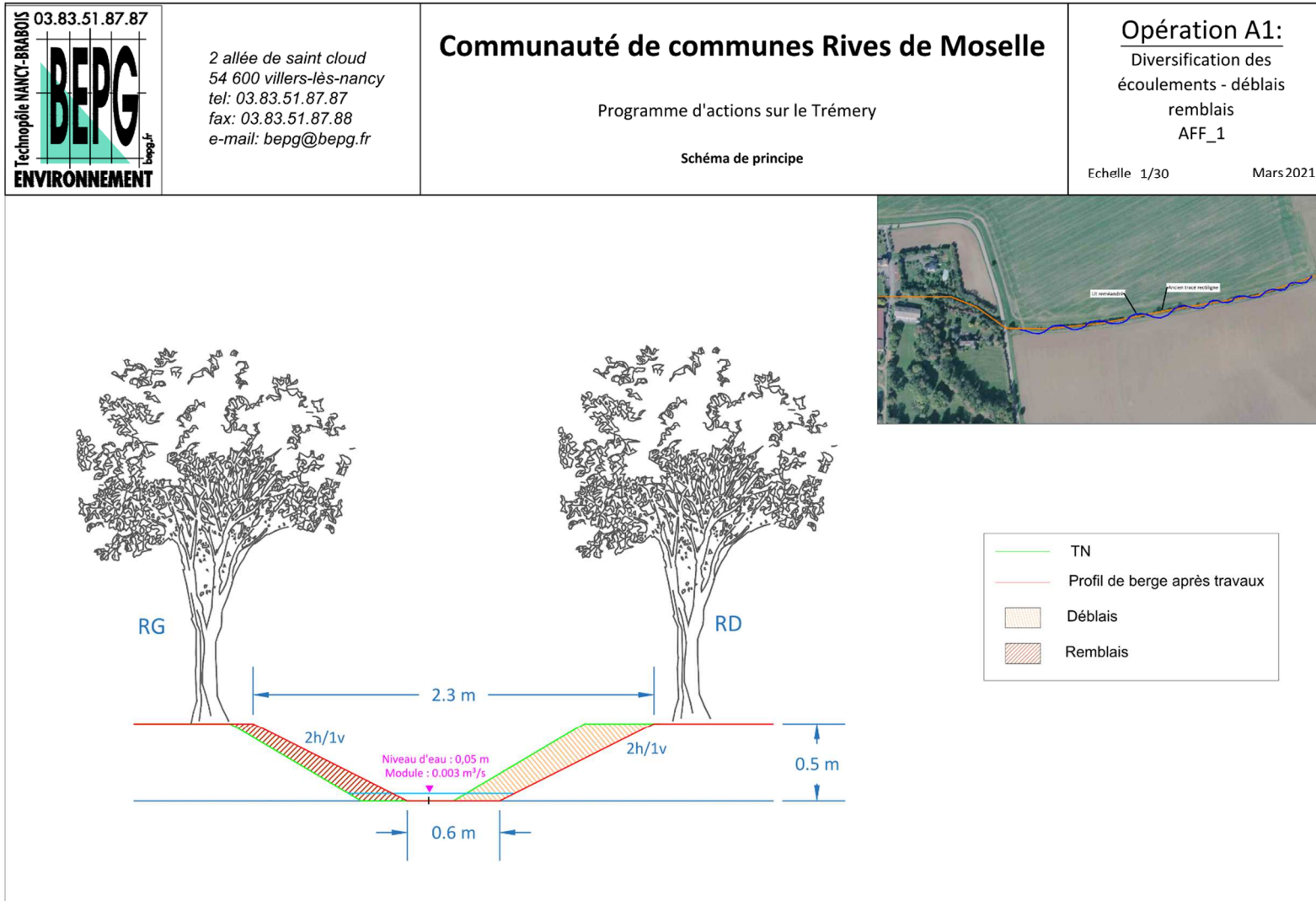


Figure 31 : Profil du reméandrage AFF\_2b

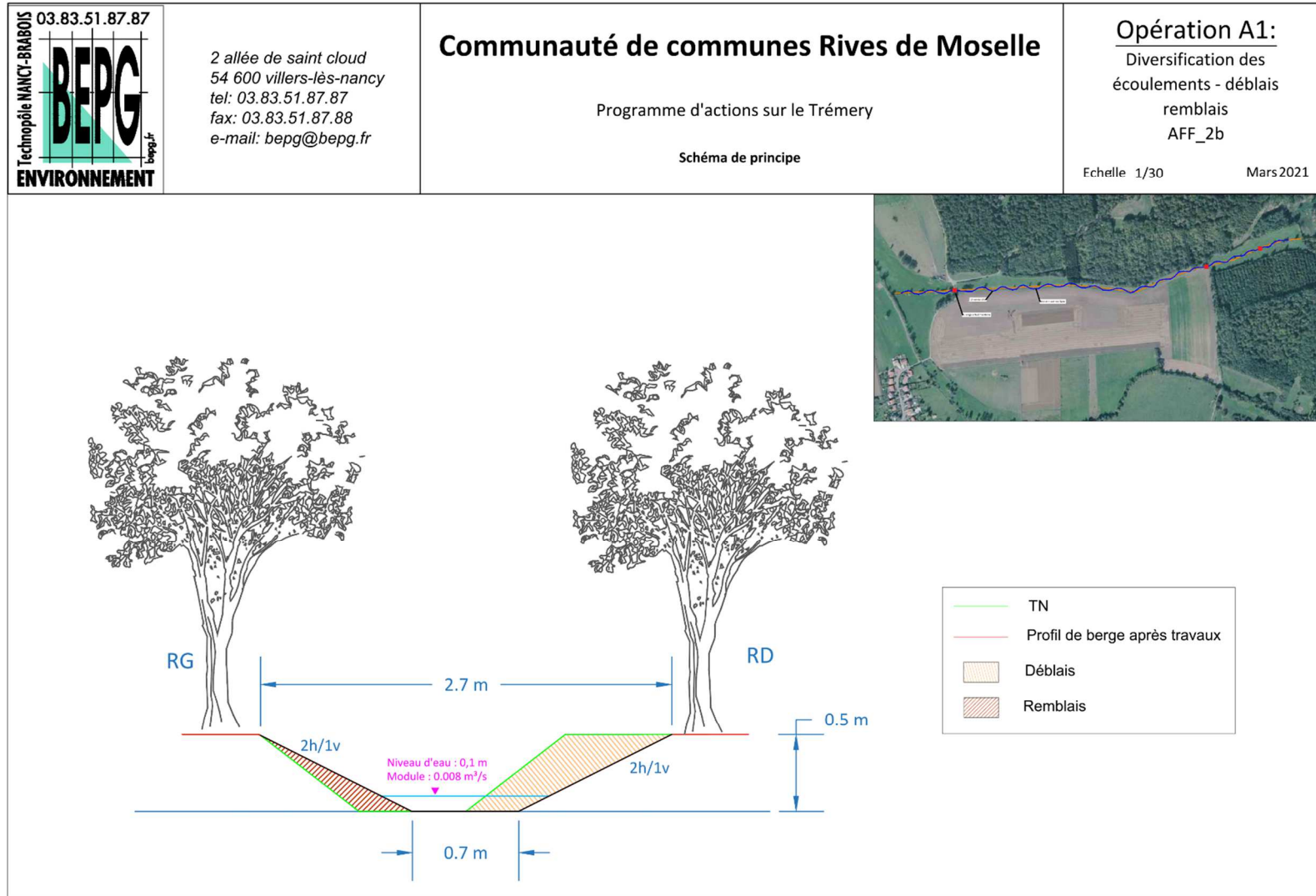


Figure 32 : Profil du reméandrage TRE\_2

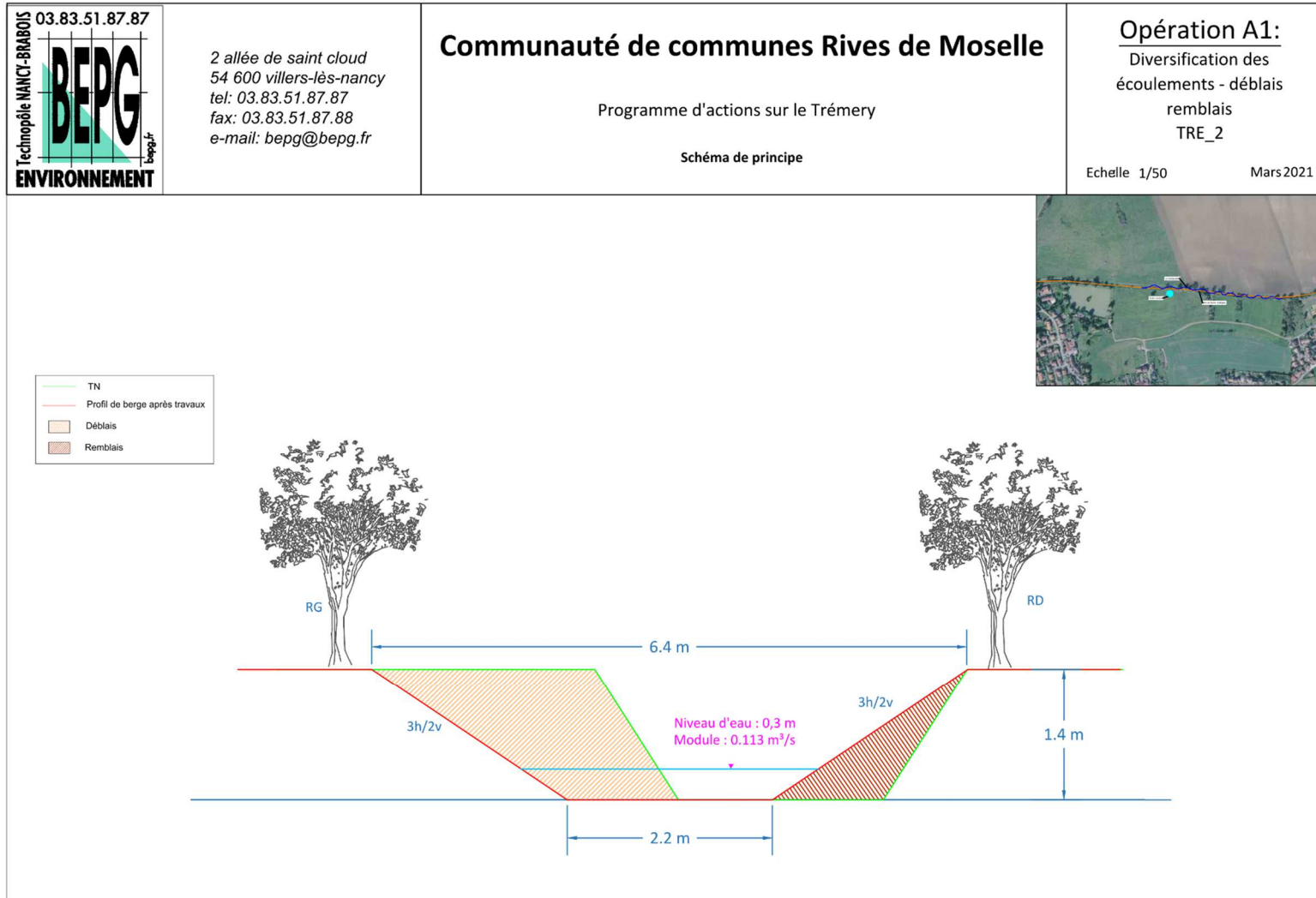




Figure 33 : Profil du reméandrage AFF\_4

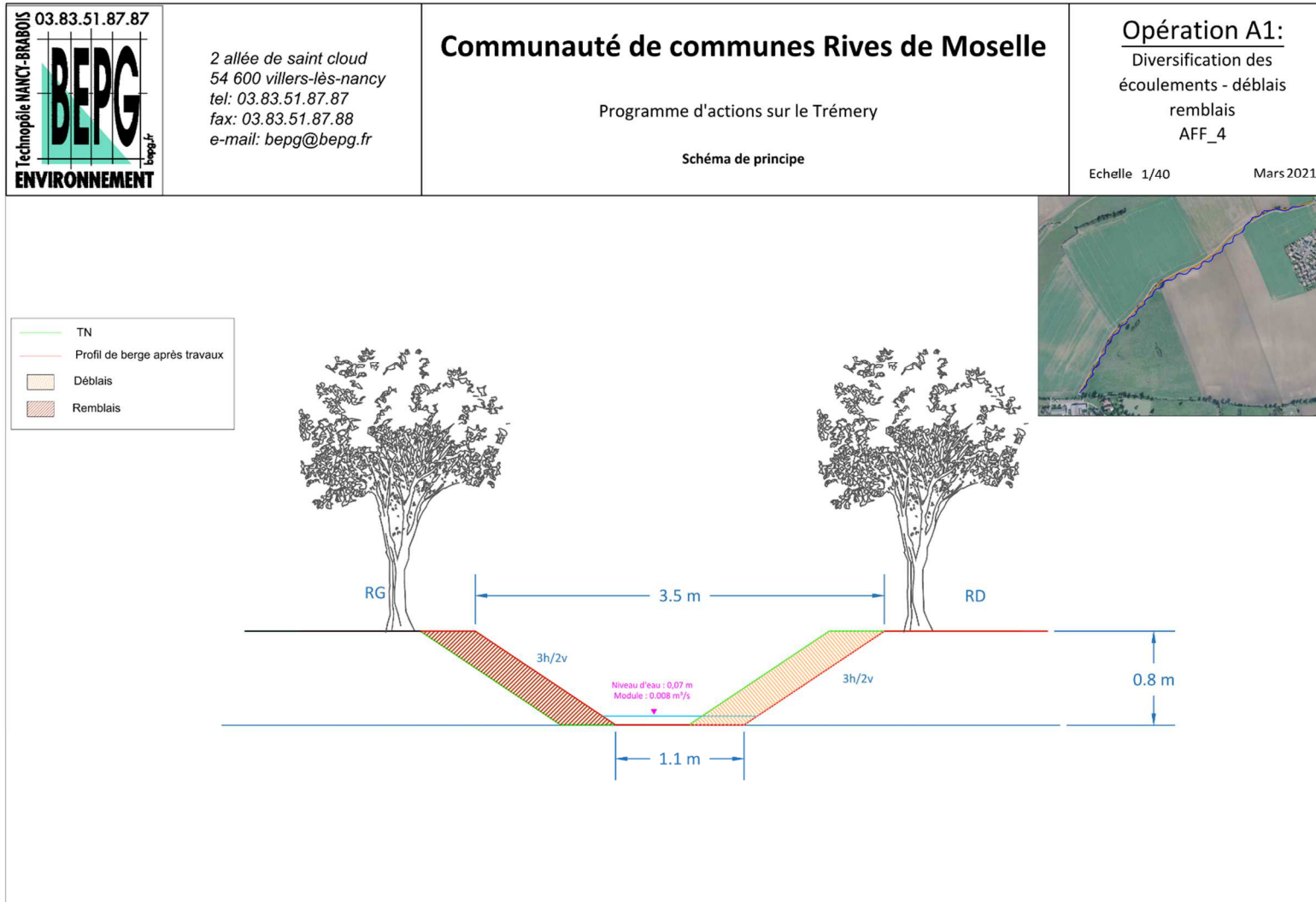
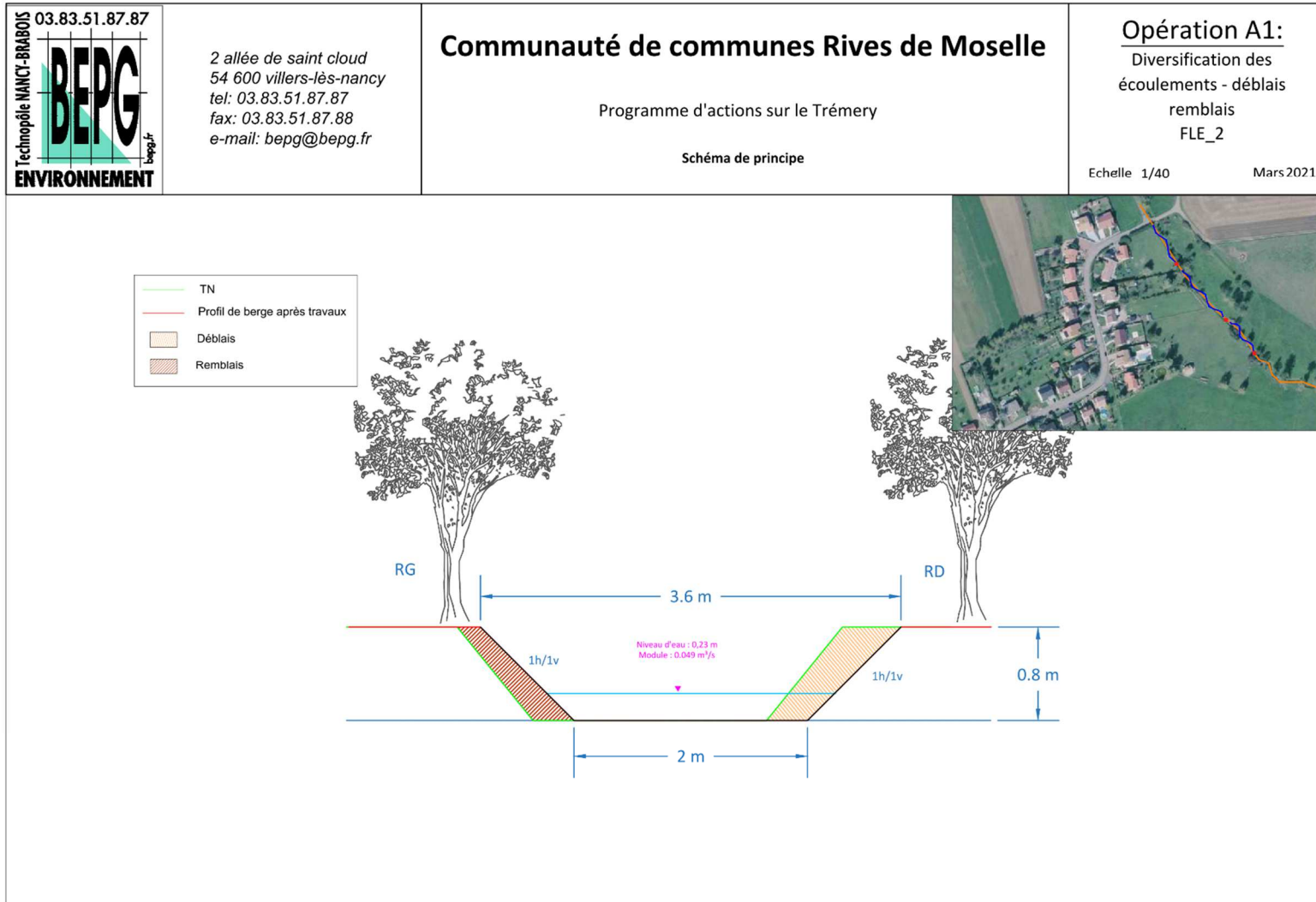


Figure 34 : Profil du reméandrage FLE\_2



### Aspect réglementaire

Ces travaux nécessitent la réalisation d'un **Dossier Loi sur l'Eau**. Les rubriques concernées sont les suivantes :

Rubriques	Contenu
<b>3.3.5.0</b>	<p>Travaux, définis par un arrêté du ministre chargé de l'environnement, ayant uniquement pour objet la <b>restauration des fonctionnalités naturelles des milieux aquatiques</b>, y compris les ouvrages nécessaires à cet objectif <b>(D)</b>.</p> <p><i>Cette rubrique est exclusive de l'application des autres rubriques de la présente nomenclature.</i></p> <p><i>Ne sont pas soumis à cette rubrique les travaux n'atteignant pas les seuils des autres rubriques de la présente nomenclature.</i></p>

Une **Déclaration d'Intérêt Général** est également nécessaire afin de permettre à la collectivité d'intervenir sur le domaine privé. Il est important avant tout travaux d'identifier le statut juridique des ouvrages, leurs propriétaires ainsi que le droit d'eau s'y appliquant. Sans ces éléments, l'intervention sur l'ouvrage peut être compromise.

### Bénéfices attendus

Compartiment	Bénéfices attendus	Efficacité à :
Biologique	Diversifier les habitats Réduire les risques d'eutrophisation Augmenter les potentialités écologiques du milieu	Moyen et long terme
Physique	Amélioration du maintien des berges Retour aux fonctionnalités morphodynamiques naturelles Maintien d'un niveau d'eau suffisant en étiage Réduction du risque d'érosion en aval	Moyen et long terme
Paysager	Amélioration de la qualité du paysage	Moyen et long terme

### Périodes de réalisation

La période d'intervention dépend de la technique employée : dans le cas présent la végétalisation associée à l'aménagement nécessite une prise en compte du repos végétatif. Ces travaux sont à mettre en place en période de basses eaux.

Périodes d'interventions :

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
	Préconisé										
	Possible mais										
	A proscrire										

### Chiffrage estimatif

Commune	Tronçon	Opération	Intitulé	Quantité	Unité	Coût unitaire	Coût total	Coût par opération	Coût total
Flévy	AFF_1	Reprofilage lit mineur	Déblais remblais	800	m3	25.00 €	20 000.00 €	<b>38 000.00 €</b>	<b>146 400.00 €</b>
			Plantations	500	ml	6.00 €	3 000.00 €		
			Géotextile	3000	m <sup>2</sup>	5.00 €	15 000.00 €		
	AFF_2b		Déblais remblais	2000	m3	25.00 €	50 000.00 €	<b>93 200.00 €</b>	
			Plantations	1200	ml	6.00 €	7 200.00 €		
			Géotextile	7200	m <sup>2</sup>	5.00 €	36 000.00 €		
	FLE_2		Déblais remblais	320	m3	25.00 €	8 000.00 €	<b>15 200.00 €</b>	
			Plantations	200	ml	6.00 €	1 200.00 €		
			Géotextile	1200	m <sup>2</sup>	5.00 €	6 000.00 €		
Trémery	TRE_2	Déblais remblais	1000	m3	25.00 €	25 000.00 €	<b>46 600.00 €</b>	<b>122 480.00 €</b>	
		Plantations	600	ml	6.00 €	3 600.00 €			
		Géotextile	3600	m <sup>2</sup>	5.00 €	18 000.00 €			
	AFF_4	Déblais remblais	1600	m3	25.00 €	40 000.00 €	<b>75 880.00 €</b>		
		Plantations	980	ml	6.00 €	5 880.00 €			
		Géotextile	6000	m <sup>2</sup>	5.00 €	30 000.00 €			
Montre quienn e	AFF_4	Déblais remblais	750	m3	25.00 €	18 750.00 €	<b>33 830.00 €</b>	<b>33 830.00 €</b>	
		Plantations	430	ml	6.00 €	2 580.00 €			
		Géotextile	2500	m <sup>2</sup>	5.00 €	12 500.00 €			
								<b>302 710.00 €</b>	