
Rapport de stage individuel

5^{ème} année

Suivi éco-morphologique de la Raie du Lac et du Gravier

EPTB Saône et Doubs
220 rue du Km 400,
71000 MACON



Tuteur entreprise :
Nicolas Amendola
Chargé de projet

Roxane Bigot
IMA
2020-2021

Tuteur académique :
Michel Bacchi

Remerciements

Tout d'abord je souhaiterais remercier l'**EPTB Saône et Doubs** pour m'avoir accueillie au sein de leur structure et m'avoir confié la réalisation de l'étude éco-morphologique sur la Raie du Lac et le Gravier.

Je souhaiterais maintenant remercier plus particulièrement **M. Amendola Nicolas**, mon maître de stage, pour sa pédagogie, sa bienveillance et son encadrement. Je remercie également **M. Trujillo Damien** pour sa disponibilité et les nombreux services rendus lors de l'étude. Un grand merci également au reste de l'équipe pour son accueil chaleureux.

Pour finir je souhaite remercier l'école **Polytech Tours** et plus particulièrement l'équipe pédagogique d'**IMA** pour la qualité des enseignements prodigués et l'opportunité de réaliser ce stage.

Sommaire

Introduction.....	1
1. L'EPTB Saône et Doubs.....	2
2. Suivi éco-morphologique de la Raie du Lac et du Gravier	4
2.1. Localisation du site d'étude.....	4
2.2. Contexte et objectifs de l'étude	6
2.3. Les livrables réalisés pour l'EPTB Saône et Doubs.....	7
2.4. Déroulé et organisation de l'étude.....	8
2.4.1. Phase 1 : Etat des lieux et orientations d'aménagement	8
2.4.2. Principales conclusions du diagnostic	16
2.4.3. Phase 2 : Propositions d'aménagement et dimensionnement.....	20
3. Missions annexes	24
3.1. Caractérisation de l'effet du batillage sur les platis de la Saône	24
3.2. Restauration éco-morphologique du Nacey à Flammerans (21)	25
4. Réflexion sur l'expérience	27
Conclusion	28
ANNEXE	29
Annexe 1 : Rapport phase 1 de l'étude éco-morphologique de la Raie du Lac et du Gravier – Etat des lieux	29
Annexe 2 : Rapport phase 2 de l'étude éco-morphologique de la Raie du Lac et du Gravier – Esquisse d'aménagement.....	29

Table des tableaux et des figures

Figure 1 : Organigramme et territoire d'action de l'EPTB Saône et Doubs	2
Figure 2 : Localisation de la zone d'étude	5
Figure 3 : Communes traversées par les cours d'eau étudiés	5
Figure 4 : Panel de photographies des sites d'étude	6
Figure 5 : Déroulé et organisation de l'étude	8
Figure 6 : Illustration schématique des 3 composantes de la qualité physique - Source : TELEOS	9
Figure 7 : Récapitulatif de la méthode de calcul utilisée dans la méthode des tronçons simplifiée	10
Figure 8 : Exemple de cartographie réalisée	11
Figure 9 : Exemple de fiche tronçon réalisée	11
Figure 10 : Cartographies des relevés topographiques réalisés	12
Figure 11 : Graphique d'extrapolation des débits de la Raie du Lac et du Gravier par régression linéaire.....	14
Figure 12 : résultat obtenu suite à la modélisation de la Raie du Lac via HEC-Ras	15
Figure 13 : Champs d'extension de crue de la Saône - Source : Etude hydraulique du Val de Saône (BRLi, 2017).....	16
Figure 14 : Illustration du fond vaseux.....	17
Figure 15 : Illustration du caractère homogène du cours d'eau.....	17
Figure 16 : Illustration des différences de connectivité.....	18
Figure 17 : Cartes de la qualité morphologique globale sur la Raie du Lac et le Gravier	18
Figure 18 : Illustration de la méthode de restauration par déblais/remblais - Source : LAGRIFFE	20
Figure 19 : Localisation et types d'aménagements proposés pour la restauration des deux cours d'eau	21
Figure 20 : Illustration de l'état actuel et présentation des deux scénarios envisagés	23
Figure 21 : Localisation du Nacey - Source : EPTB Saône et Doubs	25
Figure 22 : Illustration des travaux réalisés sur le Nacey à Flammerans (21).....	26
 Tableau 1 : Limites de classes retenues pour les différents scores de qualité physique	10
Tableau 2 : Stations hydrométriques et données utilisées pour l'extrapolation des débits ...	14
Tableau 3 : Résultat des débits obtenus sur les cours d'eau étudiés après extrapolation	15

Lexique

COPIL : Comité de pilotage

DCE : Directive cadre sur l'eau

DDT : Direction départementale des territoires

EPAGE : établissement public d'aménagement et de gestion des eaux

EPTB : Etablissement Public Territorial de Bassin

GEMAPI : gestion des milieux aquatiques et la prévention des inondations

OFB : Office français de la biodiversité

LEMA : Loi sur l'eau et les milieux aquatiques

PDM : Programme de mesure

SDAGE : Schémas directeurs d'aménagement et de gestion de l'eau

SAGE : Schémas d'aménagement et de gestion de l'eau

ZNIEFF : Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique

Introduction

Dans le cadre du cursus Ingénierie des Milieux Aquatiques (IMA) dispensé par le département Aménagement et Environnement de l'école Polytechnique Universitaire de Tours, un stage d'une durée de 6 mois doit être réalisé en cinquième et dernière année d'étude.

Ce stage représente l'opportunité d'approfondir nos connaissances sur le fonctionnement du monde professionnel mais également d'acquérir des expériences et compétences dans le domaine des milieux aquatiques.

Souhaitant travailler dans l'évaluation, la sauvegarde et la restauration des milieux aquatiques, j'ai eu l'opportunité d'intégrer, pour une durée de six mois, l'EPTB Saône et Doubs dans les locaux de Beaune en Côte d'Or (21).

Au cours de ce stage ma mission principale fut la réalisation d'une étude éco-morphologique sur deux affluents de la Saône ; la Raie du Lac et le Gravier. Le but de cette étude étant de réaliser un diagnostic éco-morphologique des deux cours d'eau afin de proposer, au stade esquisse, des aménagements pour leur restauration.

Au cours des six mois passés à l'EPTB Saône et Doubs j'ai également eu l'opportunité de travailler sur d'autres missions annexes, aussi bien sur le terrain qu'au bureau, en fonction des besoins de la structure.

Le rapport de stage qui suit est donc composé de quatre grandes parties. Tout d'abord une présentation de l'EPTB Saône et Doubs. Ensuite, en deuxième partie, la présentation du suivi éco-morphologique de la Raie du Lac comprenant le descriptif de la mission mais aussi les éléments clés utilisés pour la réalisation du diagnostic. Cette partie comporte également des exemples de réalisation et la présentation des rendus réalisés pour le commanditaire. La troisième grande partie présente succinctement les missions annexes et la dernière les réflexions sur l'expérience.

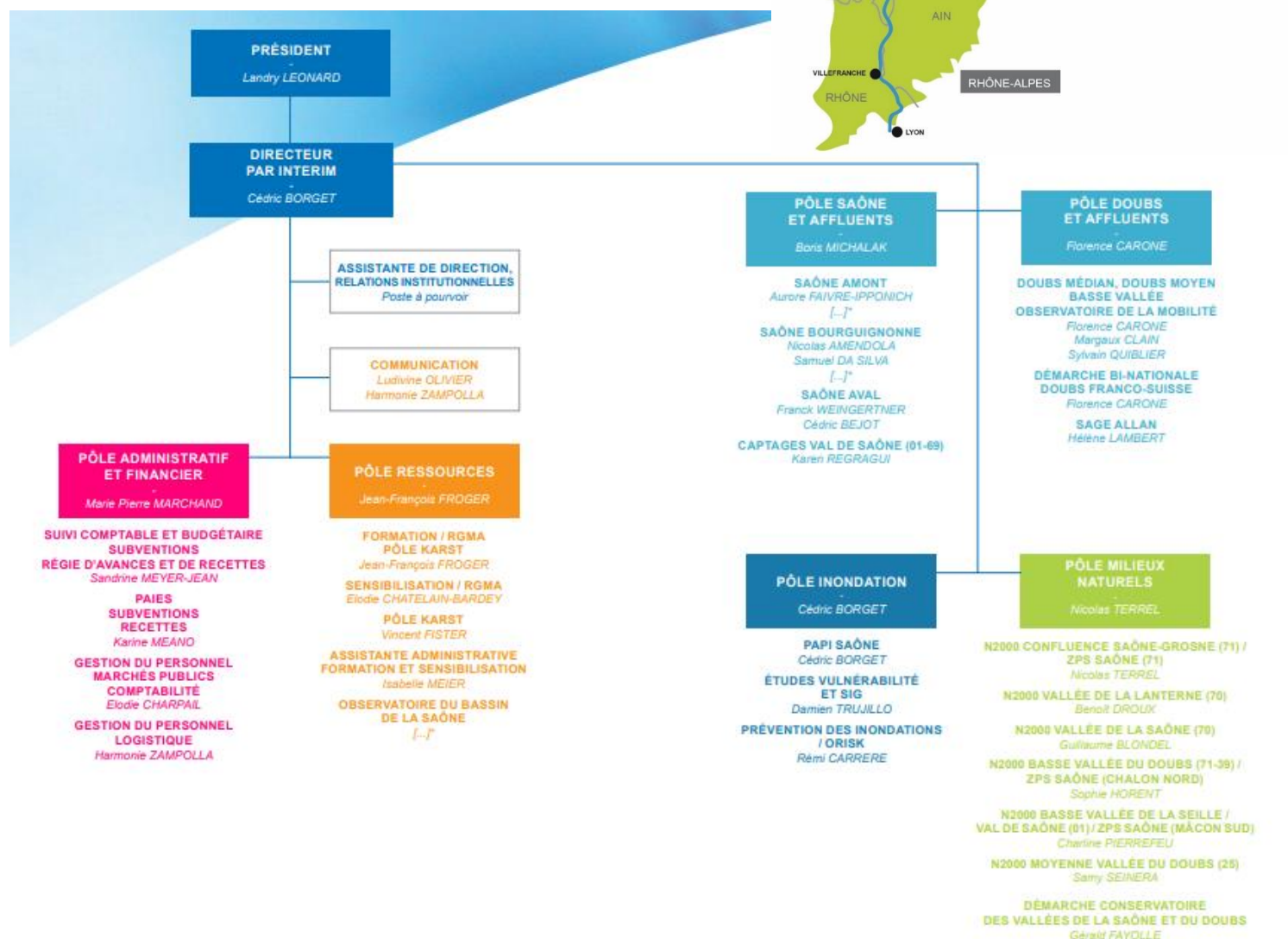
Les deux rapports réalisés pour le commanditaire soit l'état des lieux du site d'étude et l'esquisse d'aménagement sont disponibles en annexe.

1. L'EPTB Saône et Doubs

L'Etablissement Public Territorial de Bassin (EPTB) Saône et Doubs créé en 1991 et reconnu comme tel en 2007 est un acteur institutionnel en charge de l'initiation et de la gestion des politiques publiques de l'eau à l'échelle du bassin versant de la Saône et du Doubs.

Pour intervenir sur l'ensemble du territoire couvert par l'EPTB soit environ 30 000 km² une quarantaine d'agents sont répartis sur 7 sites, au sein de différents pôles (Figure 1).

Figure 1 : Organigramme et territoire d'action de l'EPTB Saône et Doubs



L'EPTB Saône et Doubs et la Loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA) :

Face au constat général de dégradation de la qualité des milieux aquatiques l'Europe met en place la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) en octobre 2000. Cette directive établit une politique globale de gestion de la ressource en eau et fixe un objectif de retour au bon état général des eaux.

Cette directive est transposée dans la loi française via la Loi sur l'eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) de décembre 2006. Les enjeux et objectifs fixés sont repris à l'échelle des grands bassins hydrographiques dans les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE). Ils définissent les orientations permettant de répondre à ces objectifs. A chaque SDAGE est associé un Programme De Mesure (PDM) qui définit les actions opérationnelles à réaliser pour atteindre les objectifs du SDAGE.

A l'échelle locale, la planification de la gestion de l'eau est définie dans les Schémas d'aménagement et de gestion de l'eau (SAGE). Le but étant de réussir à concilier les différents usages présents sur le territoire et la protection des milieux aquatiques. Il reprend les objectifs du SDAGE, les précise en prenant compte des spécificités du territoire et les hiérarchise.

Afin de répondre aux diverses enjeux et objectifs fixés, des contrats de milieu (généralement de rivière) sont mis en place et les acteurs locaux s'engagent techniquement et financièrement via un programme d'action volontaire et concerté sur plusieurs années.

Afin de répondre aux orientations du Programme De Mesure (PDM) du SDAGE Rhône-Méditerranée et Corse et de mener une gestion globale, concertée et durable à l'échelle du bassin versant, un contrat de rivière est établi pour la période 2015-2020. Il est ensuite prolongé via un avenant sur 2020-2022. Le contrat de rivière « **Saône, corridor alluvial et territoires associés** » coordonné et animé par l'EPTB Saône et Doubs se fixe 6 objectifs principaux ;

- A : Reconquérir la qualité des eaux et préserver les ressources stratégiques
- B : Réhabiliter les milieux naturels et préserver la biodiversité
- C : Prendre en compte le risque inondation dans l'aménagement du territoire et réduire l'impact des crues
- D : Renforcer l'identité et accompagner le développement du Val de Saône
- E : Améliorer les connaissances de la Saône et des affluents
- F : Organiser la gestion du territoire

L'étude éco-morphologique de la Raie du Lac et du Gravier s'inscrit dans cette dynamique et plus particulièrement dans les objectifs B et D du contrat de rivière pour lesquels deux fiches actions ont été établies dans le contrat de rivière :

- B1-21-4 : Restauration morpho-écologique d'annexes fluviales de la Saône ;

- B3-21-9 : Gestion de la zone humide de la Raie du Lac.

L'EPTB Saône et Doubs et la GEMAPI :

Suite aux lois de janvier 2014 et août 2015, la gestion des milieux aquatiques et la prévention des inondations (GEMAPI) est une compétence confiée aux intercommunalités depuis 2018. Ces dernières peuvent alors choisir d'exercer cette compétence ou de la confier, en partie ou dans sa totalité, aux syndicats de rivière, EPAGE (établissement public d'aménagement et de gestion des eaux) ou EPTB.

L'EPTB Saône et Doubs intervient donc auprès des collectivités dans le cadre de la GEMAPI mais aussi dans d'autres domaines ;

- Gestion, préservation et restauration des milieux aquatiques,
- Prévention contre les inondations,
- Biodiversité (Natura 2000, Démarche conservatoire),
- Formation et sensibilisation.

Les deux cours d'eau étudiés dans le cadre de l'étude éco-morphologique de la Raie du Lac et du Gravier se trouvent sur le territoire de la communauté de communes « Rives de Saône ». Suite à la délégation des compétences GEMAPI à l'EPTB et face à la volonté locale d'agir, de nombreuses rencontres ont eu lieu sur le terrain afin d'évoquer les problématiques des cours d'eau et les possibilités d'action. C'est dans ce contexte que l'étude a été lancée.

2. Suivi éco-morphologique de la Raie du Lac et du Gravier

Au cours de ce stage de 6 mois au sein de l'EPTB Saône et Doubs ma mission principale fut la réalisation d'un suivi éco-morphologique sur deux affluents de la Saône ; la Raie du Lac et le Gravier. Le but de cette étude étant, après avoir réalisé un diagnostic écologique et morphologique du site, de venir proposer des solutions d'aménagement pour restaurer ces deux cours d'eau.

2.1. Localisation du site d'étude

La Raie du Lac et le Gravier sont deux affluents rive droite de la Saône, situés en Côte d'Or (21), au niveau de la masse d'eau « FRDR1806c : La Saône du début à la fin de la dérivation de Seurre » (Figure 2).

La zone d'étude s'étend sur 4 communes ; Auvillars-sur-Saône, Bonnencontre, Broin et Glanon qui appartiennent à la Communauté de Communes « Rives de Saône » (Figure 3).

Le linéaire d'étude associé à la Raie du lac est de 3 kilomètres tandis que celui associé au Gravier est de 5 kilomètres. Leurs bassins versants mesurent respectivement 5,2 et 8,5 kilomètres carrés.

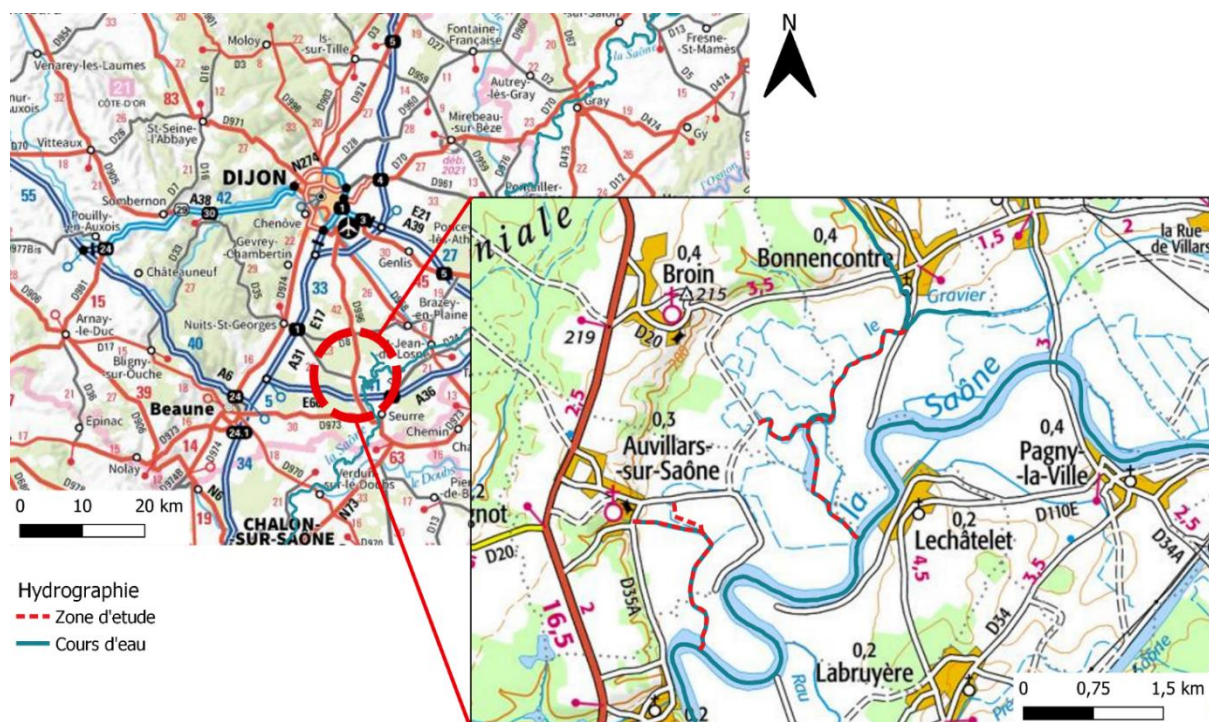


Figure 2 : Localisation de la zone d'étude

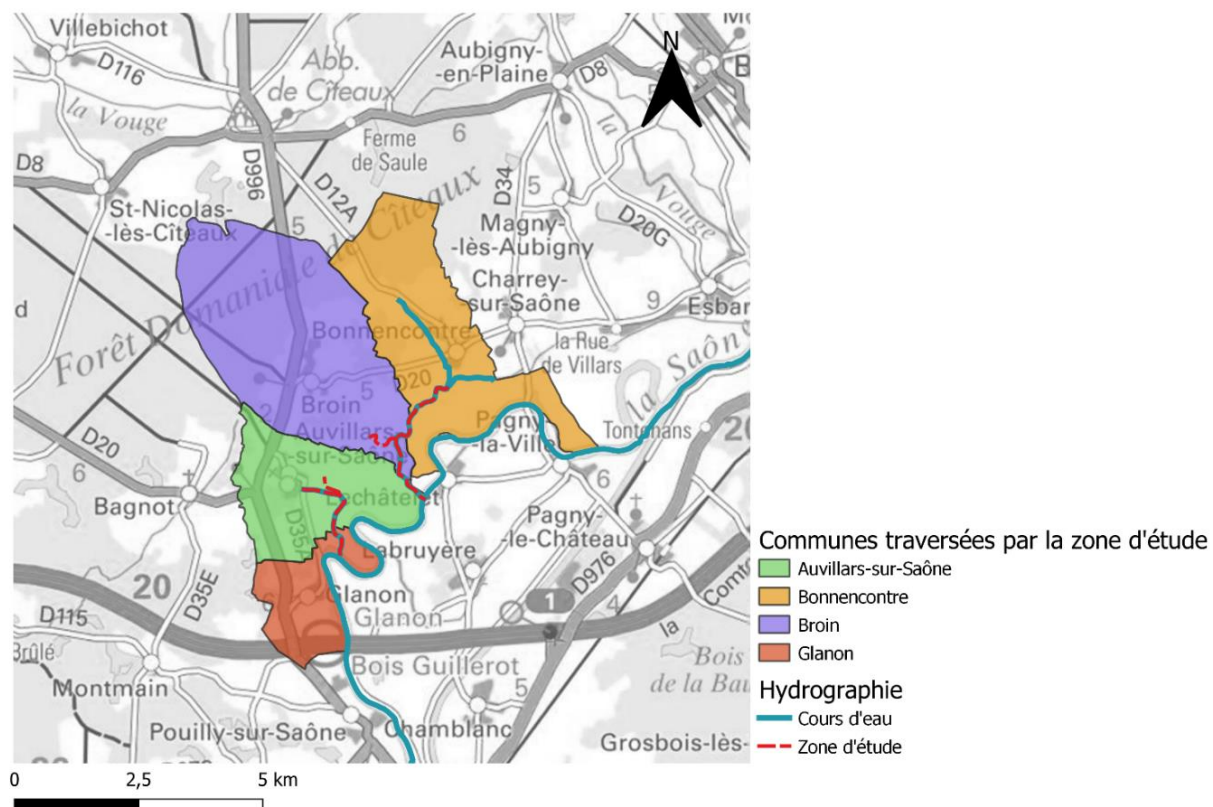


Figure 3 : Communes traversées par les cours d'eau étudiés

2.2. Contexte et objectifs de l'étude

La Raie du Lac et le Gravier sont deux cours d'eau évoluant dans un contexte de plaine d'agriculture intensive et qui rencontrent des problématiques d'envasement et de surdimensionnement du lit mineur (Figure 4). De plus, au vu de la topographie du secteur, la Saône présente une forte influence sur une partie du secteur d'étude :

- Pour des conditions hydrologiques d'étiage et de module elle maintient un certain niveau d'eau ;
- En période de crue la Saône, sur ce secteur, ne déborde pas préférentiellement par surverse mais remonte le long des deux affluents qui viennent alors inonder la plaine du Val de Saône.



Figure 4 : Panel de photographies des sites d'étude

Face à ce constat les acteurs locaux souhaitent agir depuis plusieurs années. En 2016, l'Association Foncière d'Auvillars-sur-Saône dépose une demande de curage afin de diminuer l'envasement du cours d'eau et tenter d'augmenter la vitesse de ressuyage de la plaine. Cette demande n'aboutit pas.

En découle alors une succession de rencontres entre les différents acteurs du territoire (chambre d'agriculture, communauté de communes, OFB, DDT, EPTB, association foncière...) afin d'évoquer ces problématiques et les possibilités d'action.

Il est alors décidé de réaliser une étude éco-morphologique sur le secteur. L'objectif étant de réaliser un diagnostic de ces deux affluents afin de proposer des solutions d'aménagement pour leur restauration. Plusieurs objectifs sont fixés ;

- Rendre une fonctionnalité éco-morphologique plus naturelle aux cours d'eau ;
- Retrouver des caractéristiques de rivière permettant le développement d'une faune et d'une flore adaptées ;
- Proposer des aménagements contribuant à améliorer la qualité habitationale de la rivière tout en intégrant les contraintes locales.

2.3. Les livrables réalisés pour l'EPTB Saône et Doubs

La réalisation de l'étude éco-morphologique de la Raie du Lac et du Gravier a mené à la réalisation de deux rapports principaux ;

- Un premier rapport contenant l'état des lieux du site d'étude et les orientations d'aménagement en découlant (Annexe 1),
- Un deuxième rapport centré sur les propositions d'aménagements et leur dimensionnement au stade esquisse (Annexe 2).

Pour chacune des réunions avec le COPIL un power point et un compte rendu de réunion ont également été réalisés. Deux réunions ont eu lieu ;

- Une réunion de lancement de l'étude qui a permis de présenter le contexte de l'étude et les premiers éléments de l'état des lieux du site d'étude ;
- Une réunion de restitution du diagnostic et de présentation des orientations d'aménagement. C'est lors de cette deuxième réunion que la méthode de restauration est validée avec le COPIL afin de commencer la deuxième phase, celle du dimensionnement.

2.4. Déroulé et organisation de l'étude

Cette étude s'est déroulée en deux grandes phases ; une première phase d'état des lieux du site d'étude et de détermination des orientations d'aménagement puis une deuxième phase de dimensionnement du projet (Figure 5).

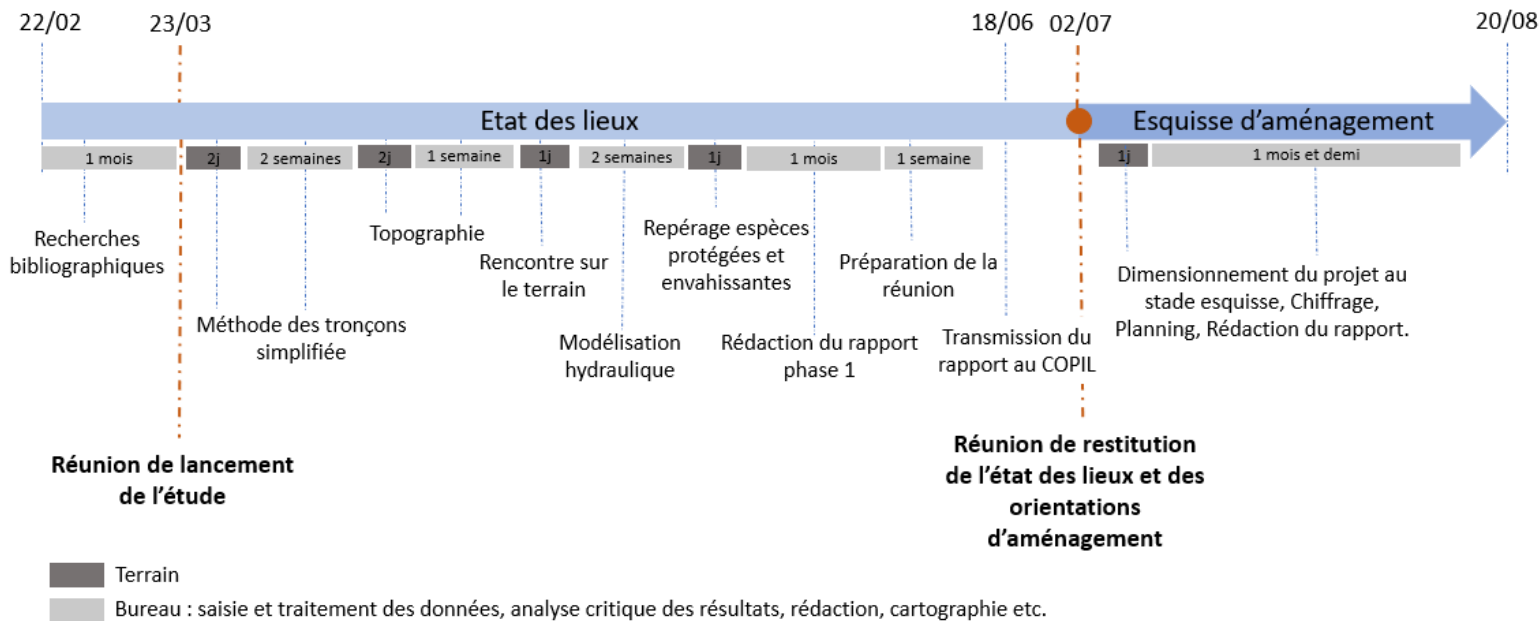


Figure 5 : Déroulé et organisation de l'étude

2.4.1. Phase 1 : Etat des lieux et orientations d'aménagement

La réalisation de cette première phase d'étude a duré environ 4 mois. En plus des recherches bibliographiques le diagnostic de ces deux cours d'eau a été réalisé en appliquant la méthode des tronçons simplifiée et en réalisant un modèle hydraulique.

La méthode des tronçons simplifiée : Originellement créée par le Conseil Supérieur de la Pêche puis finalisée par TELEOS en 1999 avant d'être simplifiée, cette méthode permet d'évaluer la qualité d'un cours d'eau par une approche physique. Les résultats sont obtenus sous forme de classe (A, B, C, D ou E) qui doivent être interprétées par rapport à une référence, c'est-à-dire un cours d'eau présentant une qualité physique intacte. La classe « A » correspond ainsi à une condition conforme à la référence.

Cette évaluation est réalisée à l'échelle du tronçon. Pour chaque tronçon trois compartiments sont étudiés afin de caractériser la capacité biogène du cours d'eau soit sa capacité à attirer la vie ;

- **L'Hétérogénéité** du lit mineur : La diversité de morphologie (largeur de lit, sinuosité) et d'écoulements (profondeur d'eau, vitesse d'écoulement) sont analysés. Plus le cours d'eau est diversifié plus il peut posséder d'habitats différents et accueillir des espèces différentes.

- L'**attractivité** du lit mineur : La diversité et la qualité du substrat ainsi que la présence de ripisylve et de caches piscicoles sont pris en compte afin d'analyser la diversité et la qualité des habitats aquatiques. Ici encore plus ils sont diversifiés plus le cours d'eau peut accueillir d'espèces différentes.
- La **connectivité** : La connectivité est étudiée longitudinalement (obstacles à la continuité écologique) et latéralement (hauteur et forme de berge, occupation du sol en lit majeur). Elle permet d'évaluer la capacité des peuplements aquatiques à se déplacer.

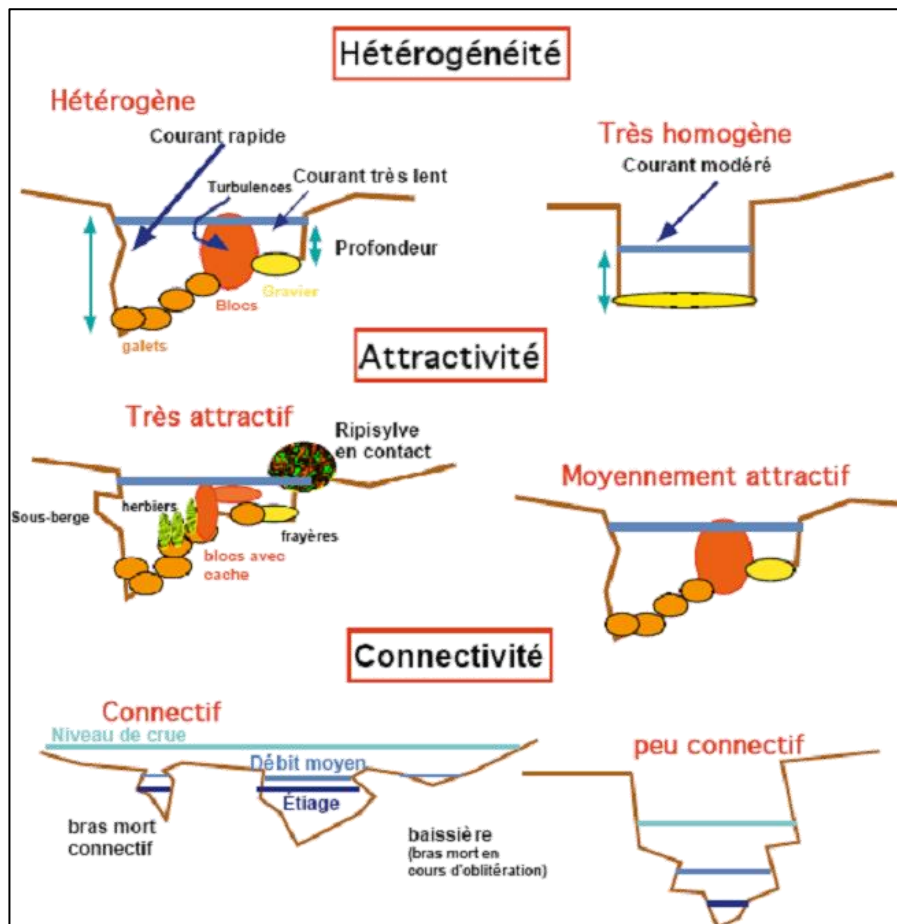


Figure 6 : Illustration schématique des 3 composantes de la qualité physique - Source : TELEOS

Pour chaque paramètre observé sur le terrain un score est associé. Les scores sont additionnés par compartiment. Le score global obtenu est ensuite associé à une classe de qualité A, B, C, D ou E (Tableau 1). Cette méthode permet donc d'obtenir une classe pour chacun des trois compartiments ainsi qu'une classe globale (Figure 7).

Tableau 1 : Limites de classes retenues pour les différents scores de qualité physique

TYPE de lit	Hétérogénéité		Attractivité		Connectivité		Qualité physique	
	Score	Classe	Score	Classe	Score	Classe	Score total	Classe Finale
Cours Aval	> 32	A	> 40	A	> 56	A	> 4032	A
	24 - 32	B	30 - 40	B	42 - 56	B	2268 - 4032	B
	16 - 24	C	20 - 30	C	28 - 42	C	1008 - 2268	C
	8 - 16	D	10 - 20	D	14 - 28	D	252 - 1008	D
	0 - 8	E	0 - 10	E	0 - 14	E	0 - 252	E

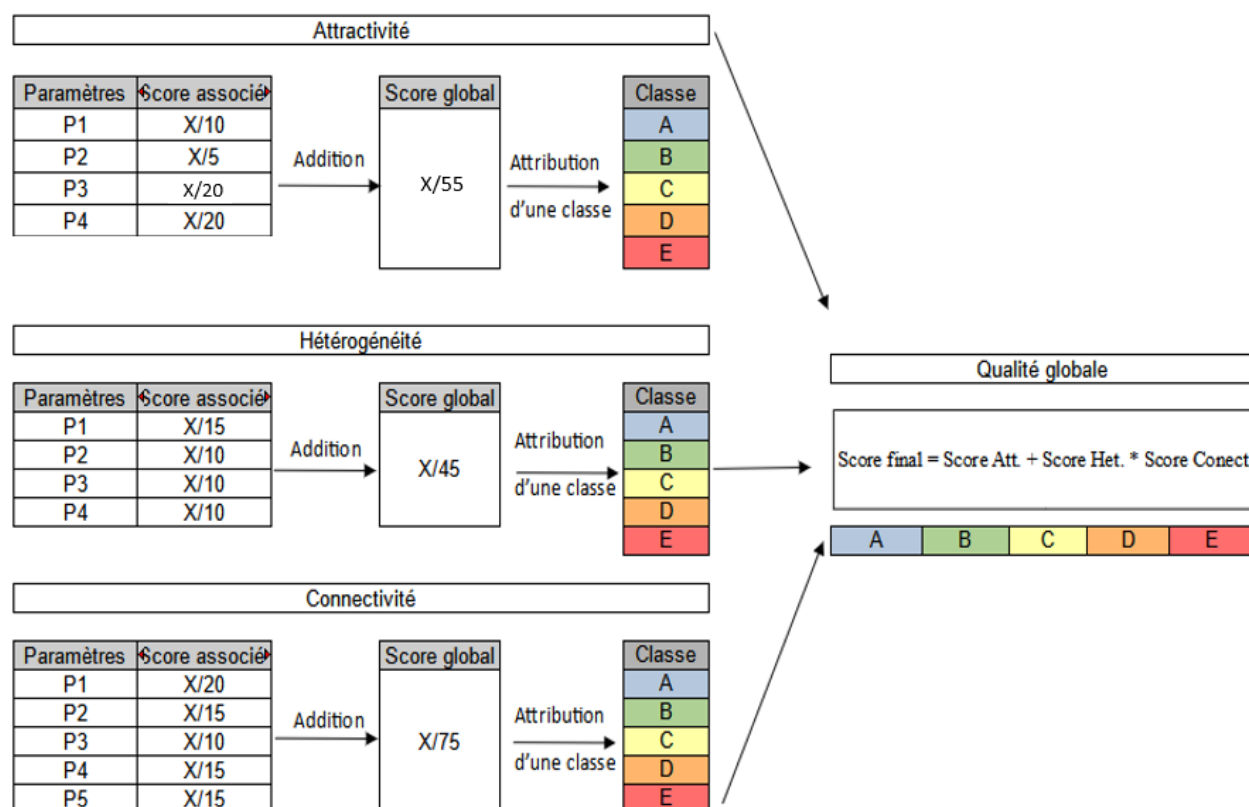


Figure 7 : Récapitulatif de la méthode de calcul utilisée dans la méthode des tronçons simplifiée

Dans le cadre de cette étude, deux journées de terrain ont été réalisées afin de récolter les données nécessaires à la mise en place de cette méthode. Pour chaque tronçon une fiche terrain a été réalisée. Une phase de bureau pour le traitement des données a ensuite eu lieu et a permis d'aboutir à la réalisation de 8 cartes révélatrices de la qualité des cours d'eau (Figure 8). Des fiches tronçon ont également été réalisées (Figure 9).

Tous ces éléments et leurs interprétations ne sont pas présentés de manière détaillée dans le présent rapport mais figurent dans le rapport réalisé pour le commanditaire (Annexe1).

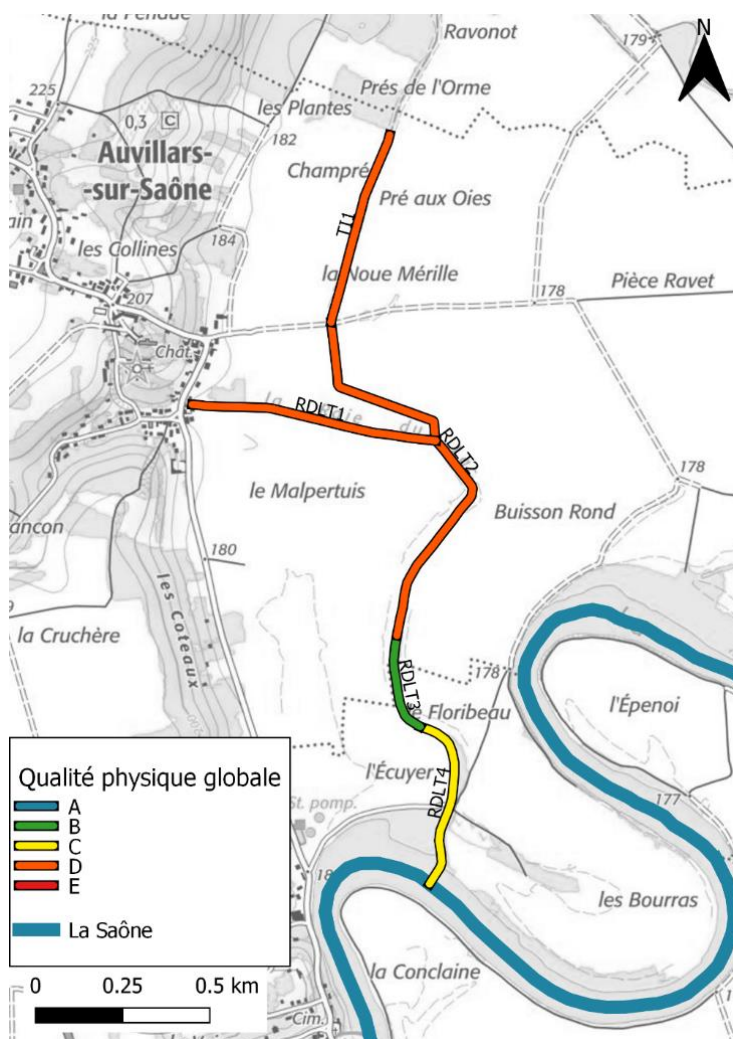


Figure 8 : Exemple de cartographie réalisée

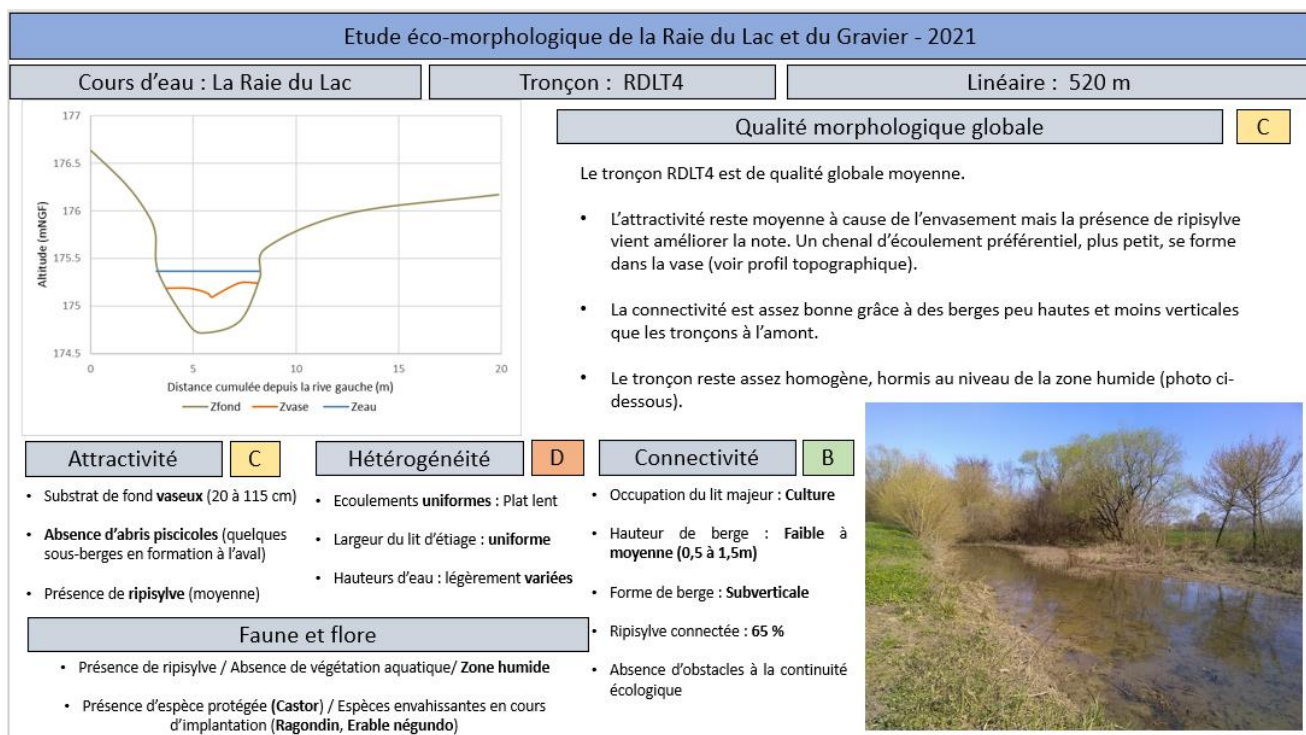


Figure 9 : Exemple de fiche tronçon réalisée

La modélisation hydraulique : Pour pouvoir compléter le diagnostic et dimensionner les aménagements, deux modèles hydrauliques ont été réalisés. Afin de modéliser les deux cours d'eau des données telles que la morphologie, les débits, le dimensionnement des ouvrages présents ou encore les niveaux d'eau de la Saône pour différentes conditions hydrologiques ont été nécessaires.

A. La topographie et les ouvrages

Dans le but de connaître la morphologie des deux cours d'eau, deux journées de terrain ont été consacrées à la réalisation de relevés topographiques (à l'aide d'un appareil topographique GNSS). Une étude hydraulique ayant déjà été menée sur la Saône et ses affluents par le bureau d'études BRLi les relevés réalisés par l'EPTB sont venus en complément (Figure 10).

Ont donc été relevés ;

- 2 profils en long : 1,6 kilomètre pour la Raie du Lac et 3,9 kilomètres pour le Gravier
- 14 profils en travers sur la Raie du Lac
- 19 profils en travers sur le Gravier

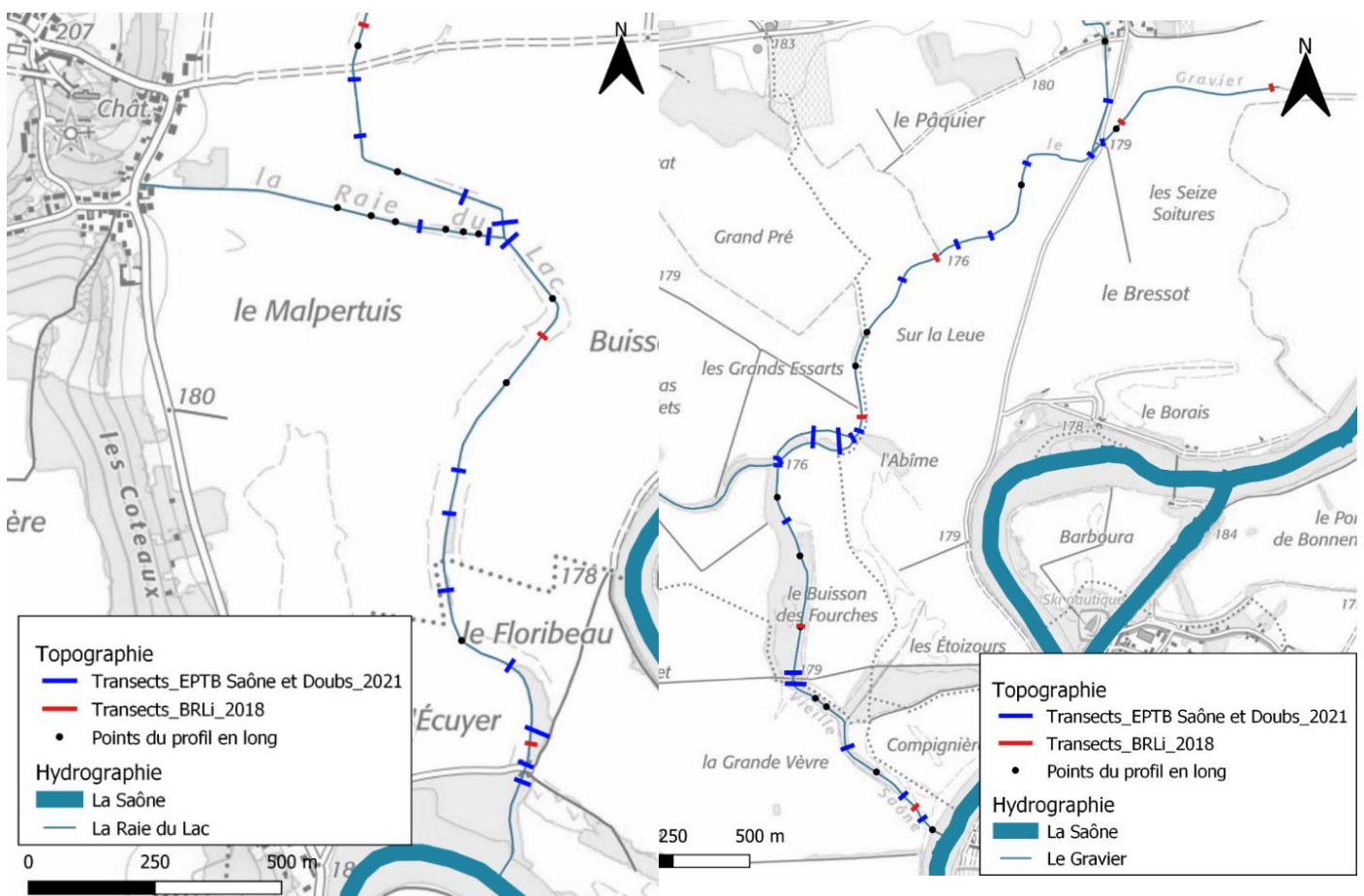
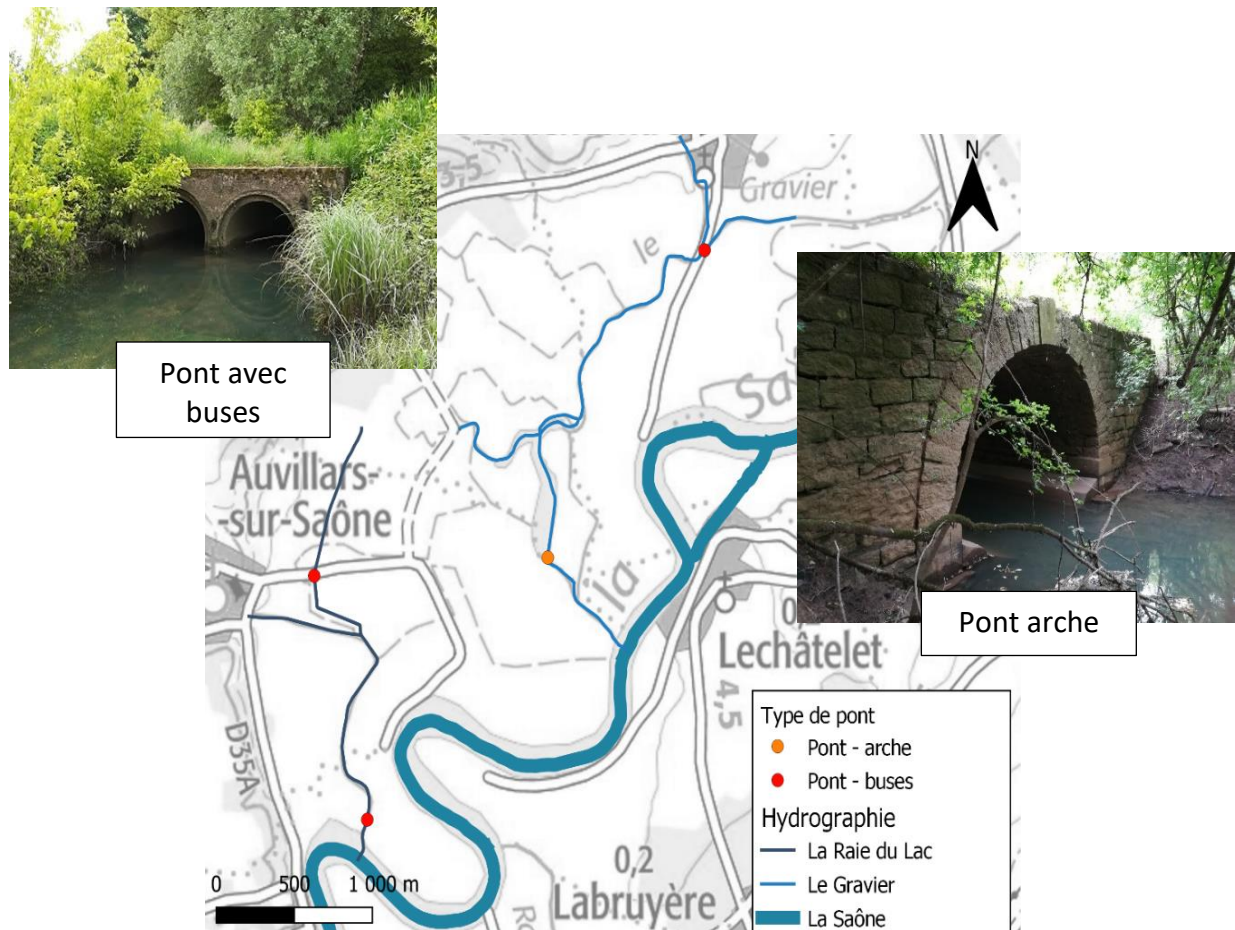


Figure 10 : Cartographies des relevés topographiques réalisés

Concernant les ouvrages présents, l'étude réalisée par le bureau d'étude BRLi comportait également des fiches ouvrages. Les données fournies ont alors été réutilisées pour pouvoir modéliser les ponts présents sur les deux cours d'eau. Dans le cas des ouvrages non étudiés par l'étude de BRLi, des mesures ont été réalisées sur les ouvrages.



B. Les débits

Aucune station hydrométrique n'est présente sur les cours d'eau étudiés. Afin de parer à ce manque de données une méthode d'extrapolation des débits par surface contributive avec régression linéaire est utilisée. Cette méthode consiste à identifier plusieurs bassins versants similaires à celui étudié dont la surface et les débits sont connus afin de pouvoir extrapoler, via une formule mathématique, les débits des bassins étudiés. Dans le cas de notre étude, 4 stations hydrométriques proches de la zone d'étude ont été utilisées afin d'estimer les débits (Tableau 2).

Tableau 2 : Stations hydrométriques et données utilisées pour l'extrapolation des débits

Stations	Code station	Surface BV (km ²)	Période d'exploitation	Débits caractéristiques (m ³ /s)		Débits caractéristiques (m ³ /s) - Crues -	
				Module	Etiage QMNA5	Retour 2 ans	Retour 5 ans
Pannecul à Noiron-sur-Bèze	U1115210	11,5	1976-2021	0,093	0,015	0,96	1,4
Vouge à Aubigny-en-Plaine	U1415040	312	1992-2021	2,18	0,24	18	24
Dheune à Palleau	U3034010	992	1990-2021	7,35	0,61	53	74
La Lauve à Ladoix-Serrigny	U3035810	7,6	1996-2021	0,227	0,038	1,4	1,9

Une régression linéaire basée sur les données du tableau 2 et permettant de mettre en relation surface de bassin versant et débit est ensuite réalisée sous Excel (Figure 11). Connaissant la surface des bassins versant étudiés, il est ainsi possible d'extrapoler les débits qui y transitent.

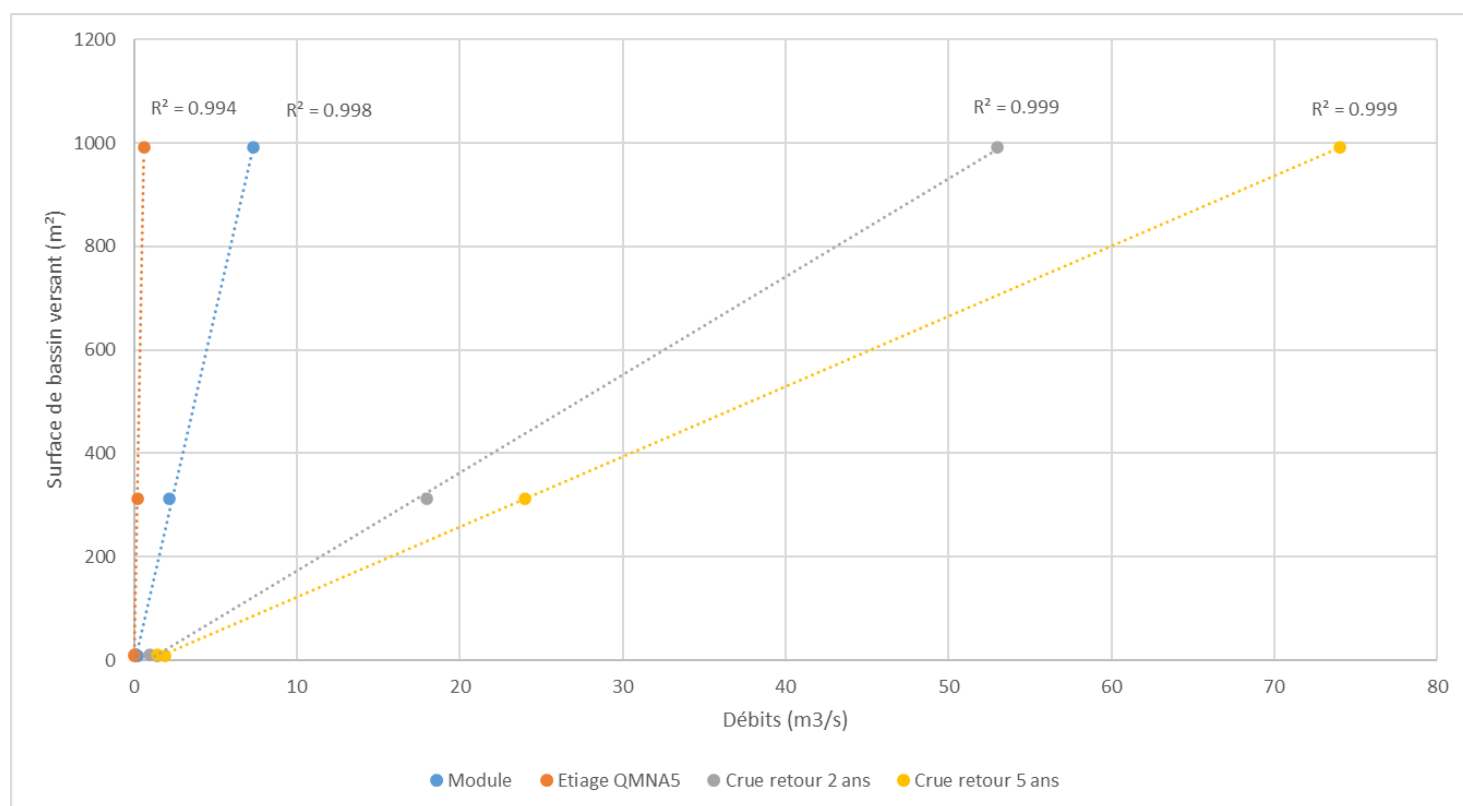


Figure 11 : Graphique d'extrapolation des débits de la Raie du Lac et du Gravier par régression linéaire

Grâce à cette méthode il a donc pu être défini, pour la Raie du Lac et le Gravier, des débits d'étiage et de module (Tableau 3). Seuls ces deux débits ont été déterminés. En effet pour les conditions hydrologiques de hautes eaux l'influence de la Saône devient trop importante pour permettre ce calcul. Les débits transitant dans la Raie du Lac et le Gravier ne dépendant plus uniquement de la taille de leur bassin versant mais également de la Saône, qui remonte à travers les deux affluents.

Tableau 3 : Résultat des débits obtenus sur les cours d'eau étudiés après extrapolation

Cours d'eau	Surface bassin versant (km ²)	Débit (m ³ /s)	
		Etiage	Module
Raie du Lac	5.17	0.032	0.075
Gravier	8.49	0.034	0.099

C. Réalisation et calage du modèle hydraulique

Une fois le post traitement des données topographiques réalisé, les deux modèles hydrauliques ont été créés sous HEC-Ras et lancés pour les débits d'étiage et de module. Leur calage a été réalisé grâce aux différents niveaux d'eau relevés lors du suivi des hauteurs d'eau et lors des phases de topographie.

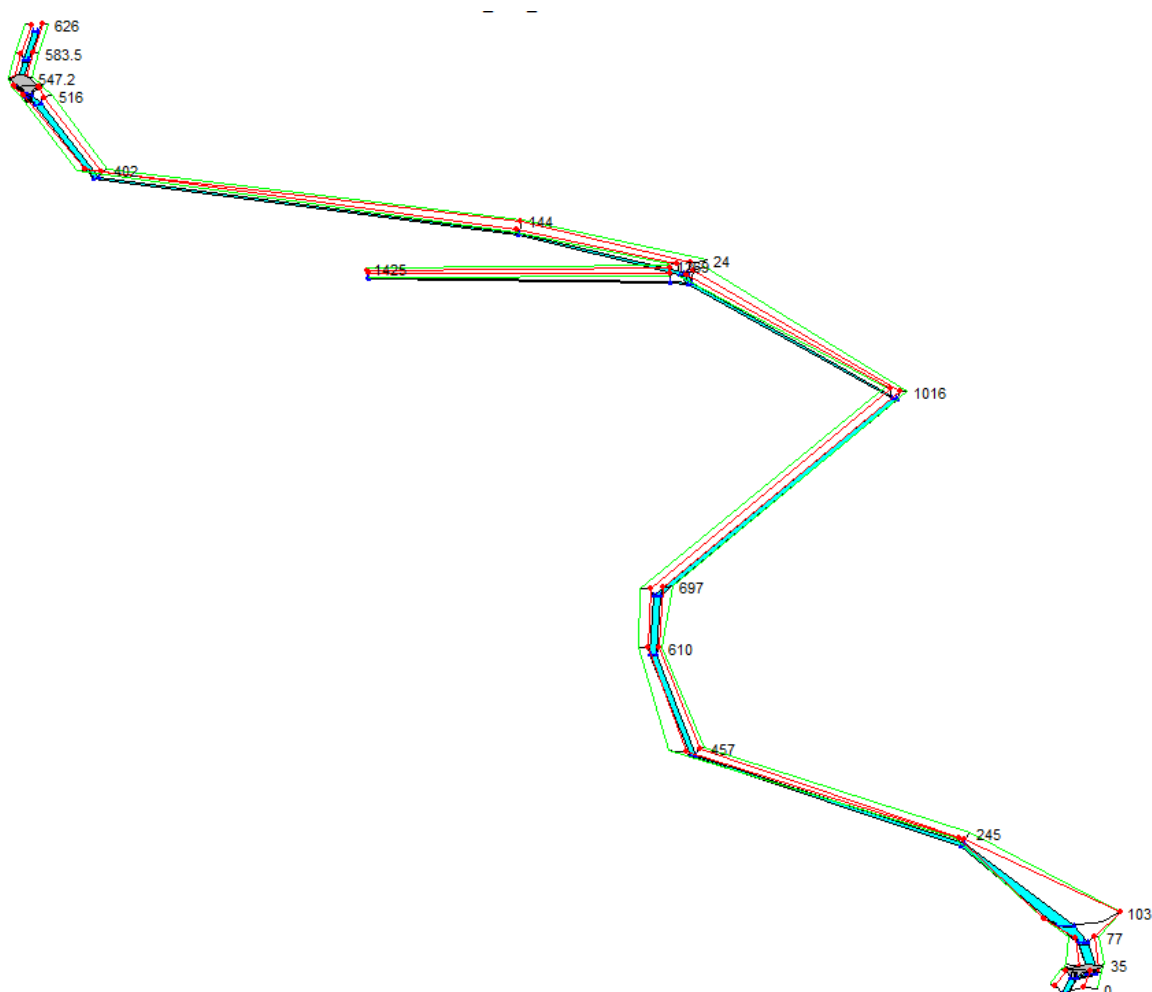


Figure 12 : résultat obtenu suite à la modélisation de la Raie du Lac via HEC-Ras

Les résultats issus de l'analyse de la topographie (profil en long, taux moyen d'envasement, localisation des atterrissements, etc.) **et de la modélisation hydraulique** (linéaire d'influence de la Saône) **ne sont pas présentés de manière détaillée dans ce rapport mais figurent dans le rendu réalisé pour le commanditaire (Annexe 1).**

2.4.2. Principales conclusions du diagnostic

Comme expliqué précédemment toutes les interprétations détaillées et résultats de l'étude ne sont pas présentés dans ce rapport car ils ont fait l'objet d'un rapport à part entière pour le commanditaire. Néanmoins afin de faciliter la compréhension des aménagements proposés ultérieurement, les principales conclusions du diagnostic sont présentées dans cette partie.

1. Diagnostic : Hydrologie et hydraulique

La Raie du Lac et son affluent représentent 3 kilomètres de linéaire d'étude contre 5 kilomètres pour le Gravier. Leurs bassins versant respectifs mesurent 5,2 et 8,5 km². Les débits qui transitent dans les cours d'eau ne sont pas très importants et les niveaux d'eau à l'étiage sont faibles dû au surdimensionnement du lit mineur des cours d'eau.

Cours d'eau	Surface bassin versant (km ²)	Débit (m ³ /s)	
		Etiage	Module
Raie du Lac	5.17	0.032	0.075
Gravier	8.49	0.034	0.099

L'état des lieux a également permis de mettre en évidence la forte influence de la Saône sur le secteur d'étude :

- A l'étiage et au module les niveaux d'eau des émissaires sont maintenus par celui de la Saône (linéaire variant entre 150 et 400 mètres)
- En période de crue les débordements de la Saône au droit du secteur d'étude ne se font principalement pas directement par surverse mais par remontée le long des affluents (Figure 13).

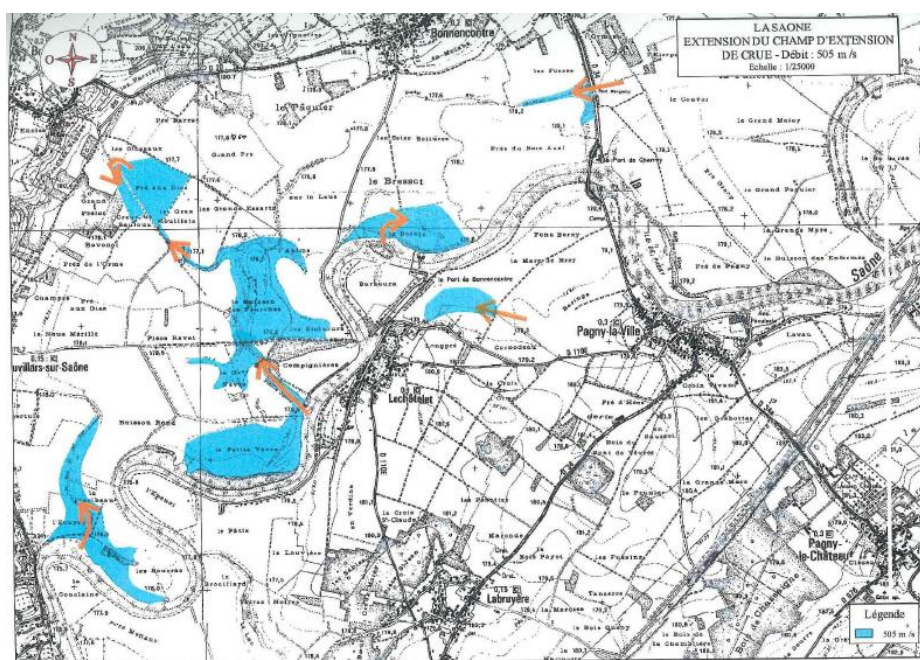


Figure 13 : Champs d'extension de crue de la Saône - Source : Etude hydraulique du Val de Saône (BRLi, 2017)

2. Diagnostic : Morphologie

La réalisation de l'état des lieux a permis de faire ressortir plusieurs éléments ;

- Les deux cours d'eau évoluent dans un contexte de **plaine d'agriculture intensive**,
- Suite à l'application de la méthode des tronçons simplifiée, leur morphologie ressort comme étant globalement dégradée ;
 - L'**attractivité** est globalement **mauvaise** sur tout le linéaire du fait de la présence d'un **substrat de fond vaseux** (Figure 14). On retrouve en moyenne 60 centimètre de vase dans le Gravier contre 40 à 50 pour la Raie du Lac. La présence de **caches piscicoles** et/ou de la **ripisylve** améliore la notation.



Figure 14 : Illustration du fond vaseux

- L'**hétérogénéité** est aussi globalement **mauvaise** (Figure 15). Les deux cours d'eau sont très homogènes en termes de morphologie et d'écoulements. On retrouve cependant certaines zones de **rétrécissement** (causée par un effondrement localisé des berges dû à leur verticalité ou par l'implantation de végétation) qui viennent apporter de la diversité et dynamiser les écoulements. Ces zones obtiennent de meilleurs scores.



Figure 15 : Illustration du caractère homogène du cours d'eau

- La **connectivité varie** entre les tronçons aux berges de faibles hauteurs et aux formes douces et les tronçons aux berges très hautes et verticales (Figure 16).



Figure 16 : Illustration des différences de connectivité

- Au niveau de la **Raie du Lac**, les résultats de qualité physique globale indiquent un cours d'eau de **meilleure qualité en aval qu'en amont** (Figure 17).
- Au niveau du **Gravier**, cette distinction amont-aval n'est pas retrouvée. Les **résultats** sont plus **variés** en fonction des tronçons. La connectivité ainsi que la présence de ripisylve et de caches piscicoles y jouent un rôle (Figure 17).

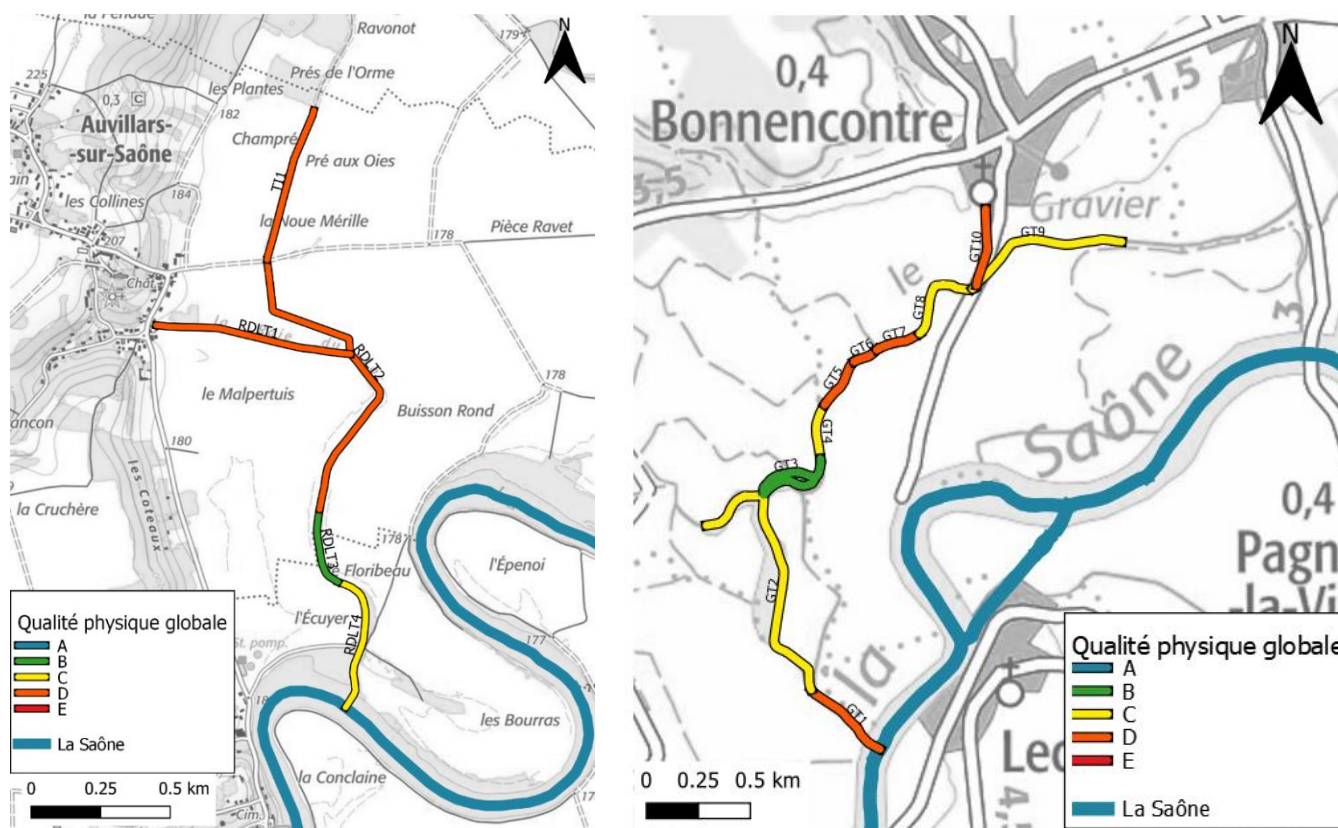


Figure 17 : Cartes de la qualité morphologique globale sur la Raie du Lac et le Gravier

Le reste des données morphologiques et notamment les profils en long ont montré que ;

- Les pentes sur le secteur d'étude sont assez faibles.
- La Raie du Lac et le Gravier souffrent d'une problématique **d'envasement généralisé** :
 - En moyenne 40 à 50 centimètres de vase sur la Raie du Lac
 - En moyenne 60 centimètres de vase sur le Gravier
- L'étude du profil en travers réalisé en 2018 sur le Gravier indique que les niveaux de vase semblent **stabilisés** autour d'un **état « d'équilibre »**. On retrouve cependant plusieurs atterrissements qui viennent créer un « effet bouchon » en phase d'étiage et piègent ainsi la vie aquatique présente.

3. Diagnostic : Ecologie

Sur le plan écologique, le site d'étude possède un **fort potentiel** :

- Il est situé sur des **ZNIEFF** de type I et II,
- On y retrouve plusieurs **espèces protégées** à l'échelle de la commune et certaines ont été observées sur le linéaire d'étude : Castor d'Europe, Euphorbe des marais, Bécassine des marais,



Espèces protégées présentes sur le site d'étude

- On y retrouve des zones humides à potentiel pour la reproduction piscicole et du brochet notamment (qui est l'espèce repère sur la Saône au droit du secteur d'étude).

Le secteur rencontre cependant plusieurs **problématiques** telles que :

- L'**absence de ripisylve** sur une grande partie du linéaire,
- La présence de trois **espèces invasives** sur ou à proximité des deux cours d'eau (Ragondin, Erable Négundo, Renouée du Japon),

- La **disparition des milieux d'intérêt** du Val de Saône comme les prairies (pour le Courlis cendré) et les zones humides (pour le brochet notamment).

2.4.3. Phase 2 : Propositions d'aménagement et dimensionnement

Cette partie présente succinctement le projet proposé et notamment les principes de restaurations choisis. Le détail du dimensionnement, les différents scénarii proposés, leur chiffrage et le planning prévisionnel sont détaillés dans le rapport dédié à la présentation du projet réalisé pour le commanditaire (Annexe 2).

A. Les grands principes de restauration

Afin de restaurer les rivières il existe plusieurs grands principes et méthodes tels que : la remise dans le thalweg, le reméandrage, le remodelage des berges ou encore la diversification du lit mineur (banquettes, épis, etc.).

Suite à la présentation du diagnostic au COPIL, ces différentes méthodes ainsi que leurs avantages et inconvénients ont été présentées afin de déterminer la méthode la plus adaptée pour notre secteur d'étude.

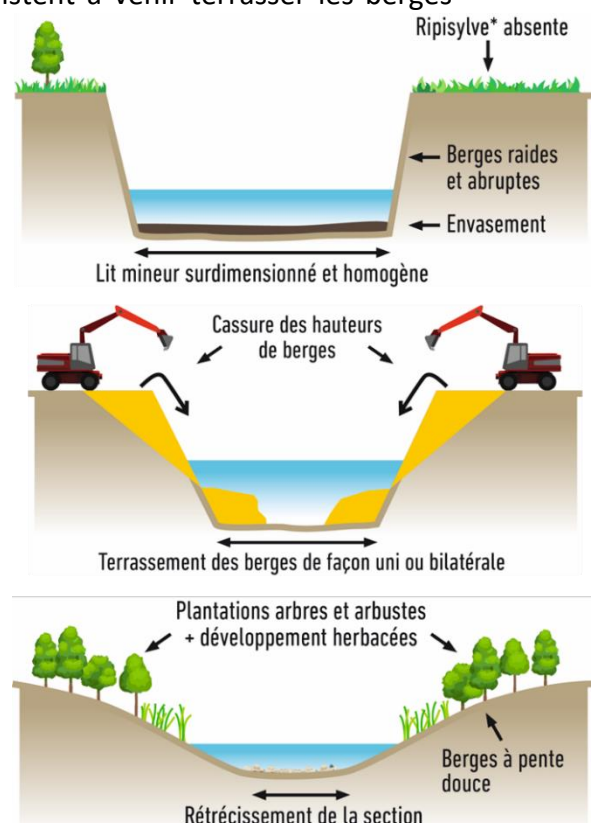
Au vu de la faible pente du cours d'eau et de la forte influence de la Saône le cours d'eau possède des faibles capacités d'auto-ajustement. Du fait du contexte agricole l'emprise foncière doit être comprise dans la bande enherbée pour ne pas empiéter sur les parcelles.

Face à ces constats, le **remodelage de berge** a été identifié comme méthode de restauration à privilégier pour les deux cours d'eau. Les travaux consistent à venir terrasser les berges hautes et verticales en pente plus douce et naturelle. Les matériaux déblayés sont ensuite utilisés pour venir remblayer le lit mineur avec ;

- Un lit central dit d'étiage permettant de rétrécir la section d'écoulement et maintenir une hauteur d'eau plus importante et hétérogène en période de basses eaux. Il peut être réalisé de manière unilatérale (banquette) ou bilatérale de façon à créer une micro sinuosité.
- Un lit moyen pouvant contenir les débits plus importants.

La création de ce chenal d'étiage aux dimensions adaptées aux cours d'eau permet de maintenir diminuer l'effet du surdimensionnement en maintenant un niveau d'eau plus élevé en période d'étiage. Ainsi l'eau se réchauffe moins vite et les conditions sont plus propices au développement de la vie aquatique.

Figure 18 : Illustration de la méthode de restauration par déblais/remblais - Source : LAGRIFFE



A cette proposition de remodelage de berge vient s'ajouter une proposition pour la gestion des **atterrissements** présents. Le projet propose donc, de manière complémentaire au remodelage ou plus localisée, de venir **refaçonner un lit d'étiage** dans les atterrissements en dégageant et évacuant le surplus de matériaux.

Il est également proposé de venir réaliser des plantations de **bosquets de végétation** à plusieurs endroits du secteur d'étude afin de rendre au cours d'eau une ripisylve fonctionnelle et bénéfique. Des **hélrophytes** en godet doivent également être implantés au niveau des secteurs remodeler afin d'augmenter les capacités d'autoépuration du cours d'eau.

B. Le projet au stade esquisse

Suite à la réalisation du diagnostic et la concertation avec les membres du COPIL, le projet proposé sur le secteur d'étude est le suivant :

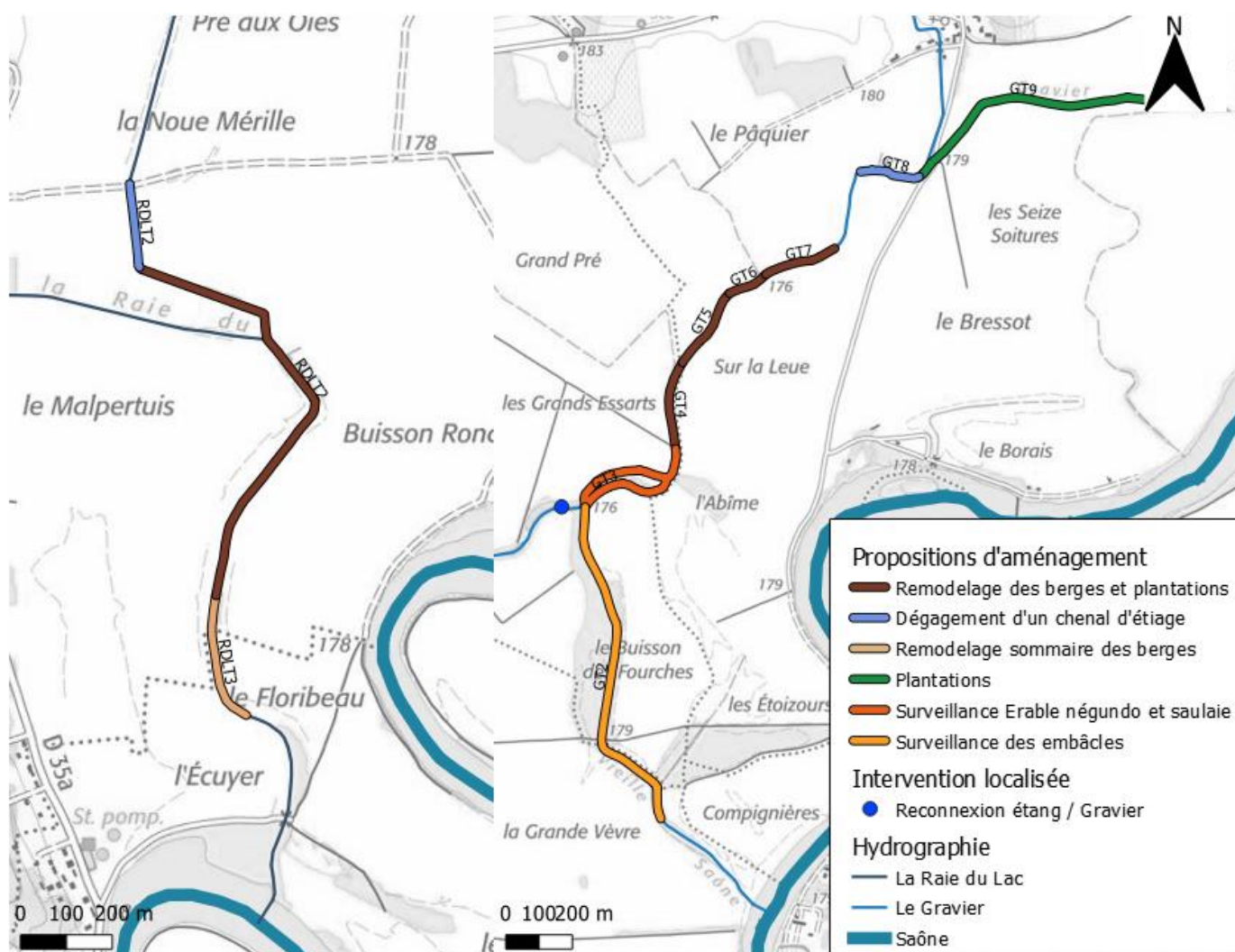


Figure 19 : Localisation et types d'aménagements proposés pour la restauration des deux cours d'eau

Pour le remodelage de berges, deux scénarii ont été pensés pour la **Raie du Lac** et seront présentés au COPIL. Dans les deux cas les dimensions du lit d'étiage sont identiques ont été déterminées à l'aide du modèle hydraulique. Entre les deux scénarii c'est donc l'ampleur des déblais et l'emprise en berge qui changent :

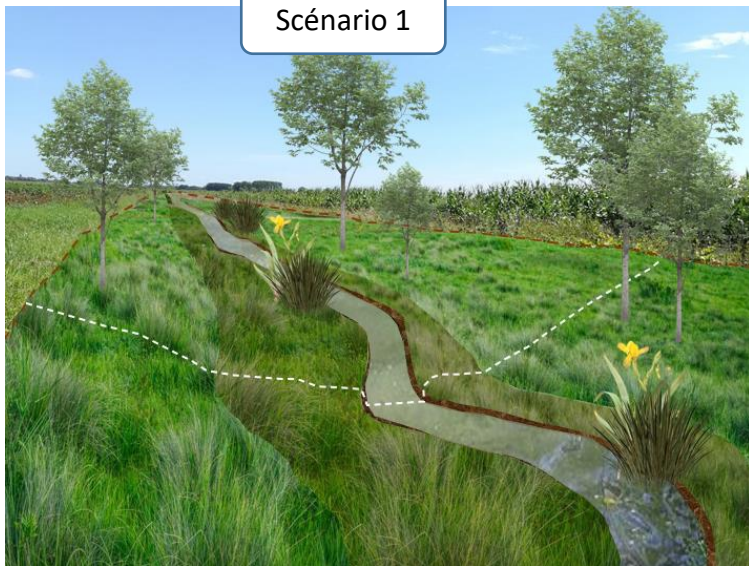
- Scénario 1 : l'emprise foncière des déblais est plutôt importante (environ 3m de part et d'autre) et permet d'obtenir des pentes très douces pouvant accueillir un ripisylve fonctionnelle et permettant de rétablir une bonne connectivité. Cependant le volume de déblais est largement supérieur aux remblais. Une quantité importante de matériaux doit être exportée et engendre des coûts non négligeables (environ 60 000 euros d'export).
- Scénario 2 : ce deuxième scénario est conçu pour que les volumes de déblais et de remblais s'équilibrent et ainsi éviter tout export de matériaux. Cependant, même si les coûts sont largement réduits et l'emprise foncière moindre (<1 mètre de part et d'autre du cours d'eau), les gains écologiques sont moins importants car les berges restent verticales (1H/1V ou 1H/2V).

Il est donc prévu de présenter ces deux scénarii au COPIL afin de trouver un intermédiaire à la fois acceptable pour la profession agricole et les financeurs et qui permettrait un gain éco-morphologique important.

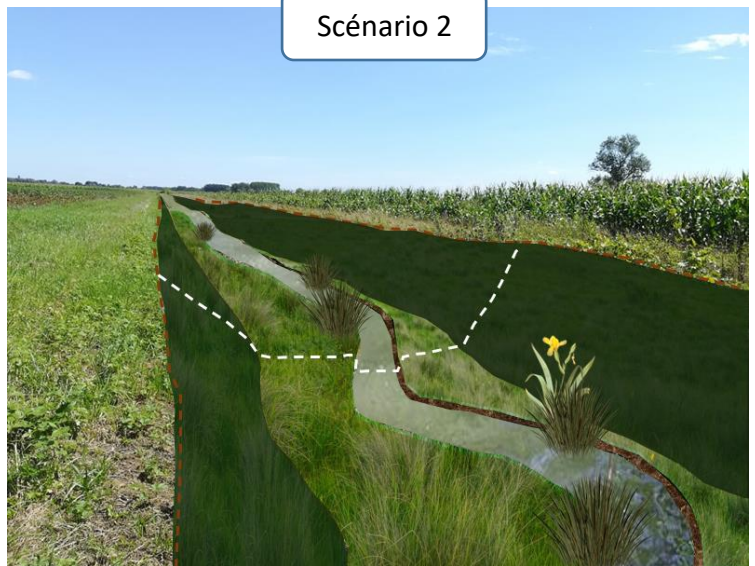
Etat actuel



Scénario 1



Scénario 2



Avantages

Le scénario 1 permettrait d'obtenir des **pent**es douces et aurait plusieurs avantages :

- Plantation et développement d'une **végétation connective**
- Augmentation de la **connectivité** entre le lit d'étiage et le lit moyen du cours d'eau
- Bénéfices pour la faune aquatique et terrestre (zone de fraie, cache, alimentation...)
- Augmentation des capacités auto-épuratrices du cours d'eau

Inconvénients

Le scénario 1 possède également quelques **inconvénients** :

- **Emprise foncière** assez importante (3m de part et d'autre du cours d'eau)
- **Volumes de déblais et coûts** important (environ 2900 m³)

Avantages

Le scénario 2 présente des **avantages** ;

- **Volume** de déblais et remblais équivalent donc pas d'export de matériaux
- Coûts réduits
- **Emprise foncière** réduite (<1 mètre de part et d'autre)

Inconvénients

Le scénario 2 possède également des **inconvénients** :

- Faible modification de la **pen**te des berges qui restent abruptes
- Absence d'implantation de végétation connectée
- Pas d'amélioration significative de la connectivité du cours d'eau
- **Gain éco-morphologique logique limité**

Figure 20 : Illustration de l'état actuel et présentation des deux scénarios envisagés

Au niveau du **Gravier**, un seul scénario est présenté. En effet les hauteurs et verticalités des berges varient entre les différents tronçons. On retrouve donc un tronçon en déficit de matériaux et un en excès. Il est donc proposé de déplacer les matériaux entre ces deux tronçons assez proches (une centaine de mètres). Ainsi le volume de matériaux à évacuer n'est pas très important et n'engendre pas des coûts trop importants (environ 100 à 200 m³).

Le projet proposé permet donc, en venant retaluter les deux berges du cours d'eau sur des emprises foncières acceptables (< à 2 mètres de part et d'autre) d'obtenir des pentes douces et naturelles et un gain éco-morphologique important.

3. Missions annexes

En plus de la réalisation de cette mission principale, il m'a été permis de participer à plusieurs autres missions qui sont succinctement présentées dans cette partie.

3.1. Caractérisation de l'effet du batillage sur les platis de la Saône

On retrouve dans le lit mineur de la Saône, entre les berges et le chenal de navigation, des platis. Ce sont des banquettes immergées et peu profondes qui permettent l'implantation de végétation aquatique et semi-aquatique diversifiée.

Ces zones de haut fond offrent une hétérogénéité morphologique à la Saône qui a été fortement modifiée par les différentes opérations réalisées afin de la rendre navigable. Les platis sont donc considérés comme les « réservoirs biologiques » de la Saône car ils servent de zones de repos, de reproduction ou encore de nourrissage pour la faune aquatique.

Les platis sont cependant menacés par le passage récurrent de bateaux, dont les vitesses ou les gabarits peuvent être très importants (bateaux-hôtels par exemple). Un phénomène de batillage se met alors en place ; les eaux sont aspirées au passage du bateau puis des vagues se forment et viennent se briser aux abords des berges. Ces mouvements importants de la masse d'eau provoquent une déstabilisation du substrat, des végétaux et de la faune aquatique (pontes exondées, poissons parfois projetés hors de l'eau...).

Afin d'étudier ce phénomène l'EPTB Saône et Doubs et le CEREMA Eau, mer et fleuve de Compiègne lancent une étude qui permettra de caractériser l'impact des bateaux sur les platis avant et après la mise en place de protections anti-batillage. Pour l'étude deux platis sont instrumentalisés : le platis de LaSalle en Saône-et-Loire et le platis de Villefranche-sur-Saône dans le Rhône. Deux campagnes d'étude sont réalisées ;

- Deux campagnes « étiage et moyenne eaux » en juin et en septembre afin d'évaluer l'impact du passage des bateaux,
- Deux campagnes « post travaux » afin d'étudier l'efficacité des protections anti-batillage installées (2022/2023).

Pour chaque campagne les platys sont instrumentalisés pour une semaine avec :

- Deux appareils photo time laps permettant de prendre en photo les bateaux et connaître leurs caractéristiques et leurs vitesses.
- Un courantomètre ;
- Deux turbidimètres ;
- Neuf sondes pressiométriques.

Les données récoltées au cours de ces campagnes d'instrumentalisation sont ensuite transmises au CEREMA pour analyse et réalisation d'une modélisation hydraulique sur le batillage au droit des deux sites d'étude.

3.2. Restauration éco-morphologique du Nacey à Flammerans (21)

Le Nacey est un affluent de la Saône situé en Côte d'Or se jetant en rive gauche de la Saône au niveau de la commune de Flammerans. Il prend sa source dans le Jura, au niveau de la commune de Dammartin-Marpain. Le bief du Nacey et ses affluents représentent 29,2 kilomètres de linéaire.

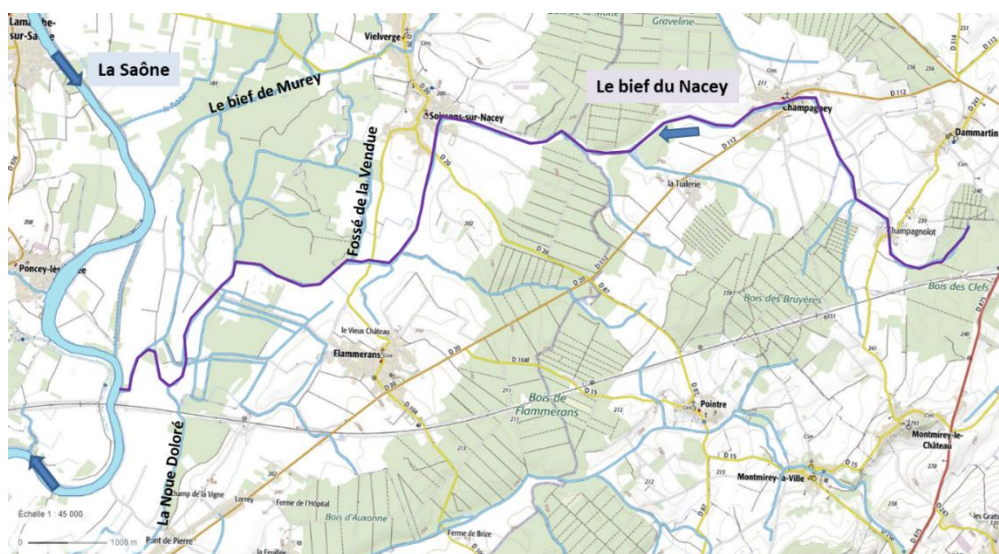


Figure 21 : Localisation du Nacey - Source : EPTB Saône et Doubs

Une étude éco-morphologique a été menée sur l'affluent, au niveau de la commune de Flammerans en 2018 et a débouché sur des propositions d'aménagements pour sa restauration. Le but étant ici de venir améliorer la qualité éco-morphologique de ce cours d'eau fortement dégradé et évoluant dans un contexte prairial.

Des travaux de remodelage des berges et de plantation de ripisylve ont lieu en 2021. La première phase de remodelage des berges est effectuée en juin et la deuxième phase, de plantation, en décembre.

Lors de mon stage au sein de l'EPTB Saône et Doubs, il m'a été permis de suivre cette étude et notamment de ;

- Participer à l'analyse des réponses à l'appel d'offre menée par l'EPTB Saône et Doubs afin de trouver une entreprise pour réaliser les travaux,
- Assister à la réunion de présentation de l'entreprise retenue pour les travaux auprès du COPIL (réunion de préparation des travaux),
- Assister aux réunions hebdomadaires de suivi de chantier et à quelques visites inopinées.



Figure 22 : Illustration des travaux réalisés sur le Nacey à Flammerans (21)

4. Réflexion sur l'expérience

Ce stage de 6 mois au sein de l'EPTB Saône et Doubs fut une expérience très enrichissante sur plusieurs points ;

- La réalisation de l'étude éco-morphologique sur la Raie du Lac et le Gravier était très concrète et complète. Elle m'a permis de mettre en application et d'approfondir mes connaissances en état des lieux et en restauration de cours d'eau via des phases de bibliographies et de terrain. Cette expérience m'a également permis de mieux appréhender les jeux d'acteurs présents sur un territoire et leur importance via l'animation de réunion de COPIL.
- La réalisation du suivi de chantier sur le Nacey est venue se placer en complément et m'a permis d'appréhender la phase travaux d'une étude de restauration. Notamment les relations avec l'entreprise, les consignes de sécurité, le cadre réglementaire et les pièces administratives nécessaires.
- Ce stage m'a également permis, dans sa globalité, de comprendre le fonctionnement d'un Etablissement Public Territorial de Bassin versant, de découvrir le volet animation, le fonctionnement de le GEMAPI et les relations avec les collectivités adhérentes.

Ce stage fut donc une expérience très complète m'ayant permis de développer aussi bien des compétences techniques que de découvrir les jeux d'acteurs et le volet politique très présent dans le milieu de la restauration de cours d'eau.

Cette expérience m'a également permis de confirmer mon envie de travailler dans le milieu de la restauration des cours d'eau et auprès des acteurs locaux pour continuer de faire évoluer les choses et améliorer la qualité des cours d'eau en France.

Conclusion

L'EPTB Saône et Doubs est un établissement public en charge de l'initiation et de la gestion des politiques publiques de l'eau à l'échelle du bassin versant de la Saône et du Doubs.

Ainsi, il anime et coordonne le contrat de rivière « *Saône, corridor alluvial et territoires associés* » basé sur 6 objectifs devant permettre le retour au bon état des cours d'eau. De plus, l'EPTB Saône et Doubs travaille pour ses collectivités adhérentes sur les compétences GEMAPI.

C'est dans ce double contexte, suite à une demande locale et à la présence de fiches actions dans le contrat de rivière, que l'étude éco-morphologique de la Raie du Lac et du Gravier est lancée. Cette étude réalisée en deux grandes phases ; état des lieux puis esquisse d'aménagement, a permis de mettre en évidence les principales problématiques présentes sur le site d'étude afin de définir un projet.

Pour ces deux cours d'eau de plaine du Val de Saône plusieurs problématiques principales ont pu être identifiées :

- Surdimensionnement du lit mineur,
- Envasement généralisé,
- Apparition d'atterrissements (effondrements des berges verticales notamment),
- Faible lame d'eau et création de poches d'eau déconnectées à l'étiage,
- Absence de ripisylve sur la majeure partie du linéaire,
- Disparition des habitats naturels d'intérêt du Val de Saône (prairies, zones humides).

A l'issue de la première phase d'état des lieux et de réunions avec le COPIL plusieurs propositions d'aménagement ont été retenues :

- Remodelage des berges en déblais/remblais avec création d'un lit d'étiage aux dimensions plus adaptées pour le cours d'eau et retalutage des berges de manière plus naturelle,
- Gestion des atterrissements par refaçonnage d'un lit d'étiage,
- Plantation de bosquets de végétation et d'hélophytes.

La deuxième phase de l'étude a été menée au dimensionnement du projet au stade esquisse. Au cours de cette phase de travail deux scénarii ont été pensés et dimensionnés pour la Raie du Lac et un pour le Gravier à l'aide d'un modèle hydraulique. Les résultats en termes de localisation, dimensionnement et chiffrage des aménagements ainsi que le planning prévisionnel doivent être présentés au COPIL courant automne 2021.

ANNEXE

Annexe 1 : Rapport phase 1 de l'étude éco-morphologique de la Raie du Lac et du Gravier – Etat des lieux

Cf fichier joint

Annexe 2 : Rapport phase 2 de l'étude éco-morphologique de la Raie du Lac et du Gravier – Esquisse d'aménagement

Cf fichier joint



POLYTECH[®]
TOURS

35 ALLÉE FERDINAND DE LESSEPS
37200 TOURS

Roxane Bigot
IMA
2020-2021

Suivi éco-morphologique de la Raie du Lac et du Gravier

Résumé :

La Raie du Lac (3km) et le Gravier (5km) sont deux affluents de la Saône situés dans une zone au fort potentiel écologique (ZNIEFF, fraie du brochet, zones humides, anciennes prairies à Courlis cendré) mais fortement impactée par les activités de l'Homme.

Les deux cours d'eau évoluent aujourd'hui dans un contexte d'agriculture intensive et leur morphologie est fortement dégradée (envasement généralisé, surdimensionnement, absence de ripisylve, faible lame d'eau à l'étiage, etc.)

Face à ce constat l'EPTB Saône et Doubs, établissement public en charge de l'initiation et de la gestion des politiques publiques de l'eau à l'échelle du bassin versant de la Saône et du Doubs, a été sollicité par les acteurs locaux pour réaliser une étude éco-morphologique sur les deux cours d'eau afin de proposer des solutions d'aménagement pour leur restauration.

C'est dans ce contexte qu'au cours de mon stage de fin d'étude de 6 mois il m'a été confié la mission de réaliser et présenter au COPIL cette étude composée d'une première phase d'état des lieux et d'une deuxième phase de dimensionnement du projet au stade esquisse.

Mots Clés : restauration éco-morphologique, diagnostic, proposition d'aménagements, esquisse, dimensionnement

EPTB Saône et Doubs : 220 rue du Km 400, 71000 MACON

Tuteur entreprise :
Nicolas Amendola
Chargé de projet

Tuteur académique :
Michel Bacchi