
Rapport de stage individuel

5^{ème} année

Développement d'un projet de renaturation de cours d'eau

Syndicat Intercommunautaire du Ru, de la Vauvise, de
l'Aubois et de leurs affluents (SIRVAA)
8 rue de l'Eglise, 18140, Précy



Tuteur collectivité :
Erwan Pierre-Chupin
Chargé de mission rivières

Hugo Salmon
IMA
2023-2024

Tuteur académique :
Michel Bacchi

Remerciements :

Je tiens tout d'abord à remercier l'équipe administrative et pédagogique de Polytech Tours s'occupant de la filière IMA, qui m'a permis de réaliser ce stage enrichissant et de nous fournir les connaissances nécessaires au bon déroulement de nos stages et futurs emplois.

Je tiens ensuite à remercier le SIRVAA, ainsi que Monsieur Pierre-Chupin Erwan, Ruffle Valérian et Ravard Valérie pour m'avoir permis de réaliser ce stage dans les meilleures conditions possibles, de m'avoir transmis leur savoir et leur connaissance, d'avoir été bienveillant avec moi, de m'avoir permis d'apprendre beaucoup de choses sur la discipline dans laquelle je me suis lancé, et de m'avoir fait confiance sur la réalisation des différents travaux donnés en me laissant une grande autonomie. Je les remercie aussi pour m'avoir permis de facilement m'intégrer au sein de leur équipe, et de me compter comme un membre à part de la collectivité, m'amenant régulièrement effectuer des activités n'ayant pas de liens directs avec mon sujet de stage.

Enfin, je tiens aussi à remercier Monsieur Garnier Jean-Michel, président du SIRVAA, pour sa gentillesse, mais aussi de m'avoir fait confiance pour la réalisation d'un projet de grande envergure comme celui qui m'a été confié. Je le remercie aussi chaudement d'avoir accepté de réduire la durée de mon stage afin que je puisse plus facilement continuer mes études, et de m'avoir soutenu dans ce projet, bien que décidé au milieu du stage.

Présentation de la collectivité d'accueil et des missions

La collectivité du Syndicat Intercommunaire du Ru, de la Vauvise, de l'Aubois et de ses Affluents, appelée plus communément SIRVAA, est un syndicat de rivière dont les bureaux sont localisés dans le département du Cher, plus précisément à Précý. Il regroupe 7 communautés de communes adhérentes (Figure 1) pour le compte de tout ou partie de 77 communes du département du Cher. Le territoire présente une superficie totale de 1 035,8 km², un linéaire de cours d'eau de 787,8 km, pour une population corrigée estimée à 27 751 habitants (source : Interne). Le syndicat gère 10 masses d'eau, se nommant du nord au sud de son territoire (Figure 1) :

- Le Balance et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Loire ;
- La Judelle et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Loire ;
- La Colette et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Loire ;
- Le Boisseau et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Vauvise ;
- La Benelle et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Vauvise ;
- La Vauvise et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Loire ;
- L'Aubois et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Loire ;
- La Presle et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Loire ;
- Les Barres et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Loire ;
- L'Etang Bernot et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec l'Allier.

Historiquement appelé SIETAH de la Belaine (Syndicat Intercommunal d'Entretien, de Travaux et d'Aménagements Hydrauliques de la Belaine), créé après la Loi sur l'eau de 1992, le syndicat a évolué progressivement en se voyant attribuer de nouvelles masses d'eau, avec celles de l'Aubois et des affluents de la Loire et de l'Allier dans le département du Cher en dernier ajout en 2019. Avec le transfert de la compétence GEMAPI (GEstion des Milieux Aquatiques et Prévention des Inondations) par les communautés de communes, le syndicat dispose et applique au niveau de son territoire les compétences suivantes :

- L'aménagement d'un bassin ou d'une fraction d'un bassin hydrographique ;
- L'entretien ou l'aménagement d'un cours d'eau, lac ou plan d'eau, y compris les accès à ce cours d'eau, à ce lac ou à ce plan d'eau ;
- La défense contre les inondations ;
- La protection et la restauration des sites, des écosystèmes aquatiques et des zones humides ainsi que des formations boisées riveraines.

Durant la période passée au SIRVAA, la mission était de réaliser un diagnostic d'un secteur d'environ 700 mètres de cours d'eau, localisé sur la Judelle. L'objectif final étant d'effectuer un projet permettant la remise en fond de vallée de ce tronçon dans le but d'améliorer la morphologie et la continuité de la rivière. Cela passait par des mesures sur le terrain, notamment topographiques ou hydrauliques. Il était aussi nécessaire d'analyser le prédiagnostic et le diagnostic REH de la Judelle réalisé par le bureau d'études Sarl RIVE. Les modélisations du nouveau bras théorique ont aussi joué un rôle important dans la mise en place de ce projet, car elles permettaient de visualiser les écoulements en son sein et de

pouvoir ajuster son gabarit afin d'obtenir un fonctionnement le plus naturel possible pour le cours d'eau.

Le diagnostic de terrain et la modélisation d'un projet de remise en fond de vallée constituaient le cœur de ma mission au SIRVAA. Par ailleurs, lors de la durée de ce stage, j'ai également pu participer à des réunions techniques, des réunions avec des élus et des riverains, des sorties de terrain sur d'autres projets menés par le syndicat ... Cela m'a permis de pleinement découvrir le métier de chargé de mission dans un syndicat de rivières.

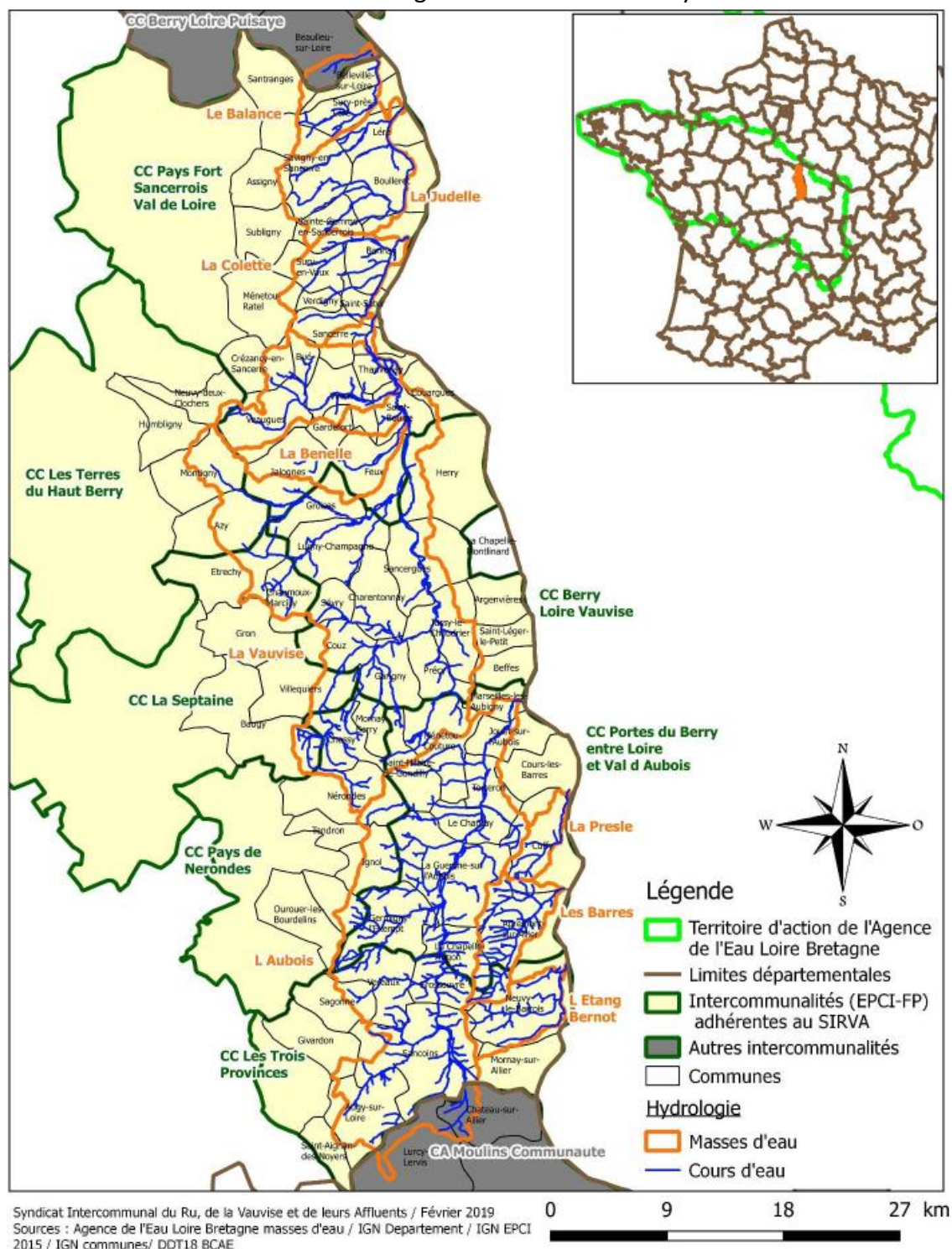


Figure 1 : Présentation du territoire d'intervention du SIRVAA

Table des matières

I.	Matériel et méthodes :	7
1.	Contexte d'action : le Contrat Territorial Milieux Aquatiques du Ru, de la Vauvise, de l'Aubois et des affluents de la Loire et de l'Allier :	7
2.	Présentation de la masse d'eau et du tronçon étudié : la Judelle	9
3.	Présentation du projet : JUDE_35	12
4.	Protocole de terrain, obtention et traitement des données :	14
a.	Données topographiques, bathymétriques et de sédimentologie :	14
b.	Données sur le débit :	16
c.	Le traitement des données :	17
5.	Modélisation ZWCad et HEC-RAS :	18
a.	Calcul des débits généraux :	18
b.	Modélisation du gabarit sur ZWCad :	19
c.	Modélisation HEC-RAS :	20
II.	Résultats :	20
1.	Présentation du scénario choisi :	20
2.	Caractéristiques du nouveau bras :	22
3.	Travaux secondaires prévus dans le projet :	27
III.	Discussion :	28
IV.	Conclusion :	29
V.	Bibliographie :	31

Table des figures :

Figure 1 : Présentation du territoire d'intervention du SIRVAA.....	4
Figure 2 : Carte de la localisation de la masse d'eau de la Judelle.....	9
Figure 3 : Chute d'eau infranchissable sur le cours actuel de la Judelle.....	10
Figure 4 : Exemple de petits ouvrages en planche retrouvés sur le tronçon étudié	11
Figure 5 : Carte de la localisation du projet sur la commune de Léré	12
Figure 6 : Carte des différents scénarios imaginés avant la rencontre avec les propriétaires	13
Figure 7 : Photo du laser et de la mire avec cellule de détection durant un relevé topographique.....	15
Figure 8 : Carte de localisation des transects topographiques, bathymétriques et de sédimentologie	16
Figure 9 : Photo de la sonde et du boîtier utilisé pour les mesures de débit	17
Figure 10 : Carte du scénario final	21
Figure 11 : Photo de la zone "naturelle" en amont de la reconnexion	22
Figure 12 : Exemple de la modélisation HEC-RAS sur une fosse au module	24
Figure 13 : Exemple de dimension d'un radier/plat courant sur un transect	24
Figure 14 : Exemple de dimension d'une fosse sur un transect	24
Figure 15 : Exemple de la modélisation HEC-RAS sur une fosse au QJ5 (le point le plus à droite est l'apex du talus)	25
Figure 16 : Carte zoomée du nouveau bras	26

Table des tableaux :

Tableau 1 : Etat écologique des masses d'eau (état des lieux 2019)	8
Tableau 2 : Compilation des résultats de la prospection REH sur le tronçon de la Judelle	11
Tableau 3 : Débits généraux de la Vauvise à la station de Saint-Bouize.....	19
Tableau 4 : Débits généraux de la Judelle calculé au lieu-dit les Rhédons	19
Tableau 5 : Mélange granulométrique selon le faciès	27

Table des équations :

Équation 1 : Coefficient de Gravelius.....	9
Équation 2 : Équation permettant de calculer la hauteur d'un point de transect ou de cheminement par rapport à la référence.....	17
Équation 3 : Équation permettant de calculer la hauteur d'une station par rapport à la référence	17
Équation 4: Formule de Myer.....	18
Équation 5 : Calcul de la hauteur d'eau par itération	19
Équation 6 : Coefficient de sinuosité.....	22

I. Matériel et méthodes :

1. Contexte d'action : le Contrat Territorial Milieux Aquatiques du Ru, de la Vauvise, de l'Aubois et des affluents de la Loire et de l'Allier :

Le syndicat s'engage depuis 2018 pour mettre en place un Contrat Territorial Milieux Aquatique (CTMA) sur les bassins-versants du Ru, de la Vauvise et de leurs affluents. Ce Contrat Territorial a été signé en 2022 pour la réalisation du programme d'action de 2022 à 2024 et intégrant une stratégie d'actions allant jusqu'en 2027. Le syndicat a entrepris une nouvelle démarche d'élaboration de CTMA concernant les territoires de l'Aubois et des affluents de la Loire et de l'Allier, dont le programme d'actions s'inscrit pour une réalisation entre 2024 et 2027. Ce programme d'actions s'ajoute à celui créé pour le territoire Ru-Vauvise.

Selon l'état des lieux de 2019 (Tableau 1), utilisé lors de la rédaction du SDAGE 2022-2027, les différentes masses d'eau gérées par le syndicat présentent des états écologiques pouvant aller du bon état pour la Benelle au mauvais état pour les Barres ou les Presles. L'état chimique quant à lui est majoritairement mauvais sur le territoire, comme sur le Boisseau ou la Colette, mais certaines rivières comme la Benelle ou la Balance ont un état chimique déclaré comme bon. Ces dégradations peuvent être expliquées par une occupation des sols majoritairement agricoles, avec des cultures céréalières de blés, maïs ou encore colza. La viticulture, notamment sur les coteaux du Sancerrois, contribue aussi à la pollution chimique des eaux du secteur. Il est aussi important de noter que la forte présence de l'agriculture a apporté un fort recalibrage et une rectification des cours d'eau du territoire. Un lien peut aussi être fait avec une présence accrue d'ouvrage nuisant à la continuité écologique, comme la présence de passage siphon sous le canal latéral à la Loire sur la quasi-intégralité des masses d'eau présentées, empêchant toute remontée piscicole depuis la Loire. Le curage peut aussi être retenu comme une source de dégradation des milieux.

Les objectifs d'état écologiques fixés par le SDAGE 2022-2027 sont l'atteinte du bon état en 2027 pour les masses d'eau de l'Aubois, du Boisseau et de la Colette. Les états écologiques des autres masses d'eau sont prévus en objectifs moins strictes en 2027.

Tableau 1 : Etat écologique des masses d'eau (état des lieux 2019)

Code masse d'eau	Nom masse d'eau	Emplacement station mesure	Etat des lieux 2019 sur les données 2015-2016-2017					Risques à l'encontre du bon état écologique		Objectif d'état écologique
			Etat Ecologique validé	Etat Biologique	Etat physico-chimique	Etat Polluants spécifiques	Etat Chimique validé	Risque Global	Paramètres présentant un risque	
FRGR0289	L'Aubois	Marseilles les Aubigny	Moyen	IMBR			Non disponible	Risque	Morphologie et obstacles	Bon état 2027
FRGR1017	le Balance	Belleville-sur-Loire	Médiocre	I2M2 et IPR			Bon	Risque	Pesticides, morphologie et hydrologie	OMS* 2027
FRGR2033	Les Barres	Apremont-sur-Allier	Mauvais	I2M2	Nitrites		Non disponible	Risque	Morphologie, obstacles et hydrologie	OMS* 2027
FRGR2121	La Benelle	Saint-Bouize	Bon				Bon	Respect	Aucun	Bon état depuis 2015
FRGR2153	Le Boisseau	Vinon	Moyen				Mauvais	Risque	Nitrates, morphologie et obstacles	Bon état 2027
FRGR2198	La Colette	Saint-Satur	Médiocre	I2M2 et IPR	DBO5 et Phosphore total		Mauvais	Risque	Pesticides, morphologie et hydrologie	Bon état 2027
FRGR2016	L'Etang Bernot	Neuvy-le-Barrois	Médiocre	I2M2 et IPR			Non disponible	Risque	Pesticides, morphologie, obstacles et hydrologie	OMS* 2027
FRGR2228	Judelle	Léré	Moyen	I2M2			Mauvais	Risque	Pesticides, morphologie, obstacles et hydrologie	OMS* 2027
FRGR2049	Presle	Cuffy	Mauvais	I2M2	Bilan O2		Non disponible	Risque	Pesticides, morphologie, obstacles et hydrologie	OMS* 2027
FRGR0290	Vauvise	Jussy-le-Chaudrier	Moyen	I2M2 et IPR	Bilan O2		Mauvais	Risque	Pesticides, morphologie et obstacles	OMS* 2027

Très bon Bon Moyen Médiocre Mauvais

OMS* : Objectif Moins Strict

Le programme d'action sur les bassins-versants de l'Aubois et des affluents de la Loire et de l'Allier a été développé en priorisant une intervention sur les masses d'eau de l'Aubois et de la Judelle. Les masses d'eau du Balance, de la Presle, des Barres et de l'Etang Bernot étant considérées comme non-prioritaires, seulement quelques actions ponctuelles ont été inscrites dans ce programme d'action.

Le projet présenté dans ce document concerne la masse d'eau de la Judelle. Sur le tableau précédent, il est indiqué que la masse d'eau de la Judelle possède un état écologique moyen, déclassé par l'I2M2 et les polluants spécifiques, notamment dû à une forte concentration de métazachlore (Source : AELB, évolution 2007-2021 de la qualité annuelle des cours d'eau. Fiche station 04441005 - R Judelle à Léré.), herbicides liés aux cultures céréalières comme le colza (Source : Terres Inovia, 2021). L'état chimique de cette masse d'eau a été évalué en mauvais état. L'objectif fixé par le SDAGE 2022-2027 sur l'état écologique de la masse d'eau de la Judelle est un objectif moins strict en 2027.

Ce tableau montre aussi les paramètres présentant un risque sur chaque masse d'eau du territoire et pour celle de la Judelle, les pesticides, la morphologie, les obstacles et l'hydrologie sont mis en exergue.

Les travaux décrits dans la suite de ce document s'inscrivent donc dans la volonté de réduire ces pressions, avec une restauration morphologique permettant par la même occasion la disparition d'un ouvrage infranchissable sur le linéaire de la rivière.

2. Présentation de la masse d'eau et du tronçon étudié : la Judelle

Le territoire étudié est celui des affluents Nord de la Loire, plus précisément la masse d'eau de la Judelle (Figure 2), contenant pour linéaires principaux la Judelle (13.6 km) et le ruisseau du Moulin Neuf (16.9 km).

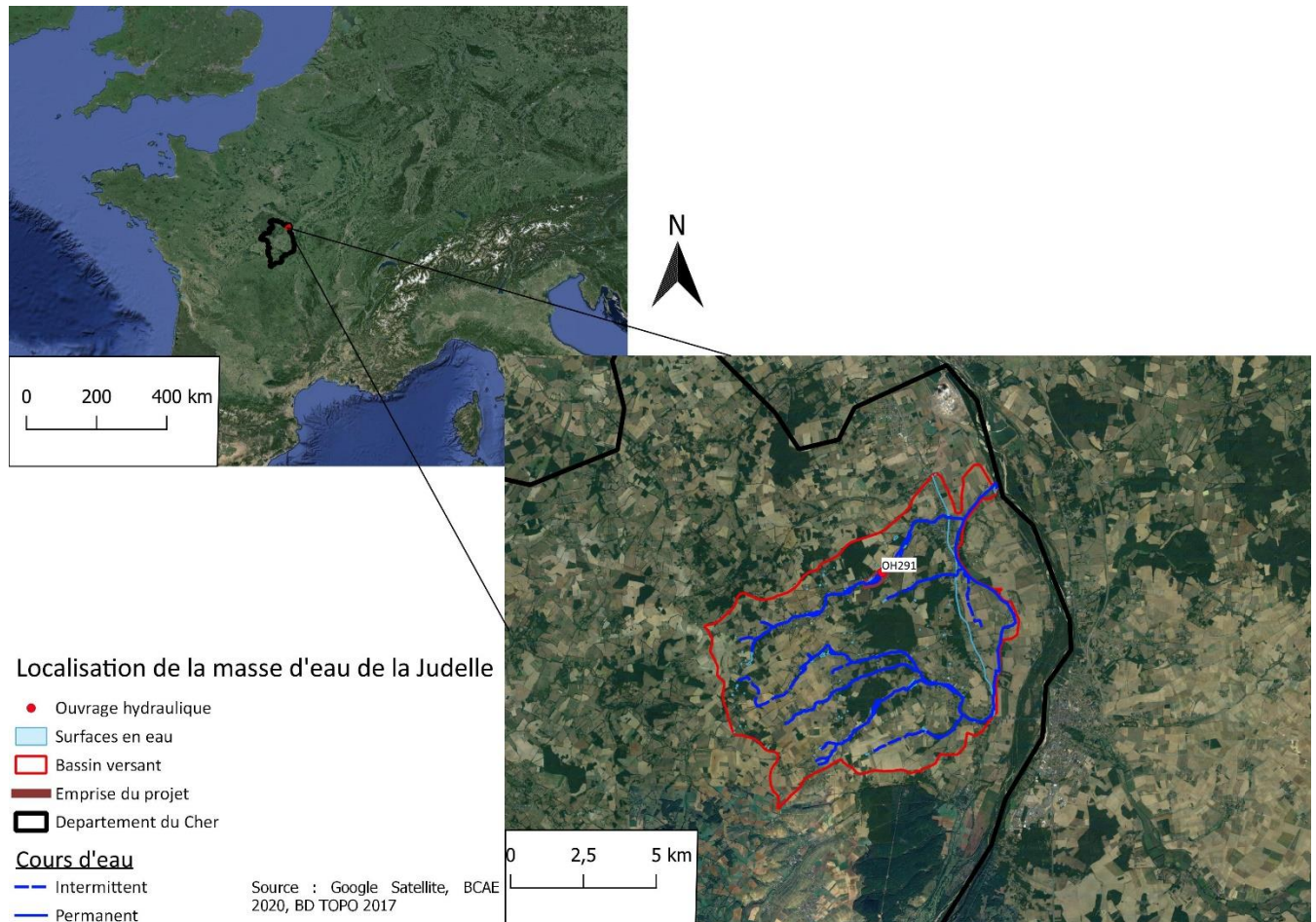


Figure 2 : Carte de la localisation de la masse d'eau de la Judelle

Le cours d'eau de la Judelle prend sa source au pied du Faît des Marnes au hameau des Étangs dans plusieurs étangs successifs dans la commune de Savigny-en-Sancerre. Son bassin versant fait 69.5 km², avec un coefficient de Gravelius (Equation 1) de 1.430, caractérisant un bassin allongé avec des pics de crues moins importants, mais durant plus longtemps.

$$K = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Équation 1 : Coefficient de Gravelius

Avec :

- K = Valeur de compacité de Gravelius ;
- P = périmètre du bassin versant (km) ;
- A = Aire du bassin versant (km²).

L'hydrologie du secteur se caractérise par un régime majoritairement pluvial, avec une période de hautes eaux située en hiver, et un été plutôt sec et des eaux assez basses.

La Judelle, et plus globalement sa masse d'eau, possède des enjeux forts, premièrement liés aux mesures réglementaires qui lui sont associées (ZAP anguille, cours d'eau de liste 1, classement de frayères pour la truite, la lamproie de Planer, le chabot et le brochet), mais aussi par sa forte dynamique induisant des vitesses de courant rapides, confirmés par des érosions de berges et une incision du lit mineur visible. De plus, ce secteur est fortement altéré, notamment à cause de fortes opérations de recalibrage et de rectification, de la présence d'ouvrages hydrauliques infranchissables et de la déconnexion du lit mineur avec son lit majeur via la modification de son tracé. Le tronçon étudié lors de ces travaux ne fait pas exception, la rivière a été décalée de son fond de vallée et a été rectifiée, avec la présence d'une chute d'environ 2 mètres 50, qualifiée d'infranchissable à la remontée pour toutes les espèces cibles selon la méthodologie de l'ICE, liée à un ancien bief maçonné d'un moulin (Source : Sarl RIVE, 2022). (Figure 3). À noter aussi la présence de petits ouvrages faits de planches sur le linéaire du tronçon, avec une hauteur de chute entre 10 et 20 centimètres (Figure 4).



Figure 3 : Chute d'eau infranchissable sur le cours actuel de la Judelle



Figure 4 : Exemple de petits ouvrages en planche retrouvés sur le tronçon étudié

Cependant, le tronçon étudié possède des intérêts encore visibles, comme une forte dynamique de cours d'eau salmonicole à intermédiaire indiquée par la granulométrie allant du gravier aux galets encore présente dans le lit du cours d'eau, et la présence de truite fario (*Salmo trutta*) et de ses espèces accompagnatrices comme le vairon (*Phoxinus phoxinus*) ou le chabot (*Cottus gobio*) en aval du site (Source : IPR, 2016, Aquabio BE).

L'enjeu de cette restauration est donc tout d'abord morphologique, afin de rendre au tronçon un aspect plus naturel et typique des rivières salmonicoles à intermédiaires, mais il y a aussi un enjeu continuité, avec l'effacement de la chute sur le nouveau tracé qui sera conçu. De plus, cette restauration devra prendre en compte la présence de *Salmo trutta* en aval du tronçon, inscrite en NT (Quasiment menacée) sur la Liste rouge de l'UICN (Source : UICN, 2019), et donc instaurer des habitats propices à cette espèce dans le nouveau bras.

Le tronçon concerné par le projet a subi un diagnostic REH, réalisé par le bureau d'études SARL Rive, lié à la rédaction du CTMA de l'Aubois et des affluents Loire-Allier. Les résultats sont compilés dans le tableau ci-dessous (Tableau 2).

Tableau 2 : Compilation des résultats de la prospection REH sur le tronçon de la Judelle

Compartiments REH	Lit mineur	Berges/Ripisylves	Continuité	Lit majeur	Ligne d'eau	Débit
Résultats	Mauvais	Très mauvais	Très mauvais	Moyen	Moyen	Très mauvais

La prospection REH a mis en exergue la mauvaise qualité habitationnelle de cette partie de la rivière, avec notamment son lit mineur qui est majoritairement caractérisé par une granulométrie argilo-sableuse, des sédiments fortement colmatés et une faible diversité granulométrique. Les berges/ripisylves ont été indiqués en très mauvais état, dû à une faible densité et diversité des habitats et des formes de berges majoritairement homogènes. Pour la continuité, de nombreux ouvrages ont été recensés, avec une grande partie empêchant la remontée piscicole. Et enfin, le débit est influencé par quelques prélèvements et rejets, et un court-circuitage de certains linéaires (Source : SARL Rive, 2020).

La restauration de la rivière liée au projet s'inscrit donc également dans l'augmentation de cette qualité, majoritairement orientée sur les compartiments « Lit mineur » et « Continuité ».

3. Présentation du projet : JUDE_35

Le projet JUDE_35, nommé ainsi dans le CTMA, se traduit par la remise en fond de vallée d'un tronçon de la Judelle, permettant l'évitement d'un obstacle infranchissable. Une remise en fond de vallée peut se définir par « reconstruire de toutes pièces un nouveau lit aux caractéristiques naturelles, apte à assurer toutes les fonctions qu'il remplit normalement, en remplacement total du lit déplacé » (Source : CATER Normandie). Le tronçon concerné par ces travaux se situe au lieu-dit Les Rhédons, sur la commune de Léré (Figure 5).

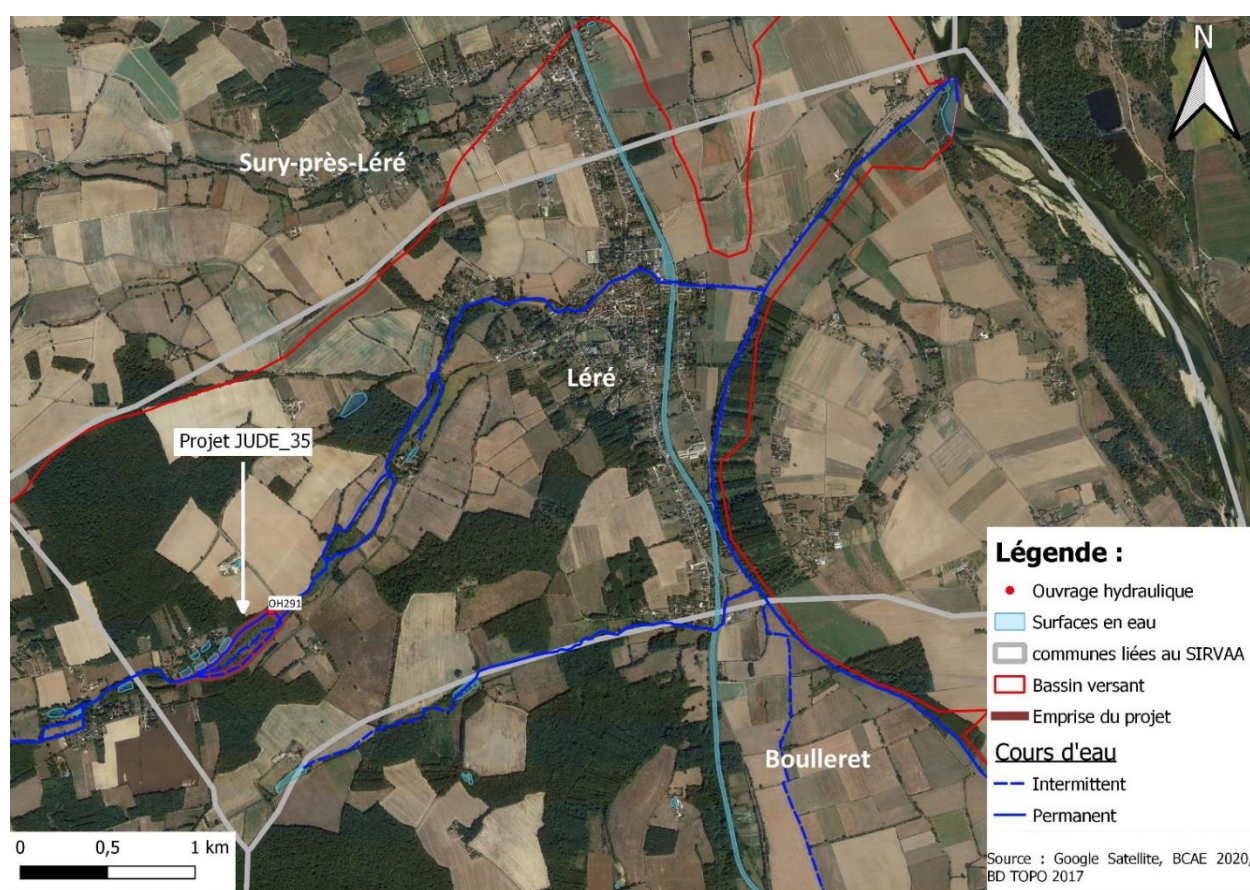


Figure 5 : Carte de la localisation du projet sur la commune de Léré

La remise en fond de vallée supplémenté d'un reméandrage s'effectuera sur un linéaire d'environ 340 mètres, et sera accompagné d'une plantation d'hélophytes en bordure du nouveau lit, permettant ainsi de recréer une légère zone humide propice à l'écosystème. Ce projet a pour objectif de rétablir la libre circulation des espèces et sédiments sur ce tronçon, mais aussi d'améliorer la diversité des habitats aquatiques et terrestres. Une plantation d'hélophytes permettra une autoépuration de l'eau et d'améliorer la qualité paysagère. Et enfin, la recreation d'un nouveau bras donnera la possibilité de reconnecter la rivière à sa nappe alluviale et à sa plaine inondable.

Le fond de vallée se situe sur une parcelle privée, il est donc nécessaire d'étudier avec les propriétaires comment agencer le projet pour que cela corresponde à leurs usages. De plus, l'ancien bras perché sera asséché dans le cas d'une reconnexion dès l'amont, impactant possiblement les propriétaires en rive gauche qui possèdent des étangs se vidangeant dans la Judelle. Après un premier échange avec les propriétaires principaux (parcelle 157/158), ils ont avancé la nécessité pour eux de planter une peupleraie, ce qui induit d'inclure dans le projet la notion d'emprise de reméandrage afin que les propriétaires se projettent sur leur potentiel perte foncière. Ils ont aussi fait remonter la crainte de débordement du nouveau bras dans leur peupleraie, il a donc été décidé de rajouter un talus de protection contre les crues de la Judelle. Ces discussions ont amené à élaborer 3 scénarios à présenter aux différents propriétaires (Figure 6) :

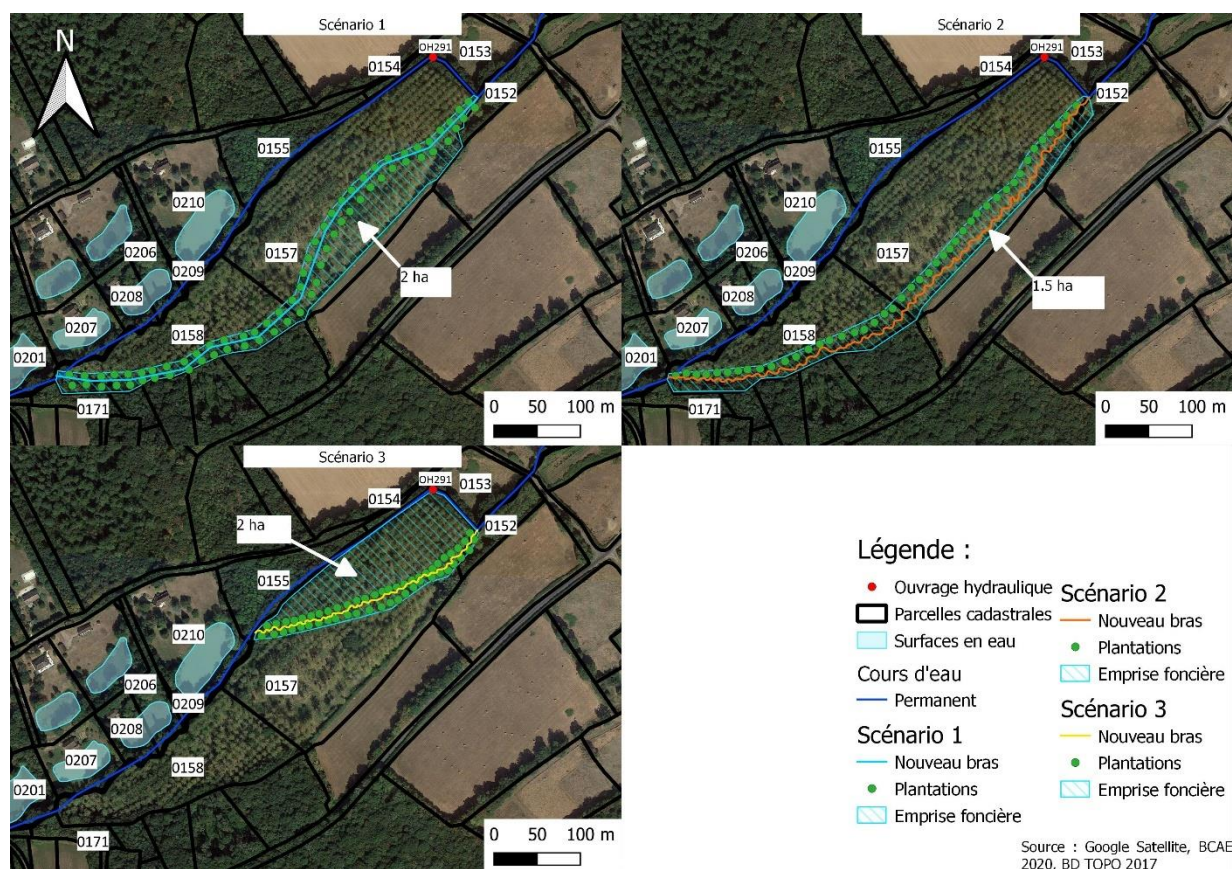


Figure 6 : Carte des différents scénarios imaginés avant la rencontre avec les propriétaires

Le scénario 1 est le plus ambitieux, il consiste à effectuer la reconnexion depuis l'amont, tout en suivant le plus strictement possible le fond de vallée. Ce projet coupe l'accès au cours d'eau aux propriétaires en rive gauche, à une emprise foncière d'environ 2 hectares sur des parcelles faisant en tout 5.7 hectares.

Le scénario 2 est un peu moins ambitieux que le premier, la reconnexion se fait toujours depuis l'amont, mais le nouveau lit vient être resserré contre la bordure droite des parcelles, réduisant l'emprise foncière à 1.5 hectare environ. Les propriétaires en rive gauche sont toujours privés du cours d'eau avec ce scénario.

Le scénario 3 est le moins ambitieux, il a été conçu en anticipant le refus des propriétaires en rive gauche. La reconnexion se fait en aval de la parcelle 210, et le nouveau bras vient chercher le fond de vallée que tardivement. L'emprise du reméandrage est d'environ 2 hectares, car l'expert forestier s'occupant de la peupleraie sur les parcelles 157 et 158 a mis en avant l'impossibilité pour une peupleraie de couper un cours d'eau. N'ayant pas trouvé d'informations à ce sujet, il a été convenu de tenir compte de cet avis. Dans ce scénario, les propriétaires en rive gauche conservent la rivière, sauf la parcelle 155, mais comme il n'y a pas d'usages visibles, il semble cohérent que la présence de l'eau ne soit pas nécessaire.

Lors de la rencontre avec les propriétaires situés en rive gauche (parcelles 207, 208, 206, 209 et 210), ceux-ci étaient opposés à la remise en fond de vallée de la Judelle depuis le point amont, car cela retirerait le cours d'eau de leur parcelle. Au vu de cet échange, le scénario 3 est donc le seul qui soit encore réalisable.

À la suite d'un nouvel échange avec les propriétaires des parcelles 157 et 158, il a été indiqué la nécessité de pouvoir accéder à la rive gauche, la solution trouvée sera d'installer un dalot sur le nouveau bras, ainsi que de combler partiellement l'ancien lit afin de créer un chemin depuis la parcelle 153.

4. Protocole de terrain, obtention et traitement des données :

a. Données topographiques, bathymétriques et de sédimentologie :

Pour bien comprendre le terrain sur lequel le projet va être réalisé, des relevés topographiques et bathymétriques ont été conduits sur les parcelles 157 et 158. Ces différents relevés ont permis la localisation du fond de vallée, ainsi que de la mise en exergue de la forme générale des parcelles afin de pouvoir prévoir plus en détails l'enjeu inondation dû à la remise en fond de vallée de la Judelle. Les relevés topographiques et bathymétriques ont été réalisés grâce à un niveau laser et à une mire complétée d'une cellule de détection (Figure 7). Les transects topographiques sont espacés d'environ 50 mètres, sauf en cas de présence d'un point remarquable, comme une limite parcellaire. De plus, les différents points le long des transects ont été pris tous les 4 mètres, sauf pour le potentiel fond de vallée qui a été prospecté tous les 2 mètres.



Figure 7 : Photo du laser et de la mire avec cellule de détection durant un relevé topographique

Pour les profils bathymétriques, ceux-ci ont été faits dans la prolongation des profils topographiques, et ont été réalisés à des endroits stratégiques, comme les limites parcellaires ou les lieux de connexion potentiel entre ancien et nouveau lit. Ces profils servent à modéliser la pente de la rivière, ainsi que la morphologie actuelle du lit, permettant ainsi de prévoir durant la phase de modélisation l'aspect qui devra être donné au nouveau bras, ainsi que de calculer le décaissement nécessaire, et donc de prévoir les coûts. Pour chaque transect, en travers de la Judelle, 1 point de mesure a été pris tous les 30 centimètres, entre ses deux bas de berge. Il est aussi important de noter l'acquisition de données supplémentaires lors de ces prospections bathymétriques, comme la hauteur d'eau ou encore les sédiments présents.

Concernant les données sur la granulométrie, une prospection a été réalisée sur un radier un aval de la chute d'eau afin de déterminer la classe granulométrique grossière potentiellement remise en mouvement par le cours d'eau. Le protocole suivi était celui de Wolmann, où le radier a été découpé en 10 transects espacés d'une longueur équivalente, et ces transects ont ensuite été découpés en 10 points de mesure eux aussi espacés de la même longueur basée sur la largeur en eau de la rivière. Avec ce procédé, 100 mesures sont donc effectuées sur toute la largeur et la longueur du radier. Enfin, les sédiments sont sélectionnés de manière à prendre celui au bout de la botte et le premier touché par les doigts, assurant ainsi un maximum d'aléatoire dans le choix des sédiments.

La carte suivante présente la position des transects topographiques, bathymétriques et de sédimentologie réalisés sur les parcelles (Figure 8) :

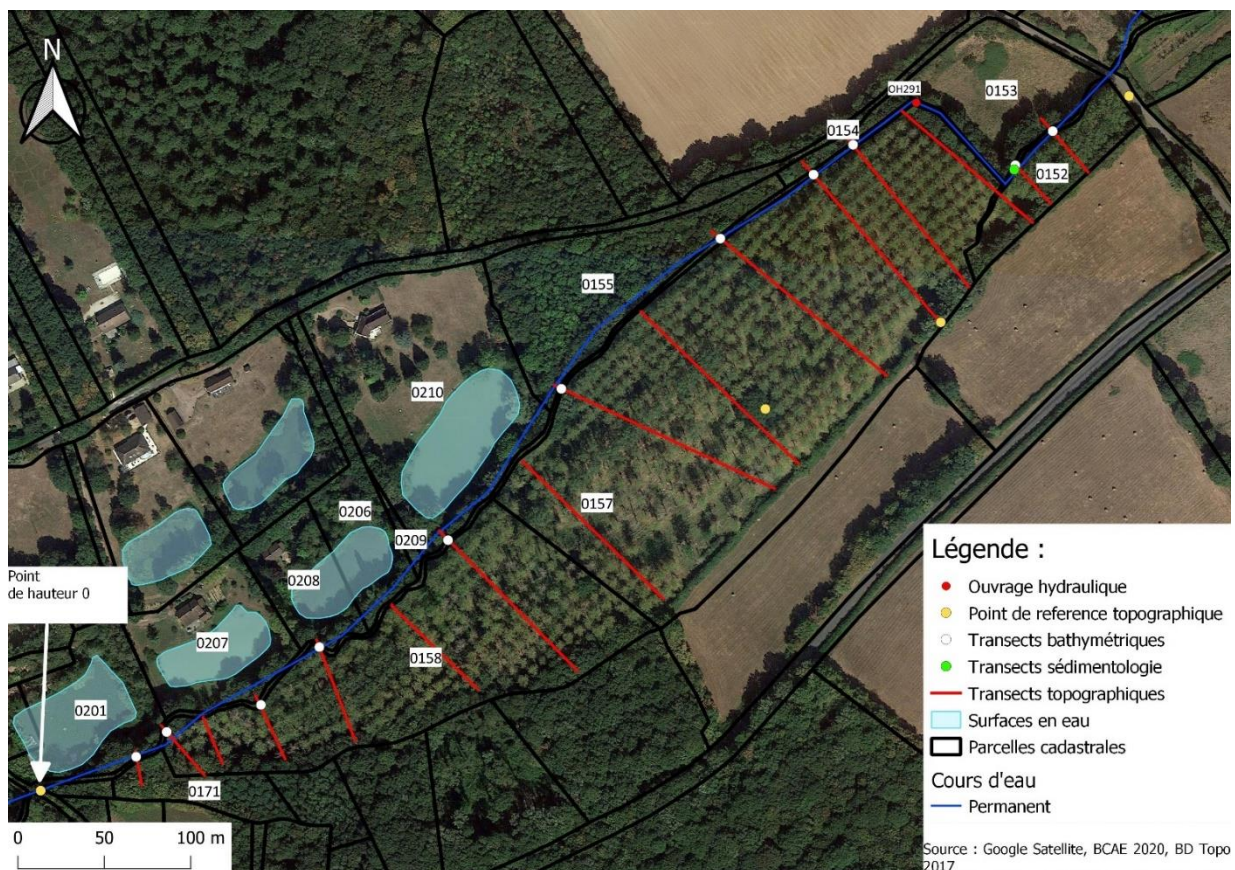


Figure 8 : Carte de localisation des transects topographiques, bathymétriques et de sédimentologie

b. Données sur le débit :

L'acquisition de données sur le tronçon de la Judelle a également pris la forme de mesure de débits, via la technique de l'exploration du champ des vitesses. Cette acquisition s'est faite avec l'utilisation d'un courantomètre électromagnétique fonctionnant à l'aide d'une sonde et un boîtier de calcul (Figure 9). Cette valeur a été par la suite vérifiée avec un calcul à la main. Afin d'affiner les données, une mesure par mois minimum a été prise sur la période avril/juillet 2024. Le protocole utilisé dans la mesure du débit est le suivant :

- Mesure de la largeur en eau de la rivière ;
- Division de cette valeur par 11 afin de connaître l'espacement entre les différentes verticales ;
- Mesure de la hauteur d'eau pour définir le nombre de points avec la méthode suivante :
 - $h < 10 \text{ cm} \Rightarrow 1 \text{ point à } 0.4 \cdot h$;
 - $10 \text{ cm} < h < 20 \text{ cm} \Rightarrow 2 \text{ points à } 0.2 \cdot h \text{ et } 0.8 \cdot h$;
 - $h > 20 \text{ cm} \Rightarrow 3 \text{ points à } 0.2 \cdot h, 0.4 \cdot h, 0.8 \cdot h$;
- Mesure de la vitesse sur toutes les verticales afin d'obtenir le débit.



Figure 9 : Photo de la sonde et du boîtier utilisé pour les mesures de débit

c. Le traitement des données :

Les données sur le débit, topographiques et sédimentaires ont toutes été rentrées sur tableur Excel afin de pouvoir les traiter. Pour les données topographiques, leur traitement a demandé un soin tout particulier, puisque la non-présence d'une borne géoréférencée NGF à proximité du lieu de travail oblige à travailler en relatif. Il est donc nécessaire de prévoir une référence se portant comme point de hauteur 0, celle-ci étant la margelle du pont de la route en amont des parcelles. De plus, l'utilisation d'un niveau laser fixe demande l'utilisation d'équations mathématiques afin de relier la hauteur lue sur la mire à la référence. Chaque transect étant relié à une station, il convient donc de calculer la hauteur de cette station par rapport à la référence pour en calculer la côte au sol relative, de chaque point du transect. En outre, afin de bouger le laser entre chaque transect, des points spécifiques appelés cheminements sont nécessaires car ils permettent de calculer la hauteur de la nouvelle station. Enfin, la hauteur lue pour chaque point doit être corrigée, car la cellule de réception du laser ne se trouve pas à l'apex de la mire, dans ce cas la correction appliquée est de 8 cm, et les graduations de la mire étaient telles qu'il a fallu soustraire la hauteur de la mire non-déployée aux valeurs mesurées. Les équations sont explicitées ci-dessous :

$$\text{CSR Pt X} = \text{CSR St Y} + \text{H laser Y} - \text{H corrigée de Pt X}$$

Équation 2 : Équation permettant de calculer la hauteur d'un point de transect ou de cheminement par rapport à la référence

$$\text{CSR St Y} = \text{CSR CheX/StY} + \text{H corrigée de CheX/StY} - \text{H laser Y}$$

Équation 3 : Équation permettant de calculer la hauteur d'une station par rapport à la référence

Avec :

- CSR Pt X = Côte au Sol Relative du Point X (m) ;
- CSR St Y = Côte au Sol Relative de la station Y (m) ;
- H laser Y = Hauteur réelle du laser Y (à quelle hauteur est le laser du sol) (m) ;
- H corrigé de Pt X = Hauteur lue sur la mire du Point X, avec la correction appliquée (m) ;
- CSR CheX/StY = Côte au Sol Relative du cheminement X par rapport à la station Y (exemple : pour calculer la hauteur relative de la station 2, il faudra utiliser la côte au sol du point de cheminement 1, reliant la station 1 à la station 2, lue depuis la station 2) (m) ;
- H corrigée du CheX/StY = Hauteur lue du cheminement X depuis la station Y, avec la correction appliquée (m).

5. Modélisation ZWCad et HEC-RAS :

a. Calcul des débits généraux :

La création d'un nouveau bras implique de devoir modéliser son fonctionnement hydraulique. Pour cela, il convient tout d'abord de calculer les débits généraux sur lequel se baser. En l'absence d'une station de débit sur le cours d'eau étudié, une approximation de ces valeurs doit être effectuée grâce à la formule de Myer :

$$Q = Q_R * \left(\frac{S_{BV1}}{S_{BVR}} \right)^\alpha$$

Équation 4: Formule de Myer

Avec :

- Q = Débit du cours d'eau étudié (m³/s) ;
- Q_R = Débit de référence d'un cours d'eau de référence (m³/s) ;
- S_{BV1} = Surface du bassin versant mesurée en amont du point étudié (km²) ;
- S_{BVR} = Surface du bassin versant mesurée à la station de débit du cours d'eau de référence (km²).
- α = Coefficient de Myer, prenant la valeur :
 - o 1.2 pour le calcul du QMNA5 ;
 - o 1 pour le calcul du 0.5*module et du module ;
 - o 0.8 pour le calcul du QJ2, du QJ5 et du QJ10 ;
 - o 0.7 pour le calcul du QJ20 et du QJ50.

La station de débit de référence choisie est celle située sur la Vauvise à Saint-Bouize, avec une surface de bassin versant de 392 km². Les débits généraux calculés à cette station sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3 : Débits généraux de la Vauvise à la station de Saint-Bouize

Débits généraux	QMNA5	0.5 x module	Module	QJ2	QJ5	QJ10	QJ20	QJ50
Q (m3/s)	0.227	1.415	2.83	14.2	19.1	22.4	25.5	29.6

La superficie du bassin versant de la Judelle en amont du tronçon étudié a été calculé à 14.12 km² avec QGis, ce qui en appliquant la formule de Myer donne les débits suivants (Tableau 4) :

Tableau 4 : Débits généraux de la Judelle calculé au lieu-dit les Rhédons

Débits généraux	QMNA5	0.5 x module	Module	QJ2	QJ5	QJ10	QJ20	QJ50
Q (m3/s)	0.0042	0.051	0.1019	0.9943	1.3374	1.5685	2.4896	2.8899

b. Modélisation du gabarit sur ZWCad :

Une fois les débits calculés, il convient de définir un gabarit pour le nouveau linéaire envisagé. Au regard des échanges avec les propriétaires, il sera nécessaire de prévoir un lit empêchant les débordements en crue, afin de protéger la peupleraie, mais permettant tout de même de réactiver une partie de la prairie humide. Pour répondre à ces problématiques, il a été convenu de créer des talus de protection sur les zones à risques, donc dans la partie où le nouveau bras n'est pas dans le fond de vallée, et d'utiliser la topographie naturelle de la vallée lorsque le lit rejoint le point bas. Des profils différents seront définis, notamment pour les zones de fosses ou de radiers. Le problème principal qui se pose sur ce scénario est la nécessité de rattraper rapidement la pente naturelle de la vallée, car la reconnexion ne se fait pas depuis l'amont du site. La pente maximale à ne pas dépasser a été fixée à 2%, et il est nécessaire que le fond du lit du nouveau bras reprenne les mêmes côtes que le lit naturel en amont et en aval de celui-ci. Pour le calcul de la hauteur d'eau selon les différents débits, l'équation suivante a été utilisée (Equation 5) :

$$h = \left(\frac{\frac{1}{K} \times Q \times (B + 2 \times h_{ref} \times \sqrt{1 + m^2})^{\frac{2}{3}}}{J^{\frac{1}{2}} \times (B + m \times h_{ref})^{\frac{5}{3}}} \right)^{\frac{3}{5}}$$

Équation 5 : Calcul de la hauteur d'eau par itération

Avec :

- h = Hauteur d'eau calculée (m) ;
- K = Coefficient de Strickler ;
- Q = Débit (m³/s) ;
- B = Longueur du lit d'étiage (m) ;
- h_{ref} = Hauteur d'eau pris en référence (m) ;

- m = Fruit de berge (m/m) ;
- J = Pente (m/m).

Le processus de calcul est le suivant : tout d'abord la définition d'un gabarit de lit voulu ; puis prendre une hauteur d'eau de référence ; ensuite calculé la nouvelle hauteur d'eau grâce à cette hauteur d'eau de référence ; cette nouvelle hauteur devient par la suite la hauteur de référence, et le calcul s'effectue jusqu'au moment où $h_{ref} = h$.

En avançant à tâtons et en utilisant la méthode par itérations présentées ci-dessus, un gabarit idéal est alors trouvé et tracé sur ZWCad, en opposition au terrain naturel évalué grâce au relevé topographique.

c. Modélisation HEC-RAS :

Afin de réaliser l'emprise que prendra l'eau lors des débits généraux, une modélisation HEC-RAS a été effectuée. Tous les débits généraux présentés précédemment seront analysés afin d'obtenir un gabarit permettant le maintien des eaux dans le lit majeur, tout en permettant de garantir une lame d'eau suffisante en cas d'étiage sévère. Pour rentrer les transects modifiés sur HEC-RAS, il suffit de mesurer sur ZWCad la différence de hauteur entre le terrain naturel et le nouveau bras créé, et de rentrer ces nouvelles données dans un tableur.

II. Résultats :

1. Présentation du scénario choisi :

Au fil des rendez-vous avec les propriétaires en rive gauche et en rive droite, le projet initial a grandement évolué. Le niveau d'ambition du projet a dû être revu à la baisse afin de pouvoir concilier les usages des riverains et les objectifs environnementaux liés à cette action. Le projet final se présente sous la carte ci-dessous (Figure 10) :

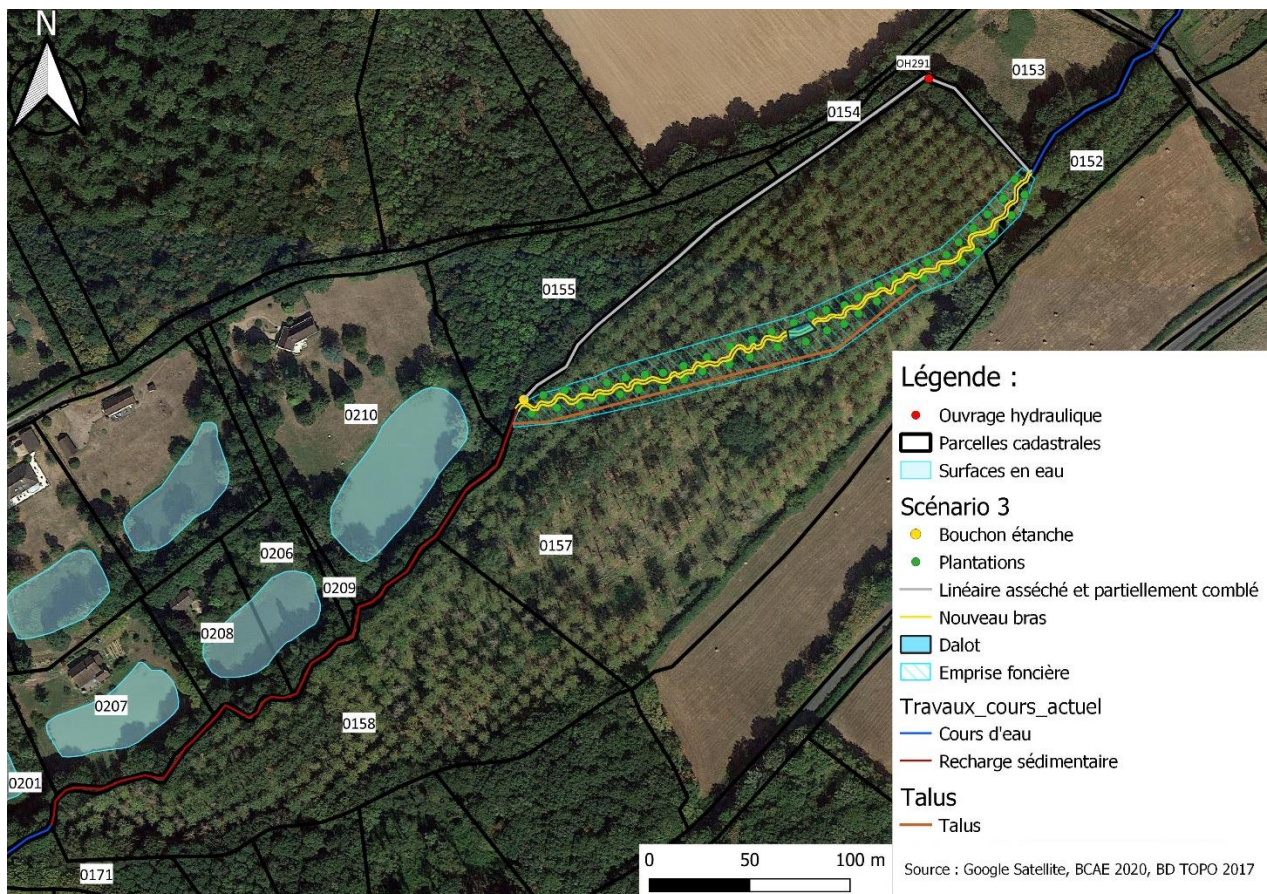


Figure 10 : Carte du scénario final

Pour résumer les actions entreprise dans ce projet, il y aura :

- Une recharge sédimentaire sur la moitié amont du tronçon, présentant une morphologie se rapprochant du naturel, avec la présence de méandres (Figure 11) ;
- Une création d'un nouveau bras rejoignant le fond de vallée, pour une longueur développée d'environ 340 mètres ;
- L'ajout d'un talus en rive droite pour empêcher les débordements dans la peupleraie, la topographie naturelle protégeant la rive gauche ;
- Une plantation d'hélophytes complémenté par des arbustes formant une haie champêtre le long du nouveau bras, afin de consolider les berges et d'apporter des espèces inféodées au zones humides ;
- L'assèchement de l'ancien bras par la présence d'un bouchon ainsi que son comblement partiel permettant l'accès à la rive gauche via la parcelle 153 (ce comblement ne sera pas total afin de permettre un certain captage des eaux de pluies, réduisant l'impact des crues et profitant aux amphibiens (Source : Office français de la Biodiversité, 2018) ;
- La mise en place d'un passage de franchissement de type dalot.



Figure 11 : Photo de la zone "naturelle" en amont de la reconnexion

Ce projet dans son intégralité permettra tout d’abord de restaurer la continuité écologique sur ce tronçon, ainsi que de reconnecter le cours d’eau à ses nappes, ainsi que de réactiver des zones humides et d’améliorer la qualité de l’eau grâce à la plantation des hélophytes. De plus, les habitats aquatiques seront restaurés grâce à une recharge sédimentaire favorable à la truite et en lien avec la puissance du cours d’eau, composées donc de sédiments allant du gravier à la pierre grossière (Source : Fiche sur la truite commune, ONEMA, 2015). Les objectifs initiaux établis lors de la création du projet sont donc respectés, même si ceux-ci seront d’une envergure inférieure.

2. Caractéristiques du nouveau bras :

La première caractéristique définie pour ce nouveau lit a été le coefficient de sinuosité (Equation 6) :

$$i = \frac{L}{l}$$

Équation 6 : Coefficient de sinuosité

Avec :

- i : Coefficient de sinuosité ;
- L : Longueur développée (m) ;

- L : Longueur à vol d'oiseau (m).

Pour définir un coefficient approprié pour le cours d'eau, il a été nécessaire de vérifier sur un plan du cadastre le coefficient de la rivière dans ses lieux les plus naturels. Il en est ressorti un coefficient d'environ 1.2. Pour permettre au cours d'eau de s'autocalibrer (d'ajuster son gabarit), un objectif de sous-dimensionnement du lit a été fixé. Le coefficient de sinuosité a également été légèrement abaissée. La jonction des points de reconnexion amont/aval en ligne droite a une distance d'environ 290 mètres, et la longueur développée fait quant à elle environ 340 mètres, ce qui donne un coefficient de sinuosité de 1.17.

Le scénario retenu présente des complications vis-à-vis de la pente, en effet un fort dénivelé est à rattraper en peu de distance si le cours d'eau veut être remis au maximum dans son fond de vallée. La solution retenue a été de couper le nouveau bras en deux sections, l'une servant à récupérer le fond de vallée avec une pente de 1.5%, l'autre étant dans le fond de vallée, avec une pente moyenne de 1.26%. Toutefois, l'objectif fixé de ne pas obtenir une pente supérieure à 2% a été respecté.

À la suite des modélisations HEC-RAS (Figure 12), un gabarit type du nouveau lit a pu être développé. L'objectif derrière ce gabarit était d'empêcher le débordement dans la peupleraie pour la QJ2 et la QJ5, tout en permettant à ces crues de s'étendre dans l'espace entre le haut de berge et le talus prévu à cet effet. Il était aussi important d'avoir une rivière avec une lame d'eau assez important en cas de QMNA5 pour assurer la survie piscicole. Ces volontés ont amené à établir le gabarit décrit ci-après. Le lit d'étiage du cours d'eau sera de 30 centimètres, avec une largeur plein bord de 1.5 mètre. Cette largeur permet de conserver une lame d'eau d'environ 4 centimètres en cas d'étiage sévère, de contenir le module dans le lit et de laisser déborder la rivière en QJ2. Le fruit des berges a été calé à 2/1, réduisant ainsi la probabilité d'implémentation dans les berges de rongeurs fouisseurs comme le ragondin ou le rat musqué, espèce déjà présente sur le cours d'eau originel. La hauteur plein bord est variable selon quel faciès est représenté :

- Pour les radiers et les plats courants, la hauteur plein bord a été définie à 30 centimètres (Figure 13) ;
- Pour les mouilles, la hauteur plein bord a été définie à 40 centimètres. (Figure 14).

Ces hauteurs ont été définies dans l'optique de répondre aux objectifs cités précédemment. La différence entre un plat courant et un radier se fera au niveau de leur position altimétrique, puisque les radiers seront réhaussés par rapport à l'altitude normalement calculée au vu de la pente du secteur. Cela réduira la lame d'eau, et augmentera la vitesse d'écoulement, augmentant ainsi la diversité des habitats piscicoles.

Concernant le talus, il a été disposé en moyenne à 8 mètres du haut de berge, bien que la distance évolue en fonction de chaque transect afin de respecter au maximum la topographie naturelle. Par ailleurs, la hauteur du talus a été ajustée au regard des modélisations HEC-RAS (Figure 15), et évolue selon le transect, allant de 17 centimètres au minimum à 35 centimètres au-dessus du terrain naturel au maximum. Cette évolution est liée à la volonté de protéger la parcelle des inondations tout en respectant au mieux la topographie naturelle. Ceci offre une meilleure stabilité du talus et réduit les remblais, donc les coûts.

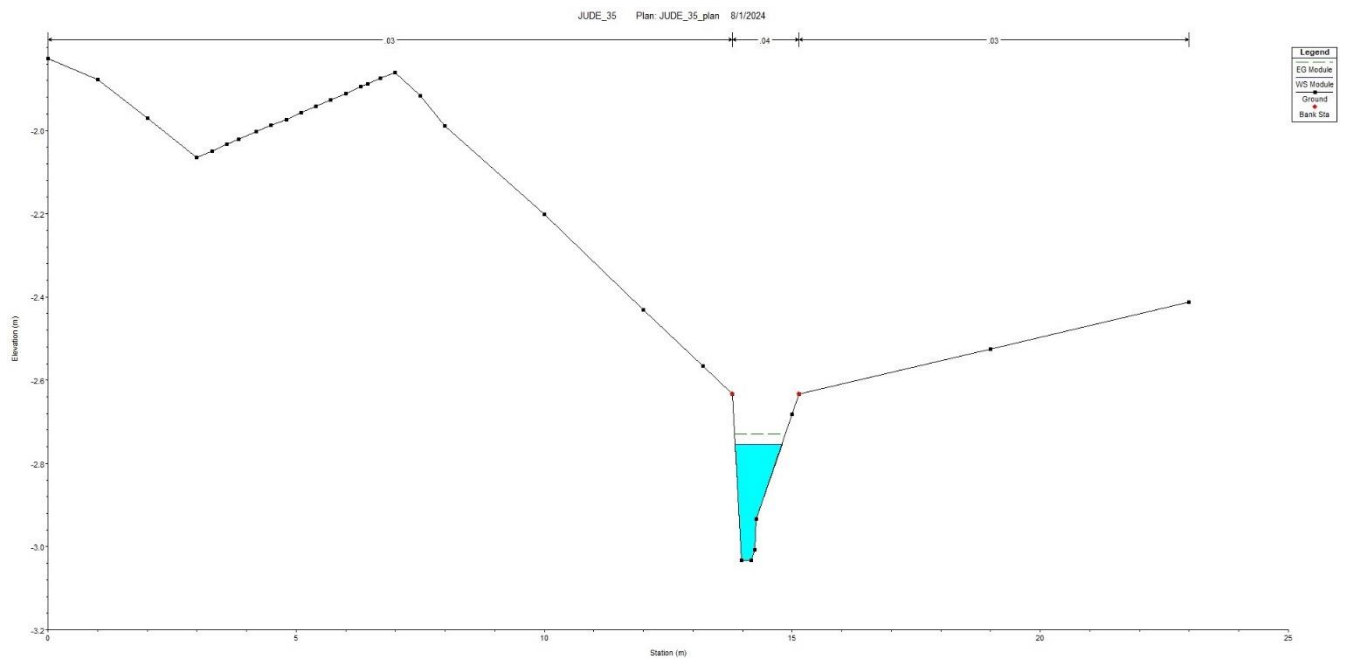


Figure 12 : Exemple de la modélisation HEC-RAS sur une fosse au module



Figure 13 : Exemple de dimension d'un radier/plat courant sur un transect



Figure 14 : Exemple de dimension d'une fosse sur un transect

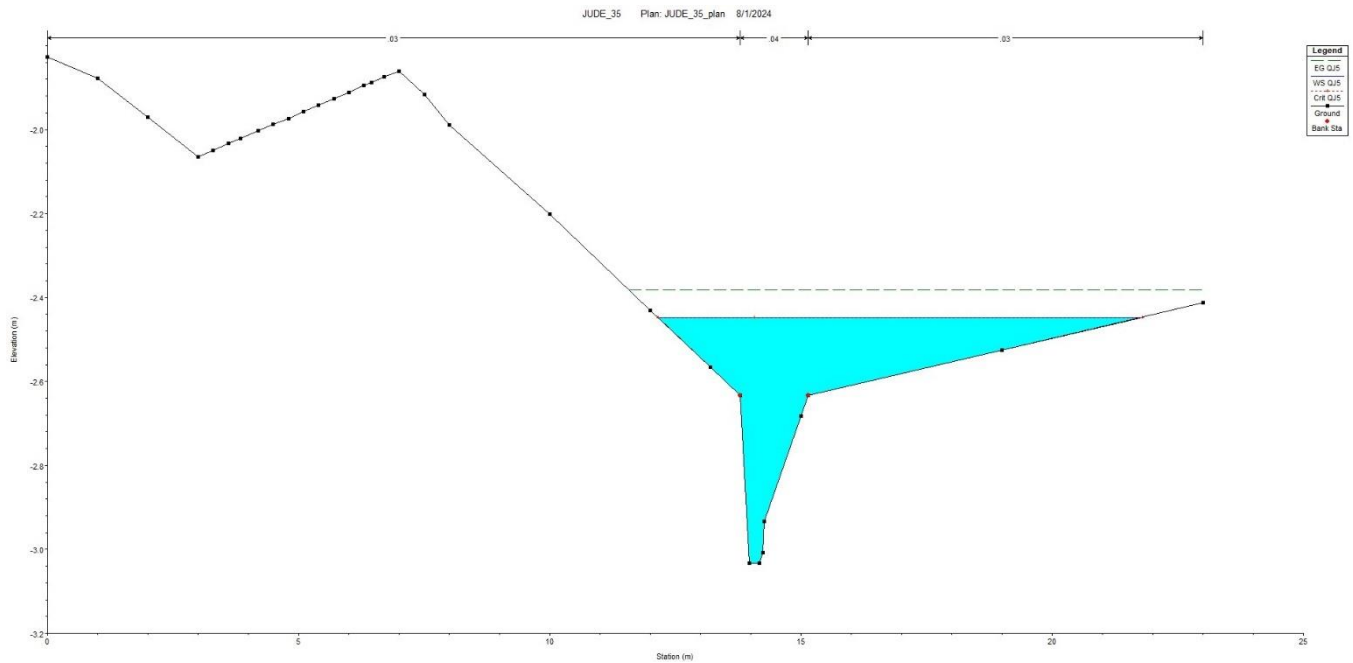


Figure 15 : Exemple de la modélisation HEC-RAS sur une fosse au QJ5 (le point le plus à droite est l'apex du talus)

Concernant la position des différents faciès, les mouilles seront disposées aux apex des méandres, de manière à respecter les fosses d'érosion naturelles. Pour ce qui est des radiers et des plats courants, ceux-ci seront disposés en alternance au niveau des points d'inflexions. Ainsi, les têtes de radier seront séparées d'environ 10 fois la largeur plein bord, et une diversification maximale des faciès pourra être observées. Enfin, le pont-dalot prévu pour la traversée du nouveau cours d'eau sera positionné à un point stratégique au milieu du cheminement, mais aussi sur un secteur à l'aspect plus rectiligne, réduisant les risques d'érosion en amont et en aval qui risqueraient de déstabiliser l'ouvrage (Figure 16). Dans l'optique de s'assurer de la stabilité du pont, des enrochements de berges en amont et en aval seront à prévoir.

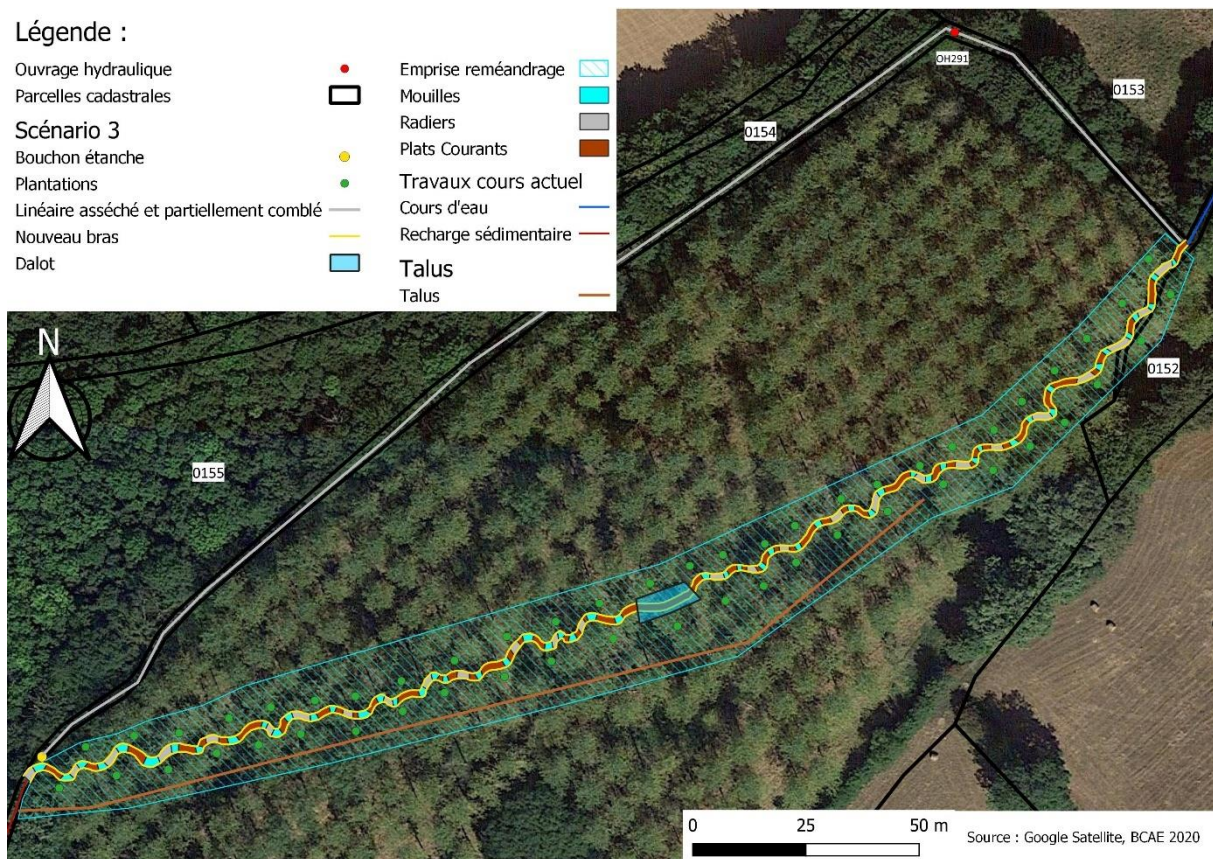


Figure 16 : Carte zoomée du nouveau bras

Le dernier élément à apporter est les sédiments. Comme énoncé plus tôt, la granulométrie doit correspondre à des habitats relatifs à la truite et à ses espèces accompagnatrices, tout en restant en conformité avec les sédiments trouvés naturellement sur la rivière. Chaque faciès aura son propre mélange granulométrique, telles les fosses qui seront dominées par du sable-gravier. Pour les plats courants, un fond de gravier supplémenté de cailloux fins et grossiers par-dessus afin d'apporter plus de grossièreté dans la granularité. Enfin, les radiers seront dominés par des cailloux et des pierres fines, avec l'ajout de quelques pierres grossières de petites tailles dans l'objectif de créer des caches potentielles (Tableau 5). Ces mélanges ont été établis à partir des résultats obtenus via le relevé de sédimentologie fait sur le cours actuel de la Judelle. À partir de ces données, un assemblage présentant des sédiments plus grossiers a été établi pour les radiers. Quant à ceux pour les plats courants et les mouilles, la granulométrie a été réduite petit à petit par rapport au mélange utilisé sur les radiers. Le cubage total correspondant à ces remblais se situe entre 54 m³ en fourchette basse et 92 m³ en fourchette haute.

Tableau 5 : Mélange granulométrique selon le faciès

Classe de taille (mm)	Faciès		
	Radier	Plat courant	Mouille
Sable (<2)	5%	14%	50%
Graviers fins (2/8)	5%	30%	30%
Graviers grossiers (8/16)	10%	30%	10%
Cailloux fins (16/32)	30%	15%	9%
Cailloux grossiers (32/64)	30%	10%	1%
Pierres fines (64/128)	15%	1%	0%
Pierres grossières (128/256)	5%	0%	0%

3. Travaux secondaires prévus dans le projet :

Hormis la création d'un nouveau bras, il convient d'accompagner ce projet avec d'autres éléments servant la renaturation du lieu qui s'inscrivent dans la continuité d'une remise partielle en fond de vallée. Le premier ajout sera la plantation d'hélophytes à proximité du lit, dans l'optique de fournir des habitats supplémentaires à la faune terrestre. Cette plantation phytoépurerait aussi l'eau, améliorant sa qualité. En complément de ces hélophytes, une haie champêtre composée d'arbres et d'arbustes viendrait ajouter de l'ombrage et diversifier la ripisylve aux abords de la rivière. Les espèces choisies seront essentiellement des essences locales, adaptées au milieu humide et pouvant résister à la sécheresse ainsi qu'à l'immersion de leur pied. Les essences d'hélophytes seront (source : Conservatoire Régional des Rives de la Loire et de ses Affluents, 2013) :

- *Phragmites australis* (Roseau) ;
- *Phalaris arundinacea* (Baldingère faux-roseau) ;
- *Iris pseudacorus* (Iris des marais) ;
- *Carex acutiformis* (Laîche des marais).

Les arbustes et arbres composant la haie champêtre seront aussi des essences locales, inféodées à une ripisylve proche des cours d'eau et avec un système racinaire développé permettant de lutter contre l'érosion. Les espèces retenues sont (source : Conservatoire botanique national du Bassin parisien, 2016) :

- En arbustes :
 - *Prunus spinosa* (Prunelier) ;
 - *Cornus sanguinea* (Cornouiller sanguin) ;
 - *Frangula alnus* (Bourdaïne) ;

- En arbres :
 - *Alnus glutinosa* (Aulne glutineux) ;
 - *Salix alba* (Saule blanc) ;
 - *Ulmus minor* (Orme champêtre).

La recharge granulométrique en amont de la reconnexion sera faite avec la même gamme de sédiments que la création des faciès dans le nouveau bras. L'objectif ici est de redonner de la dynamique en instaurant des plats courants et des radiers sur le secteur. Les fractions sédimentaires utilisées pour recréer ces faciès seront les mêmes que celles utilisées pour la création du nouveau bras. Le cubage total de cette recharge sera compris entre 84 m³ en fourchette basse et 149 m³ en fourchette haute.

III. Discussion :

Ce projet décrit précédemment a pour but la renaturation d'un linéaire de 700 mètres sur la Judelle. Celui-ci a évolué à la suite des retours des propriétaires riverains, et les ambitions originelles n'ont pas pu être conservées. Les objectifs tels que la restauration de la continuité écologique ou la diversification des habitats restent malgré tout assez présents, mais la partie liée à la reconnexion du cours d'eau avec ses nappes ou à la réactivation des zones humides ont pâti de ces évolutions régressives. De surcroît, la méthodologie d'acquisition et de traitement des données apporte un certain niveau d'incertitudes quant au bon dimensionnement de ce projet.

Dans un premier temps, un manque déplorable de données sur la masse d'eau s'est vite fait ressentir. En effet, l'absence d'une station de mesure de débits proche de la zone d'études empêchait la mesure précise des débits généraux, forçant l'utilisation de la formule de Myer. La rivière prise pour référence est la Vauvise, qui est un cours d'eau plus large, avec un débit plus fort et un bassin versant plus grand au point de la station de mesure. L'occupation des sols y est aussi différente, le territoire de la Vauvise est recouvert à environ 70% par des terres agricoles, comparé à celui de la Judelle, avec seulement 50% environ d'occupation. La distance à la source y est aussi grandement supérieure dans le cas de la Vauvise. Il est donc fortement probable que les débits généraux calculés pour la Judelle dans ce document diffèrent de la réalité, ce qui a influencé les modélisations et qui rend incertain la réaction du nouveau lit face aux crues ou aux étiages sévères. Il serait peut-être intéressant de n'effectuer des projets sur une masse d'eau qu'après plusieurs années de récoltes de données sur le territoire. L'installation de station de mesure de débit sur chaque masse d'eau au minimum peut être une solution pour pallier le manque de chiffres.

Concernant la partie modélisation, un manque de connaissances sur le fonctionnement précis de HEC-RAS a probablement apporté un lot d'incertitudes non-négligeable. De plus, le terrain aurait pu être prospecté davantage afin d'avoir une meilleure idée de la topographie et ainsi avoir une modélisation plus précise du fonctionnement hydraulique du nouveau bras. Cela aurait aussi permis d'avoir plus de données sur la bathymétrie de la rivière actuelle, apportant une valeur de pente ou de largeur plein bord moyenne plus proche de la réalité. Il

est aussi important de prendre en compte l'absence d'une borne NGF à proximité, obligeant alors à travailler en relatif. Cette méthode, bien que fonctionnelle, force l'utilisation d'HEC-RAS pour les modélisations, empêchant toute utilisation d'Hydra.

À noter aussi les échanges avec les propriétaires, se faisant majoritairement par courrier ou mail, et donc pouvant prendre plusieurs semaines pour avoir une réponse précise. Ce délai ne permettait pas de s'avancer sur un scénario, et de plus les scénarios ont dû être retravaillés afin de mieux correspondre aux usages des propriétaires. Additionnellement, le SIRVAA étant un syndicat jeune, dans son premier contrat territorial, il est difficile de convaincre les propriétaires au vu du manque de projet « vitrine » pouvant être présenté. Cela induit forcément une crainte au niveau de l'aspect final de la rivière. Cette jeunesse du syndicat se retranscrit aussi par le manque de certains outils, notamment RD12, un module se greffant sur des logiciels de DAO (Dessin Assisté par Ordinateur), augmentant donc le temps de travail et l'incertitude quant à la retranscription de la topographie sur ZWCad.

Concernant le projet en lui-même, quelques éléments peuvent être critiqués. Tout d'abord, la présence de nombreux ouvrages hydrauliques en aval quasi-direct du lieu de renaturation. Même si la continuité est restaurée sur ce secteur, au final le linéaire impacté n'est pas immense, et la longueur de cours d'eau désenclavé reste minime. En outre, les dernières informations sur la rivière datent de 2019, et la station SANDRE utilisée pour les mesures se situent en aval des ouvrages cités précédemment. De plus, les données piscicoles sur la station de l'état écologique sont intéressantes : bon potentiel piscicole, mais l'inventaire date également de 2016. Il convient donc de remettre en question la pertinence de se baser sur ces données qui ont probablement évoluées depuis, et qui sont à un endroit déconnecté du lieu du projet. Les populations de poissons ou d'invertébrés peuvent donc être très différentes, et l'espèce cible choisie pour ce projet, ici la truite, peut donc ne pas être présente sur site.

IV. Conclusion :

Pour conclure, le projet de remise en fond de vallée de la Judelle était ambitieux, et était défini pour être un des premiers projets importants du syndicat permettant d'avoir un site « vitrine » de restauration de milieu dégradé. Cependant, le projet a vite perdu en ambition pour répondre aux attentes des propriétaires riverains souhaitant conserver la présence de la Judelle le long de leurs parcelles. Les refus des propriétaires ont finalement transformé une remise en fond de vallée complète en un reméandrage contribuant ainsi à l'évitement d'un obstacle infranchissable, minimisant une partie des objectifs initiaux, comme la reconnexion des nappes avec le cours d'eau ou bien la réactivation des zones humides. De plus, les propriétaires principaux n'ont pas encore donné complètement leur aval, ce qui laisse encore une interrogation importante sur la réelle réalisation du projet.

Il est tout de même important de souligner le fait que le projet répond à des enjeux écologiques puisqu'il contribue à contourner un obstacle infranchissable. Sa suppression du site joindra des populations piscicoles et augmentera le possible brassage génétique au sein

de la population. L'amélioration des habitats aquatiques sera aussi bénéfique aux poissons et invertébrés de la rivière. La plantation d'hélophytes et d'une haie champêtre développera l'avifaune du site, ainsi que les populations d'amphibiens, déjà présentes sur sites grâce à la présence de mares naturelles. Ces plantations joueront aussi un léger rôle de phytoépuration de l'eau, améliorant factuellement sa qualité et de maintenir une température intéressante grâce à l'ombrage apporté. Ce projet est aussi un bon exemple de compromis entre objectifs écologiques et usages humains. Hormis la diminution de la taille du nouveau bras, il a été nécessaire d'ajouter un ensemble d'aménagement (pont dalot et comblement du lit actuel) afin que les propriétaires principaux considèrent le creusement du lit dans leur parcelle.

Enfin, d'un point de vue plus personnel, ce stage et ce projet m'ont permis de réellement être immergé dans le métier de chargé de missions rivières. J'ai pu découvrir les différentes facettes de ce travail, aussi bien les points positifs que négatifs. Mais ce dernier a également été l'occasion de me rendre compte de la quantité de travail qu'il restait à accomplir. J'ai pu comprendre que ce métier pouvait être très frustrant, mais aussi très stimulant. J'en retiens donc une expérience très positive qui me sera sûrement très utile dans le futur.

V. Bibliographie :

Aquascop, 2019. *Évolution 2007-2021 de la qualité annuelle des cours d'eau. Station 04441005 – R Judelle à Léré*. Agence de l'eau Loire Bretagne & OSUR.

https://carmen.carmencarto.fr/IHM/metadata/AELB/Publication/FICHES_STATION/04441005.pdf

Duroueix F., Lieven J., 2021. *Métazachlore : réglementation et impact sur le désherbage du colza*.

<https://www.terresinovia.fr/-/metazachlore-reglementation-et-impact-sur-le-desherbage-du-colza>

Fournials X., Gouineau C., Laïné H. *La récréation de cours d'eau, du retour au fond de vallée au reméandrage*. CATER Normandie & Région Normandie.

Kaupe S., Geffray O., 2013. *Valorisation des berges de Loire. Quelques conseils*. Conservatoire régional des rives de la Loire et de ses affluents.

Office français de la Biodiversité, 2018. *Le retour du cours d'eau dans son talweg*.

Puissauve R., Legros B. & Poulet N., 2015. *Fiches d'information sur les espèces aquatiques protégées : Truite commune, Salmo trutta (Linnaeus, 1758)*. Service du patrimoine naturel du MNHN & Onema.

Roscio L., Fourel L., 2022. *Étude diagnostic préalable au Contrat Territorial du bassin versant de l'Aubois et des bassins versants des affluents de la Loire et de l'Allier dans le département du Cher. Phase n°2 : Préparation du nouveau contrat Milieux Aquatiques – Diagnostic*. SARL RIVE & SIRVAA.

Roscio L., Fourel L., 2022. *Étude diagnostic préalable au Contrat Territorial du bassin versant de l'Aubois et des bassins versants des affluents de la Loire et de l'Allier dans le département du Cher. Phase n°2 : Préparation du nouveau contrat Milieux Aquatiques – Diagnostic morphologique : REH*. SARL RIVE & SIRVAA.

UICN, 2019. *La Liste rouge des espèces menacées en France, Poissons d'eau douce de France métropolitaine*. Service du patrimoine naturel du MNHN, Agence Française pour la Biodiversité & Société Française d'Ichtyologie.



POLYTECH[®]
TOURS

35 ALLÉE FERDINAND DE LESSEPS
37200 TOURS

Hugo Salmon
2023-2024

Développement d'un projet de renaturation de cours d'eau

Résumé :

Ce document détaille la conception d'un projet de remise en fond de vallée d'un tronçon d'environ 700 mètres linéaires du cours d'eau de la Judelle sur la commune de Léré (Cher). Ce projet permet l'évitement d'une chute infranchissable, la recréation d'habitats aquatiques ainsi que la reconnexion entre la rivière et sa nappe. Pour ce faire, plusieurs étapes ont été nécessaires, avec notamment des mesures terrains (topographie, bathymétries, débits, sédimentologie), la réalisation de carte sous Qgis et de la modélisation hydraulique grâce à HEC-RAS et ZWcad. De plus, des contraintes supplémentaires ont été apportées par les propriétaires riverains, obligeant ainsi à revoir le projet à un niveau d'ambition inférieur. L'enjeu final de ce projet consistait en la conciliation de bienfaits écologiques de la restauration par l'amélioration ou la remise en état des services écosystémiques rendus par la rivière et son écosystème avec les usages économiques ou récréatifs des riverains liés au cours d'eau.

Mots Clés : remise en fond de vallée, reméandrage, Judelle, bienfaits écologiques, rencontres avec les propriétaires, mesures terrains, modélisation, chargé de mission rivières

SIRVAA

8 rue de l'Eglise, 18140, Précy

Tuteur collectivité :

Erwan Pierre-Chupin

Chargé de mission rivières

Tuteur académique :

Michel Bacchi