

Rapport de stage individuel

5^{ème} année

Étude de restauration morpho-écologique

Egis eau
15 avenue du Centre. 78280 Guyancourt



Tuteur entreprise :
Soizic Heuse
Chef de projet Etudes et travaux fluviaux

Mathias Moison
IMA
2023-2024

Tuteur académique :
Stéphane Rodrigues

Remerciements

Je souhaite exprimer ma profonde gratitude à toute l'équipe d'Egis pour m'avoir accueilli et permis de réaliser ce stage.

Je tiens à remercier tout particulièrement Soizic Heuze, ma tutrice de stage et chef de projet. Ainsi que Christelle Tison et Florian Graux pour leur confiance et pour m'avoir offert l'opportunité d'assister à de nombreux projets menés par l'équipe de restauration d'Egis Eau.

Je remercie également toute l'équipe, notamment Jean-François Salmin, Antoine Servolin, Théo Decaix, Moussa Tall, Solenn Thommeret, Antoine Oriot et Augustin Joneau, pour leur aide précieuse et les moments partagés.

Je n'oublie pas de remercier mes professeurs de la spécialité de l'Ingénierie des Milieux Aquatiques (IMA) qui m'ont formé et enseigné les connaissances et compétences requises pour répondre aux exigences du milieu professionnel en bureau d'étude.

Enfin, je souhaite exprimer ma profonde gratitude à Quentin Dhénaut pour sa confiance et pour m'avoir offert l'opportunité de continuer cette aventure au sein d'Egis.

CONFIDENTIEL

Table des matières

1.	Introduction.....	5
2.	Présentation de la structure d'accueil	6
2.1.	L'organisme d'accueil : Egis.....	6
2.2.	Egis Eau.....	6
3.	Projets et problématiques abordés.....	7
3.1.	Missions principales	7
3.1.1.	Étude hydromorphologique et définition d'un programme d'actions de gestion des milieux aquatiques du bassin de la Seine Mantoise.....	7
3.1.1.1.	Contexte de l'étude.....	7
3.1.1.2.	Présentation du site d'étude.....	8
3.1.1.3.	Matériel et méthode	9
3.1.1.4.	Résultats	14
3.1.1.5.	Discussion et conclusion	16
3.1.2.	Étude de faisabilité pour rétablir la continuité écologique sur le ru de Gally .	19
3.1.2.1.	Contexte de l'étude.....	19
3.1.2.2.	Présentation du site d'étude.....	20
3.1.2.3.	Matériel et méthode	21
3.1.2.4.	Résultats.....	23
3.1.2.5.	Discussion et conclusion	24
1.1.	Missions complémentaires et leurs problématiques.....	25
1.1.1.	Étude de définition d'un programme d'actions sur l'aval du fleuve Liane pour prévenir les inondations et réduire leurs impacts	25
1.1.2.	Mission de maîtrise d'œuvre pour la restauration des berges de la rue du Quai de l'Essonne sur la commune de Corbeil-Essonnes (91).....	27
2.	Conclusion du stage	29
	Bibliographie	30
	Annexe.....	30

Références

Table des figures

Figure 1 : Vue d'ensemble des 3 lots géographiques du territoire concernés par l'étude	8
Figure 2 : Bassins versants du périmètre du lot 2 (source : SDAGE SEINE-NORMANDIE)	8
Figure 3 : Schéma d'organisation des échelles d'analyses effectuées sur le terrain.....	9
Figure 4 : Aperçu du fichier Excel utilisé pour la description et la notation des segments selon la méthode REH.....	12
Figure 5 : Données brutes récoltées sur le terrain comprenant les ouvrages (photo gauche) et les pressions (photo droite)	12
Figure 6 : Aperçu du fichier Excel permettant de calculer un pourcentage d'altération à l'échelle du tronçon.....	13
Figure 7 : Tracé sinueux du Guyon permis par une liberté latérale préservée dans la forêt de Rambouillet	16
Figure 8 : Lit caractéristique des affluents de la masse d'eau en milieu agricole susceptible d'être assec.....	16
Figure 9 : Linéaire busé est canalisé sur la masse d'eau du Maldroit.....	17
Figure 10 : Carte du ru de Gally (affluent exclus).....	20
Figure 11 : Tableau récapitulatif des capacités de nage et de saut en fonction des taxons ...	21
Figure 12 : Ouvrages diagnostiqués sur le ru de Gally	23
Figure 13 : Photographies prises sur le terrain des aménagements rompant la continuité écologique	23
Figure 14 : Périmètre de la Liane concerné par l'étude.....	25
Figure 15 : Proposition d'aménagement pour limiter le verrou hydraulique du secteur.....	26
Figure 16 : Carte des réseaux et absence probable de clapets anti-retour responsable du phénomène de remonté d'eau	26
Figure 17 : Secteur d'étude - 230 ml de berge en rive gauche de l'Essonne	27
Figure 18 : Désordres observés sur le pavé en bord de berge.....	27
Figure 19 : Liste exhaustive des éléments observés sur site	28
Figure 20 : Rendus cartographique permettant de contextualiser le secteur d'étude	28

Table des tableaux

Tableau 1 : Ensemble des cours d'eau composant le lot 2 et leur linéaire.....	9
Tableau 2 : Masse d'eau comprise dans le lot 2	10
Tableau 3 : Code couleur établi en fonction du niveau d'altération des compartiments REH	11
Tableau 4 : Synthèse des niveaux d'altération sur trois masses d'eau.....	14
Tableau 5 : Atlas des compartiments évalués sur la masse d'eau de la Guyonne.....	15
Tableau 7 : Analyse multicritère des ouvrages recensés sur le ru de Gally.....	24

Table des annexes

Annexe 1 : Script python utilisé pour compiler le score des tronçons de la masse d'eau en un fichier Excel unique	30
---	----

1. Introduction

Ce stage de fin d'études s'inscrit dans la formation d'Ingénierie des Milieux Aquatiques (IMA) du département Aménagement et Environnement de Polytech Tours. Il s'est déroulé au cours de la cinquième année du cursus, du 12 février au 16 août 2024, chez Egis Eau à Guyancourt (78).

Contrairement à mon stage de quatrième année qui s'est effectué dans un organisme à but non-lucratif à Montréal. Cette année le stage se déroule au sein d'un bureau d'étude et me permet de comparer les différents aspects du métier. J'ai obtenu ce stage à la suite d'une candidature intitulée : « Assistant chargé d'étude. Etudes et travaux de restauration éco-morphologique ». La description des missions correspondait à mes attentes et les retours de mes anciens camarades de promotion étaient encourageants. Je recherchais un bureau d'étude en région parisienne pour des raisons personnelles œuvrant sur les thématiques de la restauration éco-morphologique, de restauration écologique avec une expertise sur modélisation hydraulique. De plus, l'offre de stage comprenait des missions sur le terrain, ce que j'affectionne particulièrement. Je voulais éviter autant que possible, les stages axés sur des projets d'aménagement d'ouvrage ou d'urbanisation de berge afin de rester en accord avec mes convictions.

Le stage a été une véritable opportunité pour découvrir une variété de projets et aborder les différentes étapes de leur réalisation. J'ai eu l'occasion de participer à quatre projets dont :

- Étude hydromorphologique et définition d'un programme d'actions de gestion des milieux aquatiques du bassin de la Seine Mantoise
- Étude de faisabilité pour rétablir la continuité écologique sur le ru de Gally
- Étude de définition d'un programme d'actions sur l'aval du fleuve Liane pour prévenir les inondations et réduire leurs impacts
- Mission de maîtrise d'œuvre pour la restauration des berges de la rue du Quai de l'Essonne sur la commune de Corbeil-Essonnes (91)

Chaque projet et mission m'ont permis d'accomplir des tâches variées tout au long du stage :

- Inspections de terrain (ripisylve, berges, lit mineur, lit majeur, ouvrages transversaux),
- Analyse du fonctionnement morphologique et écologique de tronçons de cours d'eau,
- Collecte, analyse et exploitation des données existantes (Etudes bibliographiques),
- Optimisation et automatisation des rendus de données,
- Définition des altérations et des atouts des masses d'eau,
- Rendus cartographiques,
- Participation aux réunions de travail,
- Rédaction de notes et de rapports.

Deux projets m'étaient principalement assignés, l'étude hydromorphologique sur un périmètre défini et l'étude de faisabilité sur le ru de Gally. Également, mon travail consisté à appuyer mes collègues sur deux autres missions qui seront succinctement présentées dans la suite de ce rapport. Certains projets incluent des études liées à des enjeux politiques sensibles qui ne doivent pas être divulguées. Par conséquent, le rapport suivant est classé confidentiel.

2. Présentation de la structure d'accueil

2.1. L'organisme d'accueil : Egis

Egis est un groupe international de conseil, d'ingénierie de la construction et d'exploitation œuvrant dans les secteurs du transport, de l'eau, de l'énergie, du bâtiment et des villes. Fondé en 1970, le groupe s'est diversifié autour de ces thématiques et s'est développé à l'international dans plus de 100 pays : au Moyen-Orient, en Inde, en Amérique latine, en Afrique, en Asie Pacifique et en Europe et réalise aujourd'hui 62% de son activité hors de France.

L'activité de conseil et d'ingénierie occupe 79% de l'activité d'Egis contre 21% pour l'exploitation et services à la mobilité.

En France, le groupe est installé dans de nombreuses villes avec pour chaque bureau des spécialités différentes. Le siège social de l'entreprise se situe à Guyancourt (78).

2.2. Egis Eau

L'activité Egis Eau est implantée dans de nombreuses villes françaises, elle est découpée en plusieurs secteurs. Egis Eau Guyancourt est ainsi inscrit dans le secteur Île-de-France, Nord, Nord-Est. Le siège social d'Egis Eau se situe à Montpellier.

Egis Eau apporte son expertise sur l'ensemble des problématiques de l'eau comme l'assainissement, la distribution et la gestion de l'eau potable, ainsi que l'aménagement et la restauration des milieux aquatiques. Egis propose plusieurs champs d'expertise diversifiés :

- Stratégie, accompagnement des acteurs institutionnels
- R&D et transfert de connaissances
- Planification, master plans
- Gestion du risque et asset management
- Procédures de diligence préalable, audits, rapports d'expertise
- Études environnementales
- Gestion de projet

Le stage a été réalisé dans le domaine de l'aménagement et la restauration des milieux aquatiques. C'est un domaine en expansion avec de plus en plus d'offres, en particulier en Ile-de-France. Différents types de projets et études sont réalisés :

- Des études et diagnostics hydromorphologiques et écologiques ;
- Des projets de restauration de cours d'eau ;
- Des projets de réouverture de cours d'eau ;
- De la maîtrise d'œuvre et suivis de travaux ;
- De l'assistance à la maîtrise d'ouvrage ;
- Des études hydrauliques ;
- Des dossiers lois sur l'eau.

L'équipe fluviale de Guyancourt est composée d'une directrice de projets, de trois chefs de projets, de cinq chargés d'études et d'une technicienne rivière. Un second stagiaire de fin d'études a été recruté en parallèle de mon stage. La pluridisciplinarité au sein de l'équipe permet de travailler sur les différents type de projets allant de la maîtrise d'œuvre en restauration de cours d'eau jusqu'aux études hydrauliques.

3. Projets et problématiques abordés

3.1. Missions principales

3.1.1. Étude hydromorphologique et définition d'un programme d'actions de gestion des milieux aquatiques du bassin de la Seine Mantoise

3.1.1.1. Contexte de l'étude

Le projet d'étude hydromorphologique et de définition d'un programme d'actions de gestion des milieux aquatiques du bassin de la Seine Mantoise est porté par les collectivités locales en charge de la compétence GEMAPI de la Vallée de la Seine Mantoise et de ses affluents. Il consiste en l'élaboration d'un programme d'actions visant à restaurer les milieux aquatiques pour atteindre les échéances de la directive européenne du cadre sur l'eau. Parmi les masses d'eau du périmètre d'action, plusieurs, ont pour objectif d'atteindre le « bon état » écologique d'ici 2027. La mission d'étude a pour finalité de fournir les éléments techniques, financiers et administratifs du programme d'actions à l'horizon 2025.

Le projet est encadré par le Syndicat Mixte de la Seine Ouest (SMSO) désigné comme coordonnateur du groupement de commandes. L'étude vise, via un état des lieux et un diagnostic, à :

- Décrire et étudier le fonctionnement hydromorphologique des cours d'eau
- Identifier les principales causes de dysfonctionnements hydromorphologiques et hydrauliques des cours d'eau et des principales annexes hydrauliques
- Établir un programme d'actions opérationnel adapté aux enjeux des bassins-versants
- Préserver et redévelopper les fonctionnalités naturelles des milieux aquatiques (lit mineur, lit majeur, berges et ripisylves, annexes hydrauliques, ...)
- Préserver et restaurer la biodiversité
- Restaurer la continuité biologique et sédimentaire
- Restaurer la morphologie des cours d'eau et rétablir leurs espaces de fonctionnalités

Le projet est découpé en 4 phases :

- **Phase 1 : État des lieux**
- **Phase 2 : Diagnostic des milieux aquatiques*** :
 - Réalisation de la phase terrain sur l'ensemble du linéaire des cours d'eau concernés
 - Analyse des données recueillies : diagnostic, enjeux, dysfonctionnements/altérations
 - Définition des orientations d'actions de restauration et de gestion
 - Définition d'une stratégie d'intervention
- **Phase 3 : Listing d'actions de restauration et de gestion des milieux aquatiques**
- **Phase 4 : Élaboration de scénarios d'aménagements jusqu'au scénario final révisé et optimisé**

Mon stage intervient au cours de la phase 2, plus précisément, pendant le travail de prospection des linéaires et d'analyse des données recueillies. La première phase de l'étude a été menée en 2023. Le démarrage de la phase 3 et 4 n'a pas été initié lors de la période de mon stage.

3.1.1.2. Présentation du site d'étude

Le périmètre d'étude s'étend sur une dizaine d'affluents de la Seine dans le bassin de la Seine Mantoise. La zone d'étude est découpée en trois lots (cf. figure 1) :

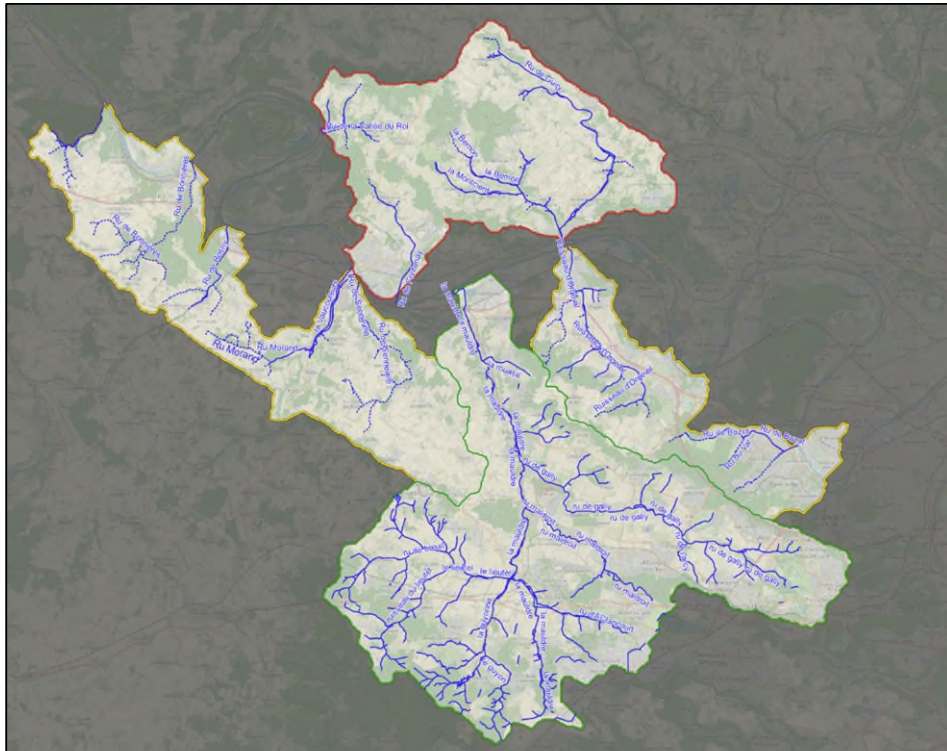


Figure 1 : Vue d'ensemble des 3 lots géographiques du territoire concernés par l'étude

Périmètre d'étude du lot 2 m'étant assigné pour la période de mon stage (cf. figure 2) :

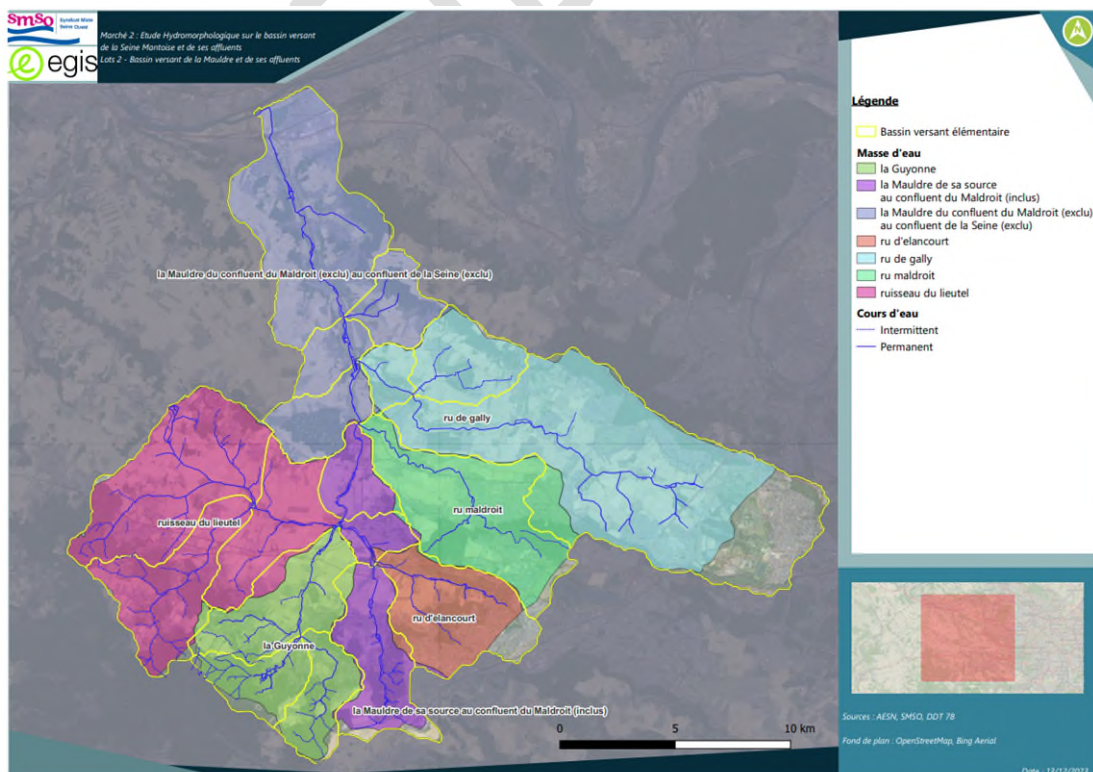


Figure 2 : Bassins versants du périmètre du lot 2 (source : SDAGE SEINE-NORMANDIE)

Le périmètre de l'étude du lot 2 s'étend sur le département des Yvelines (78), il comprend le bassin-versant de la Mauldre et les bassins versant de ses affluents. La totalité de la surface représente environ **374 Km²**.

Parmi les cours d'eau étudiés, la Mauldre constitue le cours d'eau principal du bassin versant alimentée par de nombreux affluents : le Lieutel, la Guyonne, le Ru d'Élancourt, le Ru du Maldroit, le Ru de Gally, le Ru de Riche, la Rouase, et leurs propres affluents, pour un linéaire total de **286 km**. Une partie des cours d'eau du lot 2 ont déjà été inspectés l'année dernière dont, le ruisseau du Lieutel, le Breuil, le ru du Maldroit et le ru de Gally, marqué d'une couleur rouge dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1 : Ensemble des cours d'eau composant le lot 2 et leur linéaire

Cours d'eau	Longueur (en km)	Cours d'eau	Longueur (en km)
Mauldre	46,6	Guyonne (Affluents)	15,5
Mauldre (Affluents)	9,5	Guyon	7,8
Ruisseau du Lieutel	16,5	Guyon (Affluents)	6,3
Ruisseau de la Couarde	6,7	Ru d'Élancourt	11,2
Ruisseau du Lieutel (Affluents)	15,4	Ru de Maurepas	4,2
Ru de Breuil	9,7	Ru d'Élancourt (affluents)	3,2
Ru de la Coquerie	11,7	Ru du Maldroit	16,4
Ru Merdron	6,3	Ru de Gally	20,6
Ru de Breuil (Affluents)	11,7	Ru de Maltoute	2,8
Ru de Ponteux	4,7	Ru de Gally (Affluents)	21,4
Guyonne	15,8	Ru de Riche	5,1
Ruisseau des Gaudigny	4,7	Rouase	3,5
Ruisseau des Gaudigny (Affluents)	8,7	Total général	286,0

3.1.1.3. Matériel et méthode

Le travail de la phase 2, diagnostic des milieux aquatiques, se fait en deux étapes. Dans un premier temps, la récupération des informations et des données sur le terrain, puis l'analyse des données recueillies et la synthétisation des altérations à l'échelle des masses d'eau.

A) Prospection sur site

Pour évaluer avec justesse les caractéristiques morphologiques des cours d'eau et étant donné la quantité importante de linéaire, les cours d'eau ont été découpés en différentes échelles (cf. figure 3) :

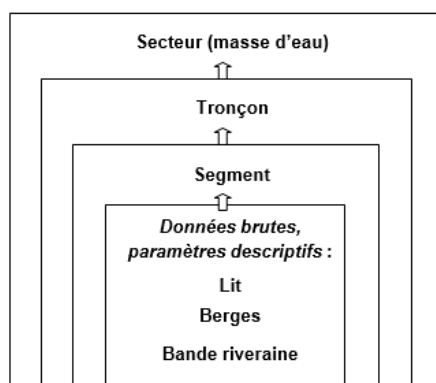


Figure 3 : Schéma d'organisation des échelles d'analyses effectuées sur le terrain

La masse d'eau :

Une masse d'eau de rivière est une partie distincte et significative des eaux de surface telles qu'une rivière, un fleuve ou un canal, une partie de rivière, de fleuve ou de canal, constituant le découpage élémentaire des milieux aquatiques destinée à être l'unité d'évaluation de la DCE. Les critères de réalisation des masses d'eau sont :

- Une masse d'eau appartient à une seule hydroécocorégion,
- Le peuplement piscicole dominant basé sur le contexte piscicole (Salmonicole, Cyprinicole, Intermédiaire),
- La classe de taille (rang de confluence de Strahler).

L'échelle de la masse d'eau constitue pour l'étude un niveau de synthèse et la définition des objectifs. L'élaboration de fiche synthèse est destinée à proposer une vision synthétique facilement communicable sur la caractérisation des cours d'eau qui composent la masse d'eau ainsi qu'une définition des enjeux.

Sept masses d'eau sont comprises dans le lot 2 (cf. tableau 2) :

Tableau 2 : Masse d'eau comprise dans le lot 2

Unité hydrographique	Nom de la masse d'eau	Code de la masse d'eau
MAULDRE & VAUCOULEUR	La Mauldre de sa source au confluent du Maldroit (inclus)	FRHR232A
MAULDRE & VAUCOULEUR	Élancourt	FRHR232A-H3033000
MAULDRE & VAUCOULEUR	Ruisseau du Lieutel	FRHR232A-H3038000
MAULDRE & VAUCOULEUR	La Guyonne	FRHR232A-H3039100
MAULDRE & VAUCOULEUR	Ru du Maldroit	FRHR232A-H3049000
MAULDRE & VAUCOULEUR	La Mauldre du confluent du Maldroit (exclu) au confluent de la Seine (exclu)	FRHR232B
MAULDRE & VAUCOULEUR	Ru de Gally	FRHR232B-H3052000

Le tronçon :

Le tronçon constitue une portion de cours d'eau typologiquement homogène (débit, largeur, profondeur, pente) susceptible d'abriter un type de peuplement (association d'espèces piscicoles) donné. Les tronçons ont une longueur variable de quelques kilomètres à plusieurs dizaines de kilomètres, et sont délimités par des facteurs de modifications physiques majeures, tels que :

- La pente et forme de la vallée,
- La largeur du fond de vallée alluviale (correspondant à la largeur en alluvions modernes),
- Le rang hydrographique de Strahler,
- La nature du substratum géologique,
- Les modifications majeures d'origine anthropique telles que la présence d'ouvrage, de plans d'eau ou de changement radical de l'occupation des sols (traversée d'agglomération).

À chaque tronçon, sera attribué un niveau d'altération issu du post traitement des paramètres de descriptions relevés au niveau du segment présenté par la suite.

Plus concrètement, les facteurs de distinction des tronçons sont définis à partir des courbes de niveau du modèle numérique de terrain, la géologie, le référentiel des obstacles à l'écoulement (ROE), le mode d'occupation du sol et les ortho photos.

Le segment :

Le segment correspond à l'unité sectorielle à laquelle sera associée la description des différents paramètres impactant sur la qualité habitacionnelle du cours d'eau. Le segment possède une étendue spatiale plus courte, le tronçon étant découpé en segments. La délimitation d'un tronçon en plusieurs segments est décidée lors de la phase terrain, elle s'appuie sur le recoupement d'un certain nombre de paramètres issus de différents compartiments. Ce premier niveau de synthèse s'appuiera sur les critères suivants :

- Lit mineur
 - Variation significative des paramètres géométriques (hauteur de berge, largeur plein bord...)
 - Modification de la largeur en eau (confluence, diffluence)
 - Modification majeure d'origine anthropique (grand barrage, seuil réservoir, lac, moulin...)
 - Variation significative des faciès d'écoulement
- Berge/ Ripsisylve
 - Modification majeure de l'occupation du sol (traversée agglomération...)
 - Modification significative de l'aspect de la ripsisylve

L'échelle du segment est unité sectorielle appropriée pour l'évaluation du degré d'altération de l'habitat. La méthode REH permet, entre autres, de décrire le degré d'altération de six compartiments structurant un hydrosystème, à savoir :

- 3 compartiments morphologiques : la ligne d'eau, le lit mineur, berges/ripisylve,
- 2 compartiments liés à la continuité écologique : la continuité longitudinale et transversale (annexes/lit majeur),
- 1 compartiment lié à l'hydrologie : le débit.

Les caractéristiques morphologiques du cours d'eau (lit, berge, ripsisylve) sont décrites à l'échelle du segment, tandis que les compartiments liés à la continuité et l'hydrologie sont étudiés à l'échelle du tronçon. Pour chaque compartiment, les pressions anthropiques responsables d'une altération sont identifiées (occupation du sol, aménagements, ouvrages, points de rejets...). Le niveau d'altération est estimé en quantifiant les modifications physiques que le tronçon a subies grâce à deux critères : la nature et l'importance de la perturbation (faible, moyenne, forte) et l'étendue de l'influence de la perturbation (en % de linéaire affecté), évaluées par rapport à la situation de référence idéale que serait le cours d'eau sans aucune perturbation anthropique. Le tableau suivant présente la relation à intégrer entre le degré et le niveau d'altération global (cf. tableau 3).

Tableau 3 : Code couleur établi en fonction du niveau d'altération des compartiments REH

Degrés d'altération	0-20 %	20-40 %	40-60 %	60-80 %	80-100 %
0 Faible	Très Bon (Bleu)	Très Bon (Bleu)	Bon (Vert)	Bon (Vert)	Bon (Vert)
1 Moyen	Très Bon (Bleu)	Bon (Vert)	Moyen (Jaune)	Moyen (Jaune)	Mauvais (orange)
2 Fort	Bon (Vert)	Moyen (Jaune)	Moyen (Jaune)	Mauvais (orange)	Très mauvais (rouge)

Après avoir défini le concept d'emboîtement d'échelles et la méthodologie du Réseau d'Évaluation d'Habitat, il reste la prospection in situ.

Le travail sur site consiste à parcourir l'ensemble du linéaire des cours d'eau à pied, environ 7 km/jour. Les inspections se déroulent en binôme avec une répartition des tâches. Un opérateur est responsable de décrire et d'évaluer le fonctionnement ainsi que les caractéristiques morphologiques du segment (cf. figure 4). Tandis que le second membre de l'équipe se charge de relever et de spatialiser les observations ponctuelles rencontrées (rejets, ouvrages, espèces exotiques envahissantes) sur une tablette numérique de terrain. L'intégration des données brutes recueillies sur site dans une base de données SIG (cf. figure 5) est un besoin complémentaire exprimé par le maître d'ouvrage dans le cahier des charges. Régulièrement, des photos descriptives des atouts et des pressions exercées sur l'hydrosystème sont capturées.

FICHE DE TERRAIN		MAU_GUY_02 b					
Nom du cours d'eau :	la Guyonne	Numéro du segment :	b	Date :	15/04/2024		
Nom du tronçon :	MAU_GUY_02	Longueur du segment (m) :	297	Heure de début :	13h		
Eutrophisation :	Non	Largeur moyenne (m) :	1,3	Météo :	Nuageux		
N° Ouvrage :	Profondeur moyenne (m) :		1	Nom de l'opérateur : MM			
		Limite amont :		Buse route			
		Limite aval :		Propriété privé			
Description du milieu physique				Altération du milieu	LINEAIRE AFFECTE (%)		
LIGNE D'EAU					Faible	Moyenne	Forte
Diversité des faciès d'écoulement (si pas d'axe)	Cours d'eau canalisé	1	2	≥ 3	Altération des successions de faciès (Homogénéisation et Ralentissement des écoulements)		
Faciès dominant	Plat lentique	Plat lotique	Radier	Mouille	0%		
Faciès secondaire	Plat lentique	Plat lotique	Radier	Mouille	30%		
LIT MINEUR							
Sinuosité - Tressage (SIG)	CS < 1,05	1,05 < CS < 1,25	1,25 < CS < 1,5	> 1,5	Modification du profil en long (tracé, pente)		
	Nulle	Faible	Moyen	Fort	0%		
Incision du lit (naturelle / liée à tvx)	Absence	Faible	Moyen	Fort	Modification du profil en travers (largeur - profondeur)		
							20%
Granulométrie dominante (au niveau des radiers)	Argile	Limons	Sable	Gravier	Réduction de la granulométrie grossière (diversité des habitats - chenal)		
	Cailloux	Pierre	Bloc	Béton			
Granulométrie accessoire (au niveau des radiers)	Argile	Limons	Sable	Gravier	0%		
	Cailloux	Pierre	Bloc	Béton			

Figure 4 : Aperçu du fichier Excel utilisé pour la description et la notation des segments selon la méthode REH

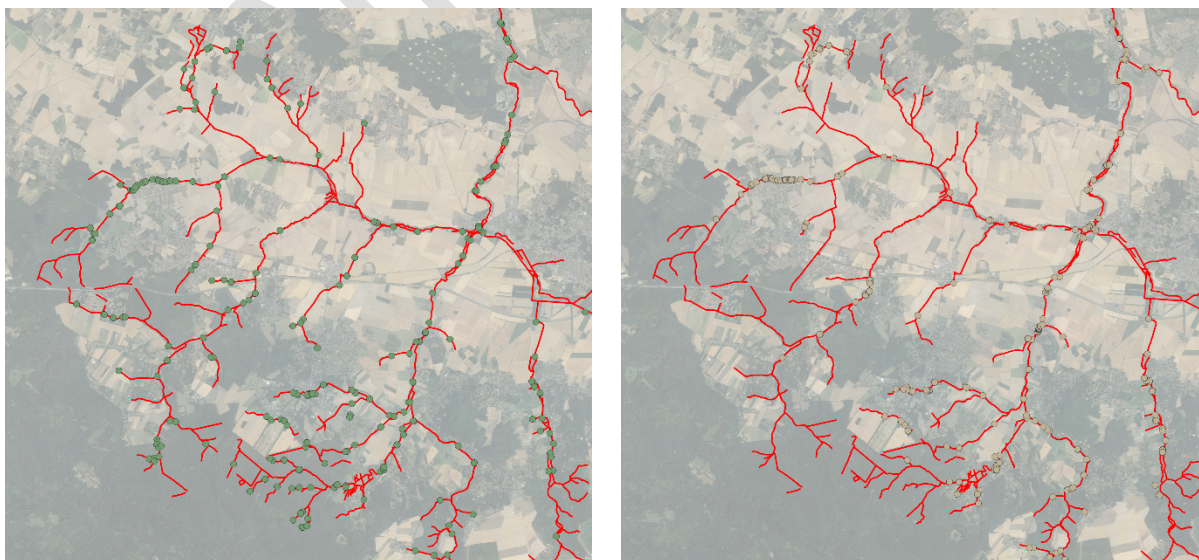


Figure 5 : Données brutes récoltées sur le terrain comprenant les ouvrages (photo gauche) et les pressions (photo droite)

B) Synthèse des données

La finalité d'un diagnostic REH est d'évaluer l'état des habitats par une quantification des modifications qu'il a subies. La méthodologie permet ainsi d'avoir des connaissances sur l'état de l'hydrosystème des masses d'eau et de pouvoir cibler les linéaires responsables des altérations. Pour apprécier l'état de l'hydrosystème à l'échelle d'une masse d'eau, un travail de synthèse des données doit être réalisé.

Tout d'abord, le niveau de pourcentage d'altération sur les compartiments morphologiques est recalculés à l'échelle du tronçon lorsque plusieurs segments le composent. L'évaluation du régime hydrologique et de la continuité écologique sont déjà étudié à l'échelle du tronçon (cf. figure 6). Le pourcentage des linéaires inaccessibles est retiré du calcul d'altération.

FICHE BILAN : NIVEAU D'ALTERATION DU TRONÇON N° MAU_GUY_04																									
N° SEGMENT	a	b	c	d	e	f	g	h	Total (km)	LINEAIRE AFFECTE (km) <small>1294 du SIG</small>			LINEAIRE AFFECTE (%) <small>1294 du SIG</small>			Niveau d'altération du Tronçon	Niveau d'altération du Tronçon / Compartiment								
Linéaire Total (km)	0	0,166	0,455	0	0	0	0	0	0,621	Altération faible	Altération moyenne	Altération forte	Altération faible	Altération moyenne	Altération forte										
DEBIT																									
Paramètres d'altération de 100% à 150%	F	M	F	F	M	F	F	M	F	F	M	F	F	M	F	F	M	F							
Accretuation étiages	Les altérations hydrologiques identifiées sont issues d'un recueil de données bibliographiques sur les pressions s'exerçant sur le bassin de la Seine Maritime et de ses affluents et complétées par les expertises de terrain sur les tronçons homogènes.																				0%	100%	0%	4	4
Modification du régime hydrologique (recalibrage, drainage du BV, ZFDC, ...)	* Accretuation des étiages : plusieurs plans d'eau dont l'étang du château des Mesnuls et un étang de pêche * Modification du régime hydrologique (recalibrage, ZFDC, drainage du bassin versant) : Après l'étang de pêche le cours d'eau est recalibré et très encaissé * Variation ponctuelle du débit (dérivation, écluses) : absence de dérivations et d'écluses																				0%	0%	70%	4	
Variations ponctuelles du débit (dérivation / écluses)																					0%	100%	0%	4	
LIGNE D'EAU																									
Altération des successions de faciès	0%	0%	30%	0%	0%	30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%							
Ralentissement des écoulements	0%	0%	30%	0%	0%	30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%							
LIT																									
Modification du profil en long (tracé, pente) réduction sinuosité	0%	0%	60%	0%	0%	60%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	60%	0%							
Modification du profil en travers (largeur - profondeur)	0%	0%	100%	0%	0%	100%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%							
										0,000	0,000	0,050	0%	0%	0%	1	1								
										0,000	0,000	0,050	0%	0%	0%	1	1								
										0,000	0,000	0,555	0%	0%	83%	5	5								
										0,000	0,000	0,621	0%	0%	100%	5									

Figure 6 : Aperçu du fichier Excel permettant de calculer un pourcentage d'altération à l'échelle du tronçon

La finalité de l'étude consiste à produire des synthèses à l'échelle de la masse d'eau afin de définir des objectifs et des enjeux. Une masse est parfois composée d'une trentaine de tronçon selon la longueur du cours d'eau principal et le nombre d'affluents. Afin d'optimiser la récupération des données de chaque fichier Excel propre à un tronçons, une réflexion d'automatisation a émergée. Pour limiter le caractère chronophage de cette tâche, multipliée par sept, le nombre de masse d'eau, un script python a été rédigé (cf. annexe 1). Le code permet de récupérer les notations de chaque tronçon sur les différents fichiers Excel puis de les centraliser dans un même fichier unique. Par la suite, de la même façon que pour la synthèse des segments en tronçon, les indices d'altérations sont calculés à partir des pourcentages de linéaires que représente le tronçon par rapport à la masse d'eau. Un travail de pré-traitement est également réalisé afin de séparer les tronçons complètement secs, inaccessibles ou busées de l'évaluation du degré d'altération des habitats, selon le souhait du maire d'ouvrage.

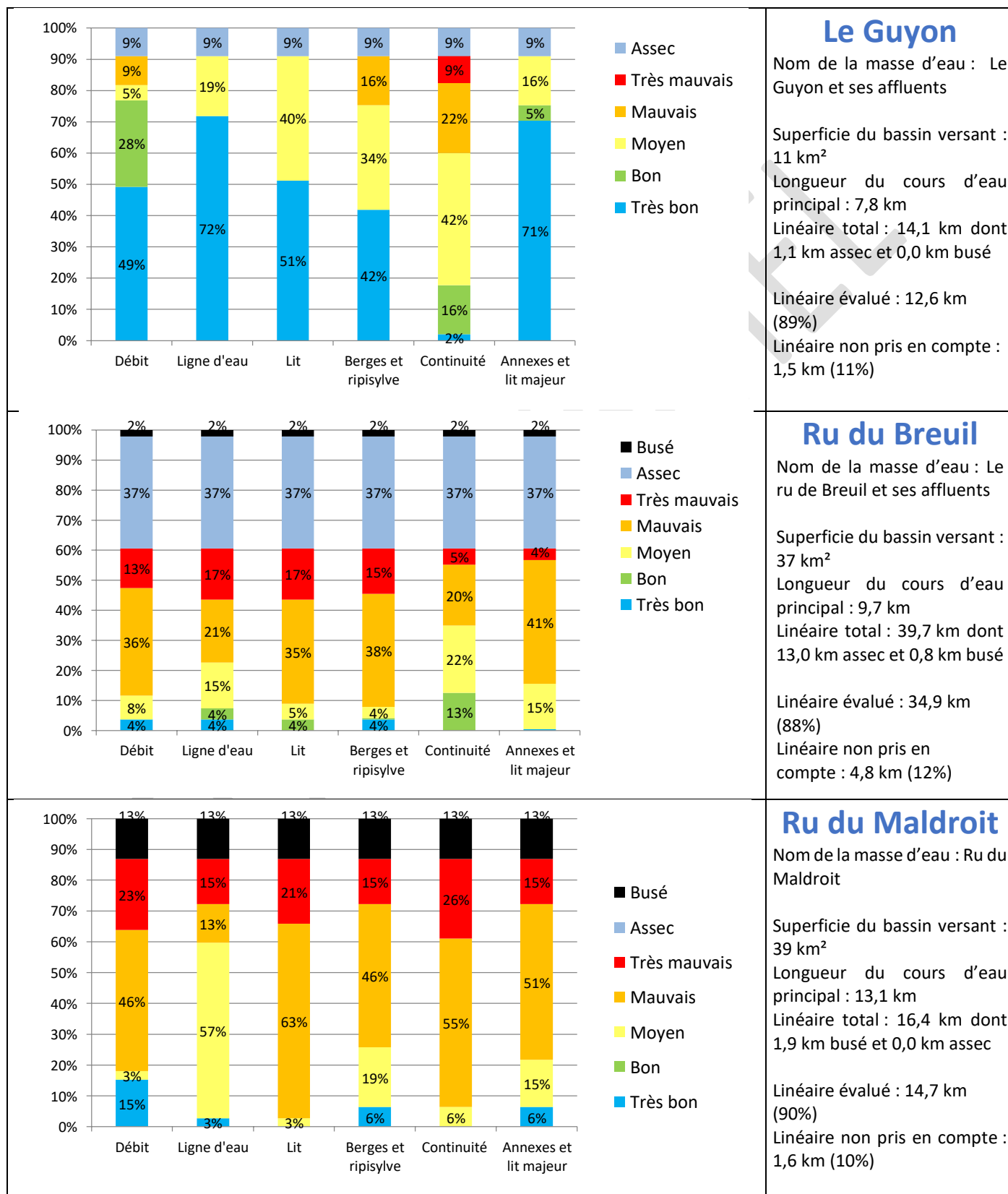
L'appréciation des niveaux d'altérations à l'échelle de la masse d'eau permet d'avoir une vision synthétique de l'état de l'hydrosystème. Le choix de représentation des résultats à travers des histogrammes facilite la compréhension des atouts et des pressions exercées sur chaque masse d'eau.

Enfin, des cartographies sont éditées, basées sur les scores de notations des tronçons en fonction des compartiments permettant d'avoir une visualisation globale sur la localisation des altérations.

3.1.1.4. Résultats

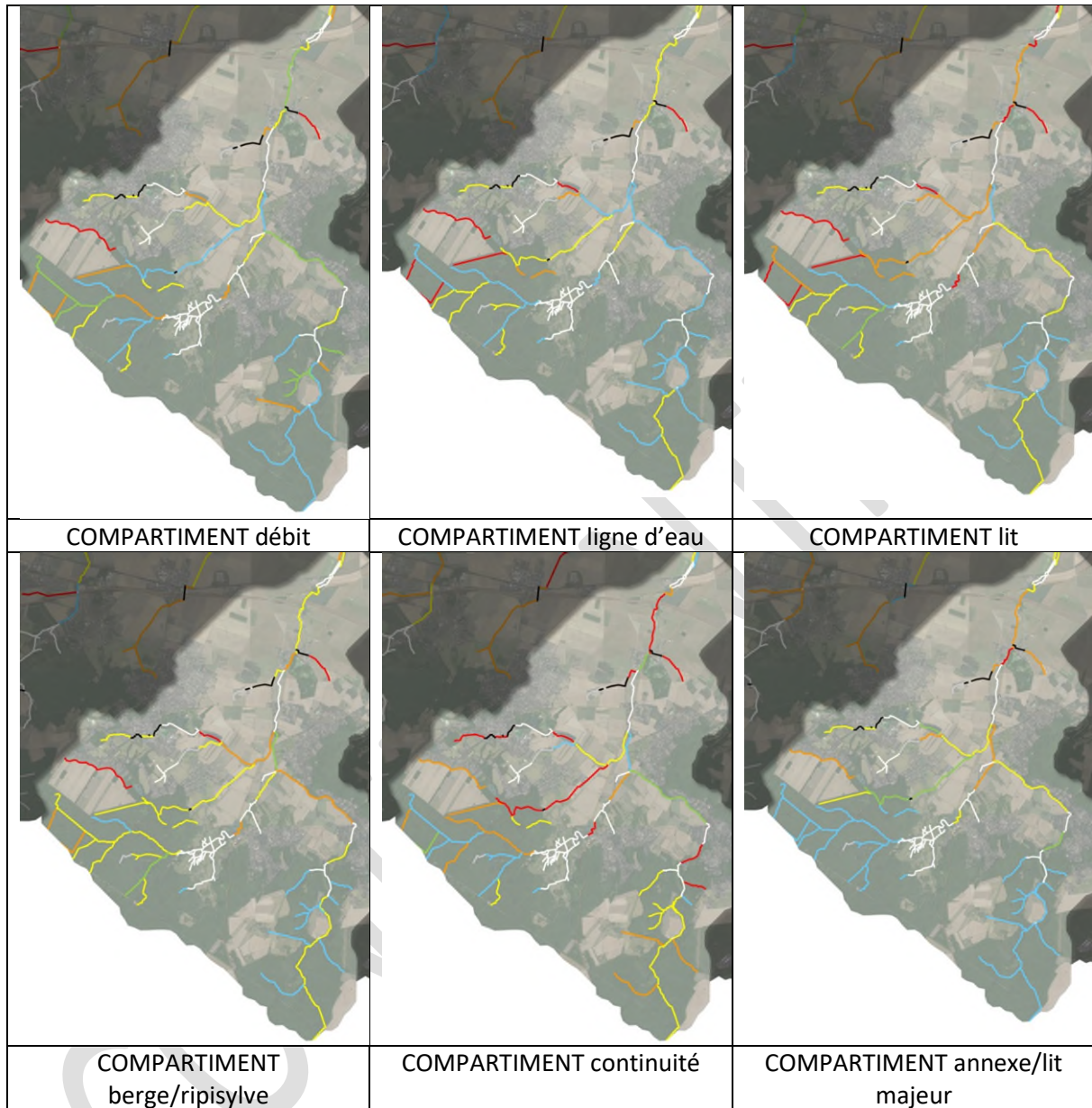
Les profils des masses d'eau étudiées varient considérablement selon les secteurs, comme illustré ci-dessous (cf. tableau 4) :

Tableau 4 : Synthèse des niveaux d'altération sur trois masses d'eau



La création de cartes par compartiment permet d'identifier les secteurs les plus affectés par des altérations. Ci-dessous, un atlas des compartiments de la masse d'eau de la Guyonne (cf. tableau 5) :

Tableau 5 : Atlas des compartiments évalués sur la masse d'eau de la Guyonne



La symbologie des tronçons est issue du code couleur des niveaux d'altérations établis par le tableau présenté précédemment (cf. tableau 3). Trois codes couleurs sont ajoutés, le gris, le blanc et le noir, signifiant respectivement un linéaire assec, inaccessible et busé.

Des représentations cartographiques similaires ont été produites pour les sept masses d'eau composant le lot 2. Une carte est également créée en se basant sur les scores les plus déclassants, tout compartiment confondu.

L'enregistrement des données brutes collectées sur le terrain a permis de recenser environ 200 ouvrages et de mettre en évidence l'expansion croissante de la renouée du Japon (*Reynoutria japonica*), une espèce exotique envahissante

3.1.1.5. Discussion et conclusion

A) Analyse des synthèses des niveaux d'altérations des masses d'eau

Les profils d'altération des trois masses d'eau offrent une première indication de la qualité globale de l'hydrosystème. La qualité hydromorphologique d'un cours d'eau est souvent reliée au milieu qu'il traverse. Les trois graphiques mettent en évidence les pressions exercées selon les différents contextes de bassin versant. Le Guyon traverse principalement un milieu boisé, la forêt domaniale de Rambouillet, le ru du Breuil prend forme dans un bassin versant presque entièrement agricole avec des parcelles cultivées, et le ru de Maurepas traverse une zone très urbanisée.

Le Guyon est la masse d'eau la moins dégradée comparée à l'ensemble des masses diagnostiquées dans le lot deux. En effet, il s'écoule naturellement dans un milieu forestier avec une liberté latérale favorisée par des berges naturelles et modélisables (cf. figure 7). Les berges et le lit du Guyon sont entièrement préservés de l'urbanisation. L'histogramme indique que le compartiment du lit est en très bon état sur la moitié du linéaire de la masse d'eau. La densité et la diversité des habitats sont importantes, favorables à la croissance de l'ichtyofaune (faciès d'écoulements hétérogènes, sous-berges, débris ligneux). Sur plus de 70% du linéaire, les compartiments du débit, de la ligne d'eau et des annexes sont évalués en bon voire très bon état. La continuité écologique constitue le compartiment le plus dégradé de la masse d'eau, des actions de restaurations pourront être proposées par la suite pour rétablir la libre circulation piscicole et sédimentaire.



Figure 7 : Tracé sinueux du Guyon permis par une liberté latérale préservée dans la forêt de Rambouillet

La masse d'eau du **ru du Breuil** est sujet à des phénomènes d'assèchements. Les visites de terrain ont permis relever une dizaine d'affluents assecs. Pour conserver une cohérence entre les données, il a été décidé de classer les tronçons assecs à part. Les lits assecs sont souvent des affluents en tête de bassin versant peu où il n'est pas évident de décrire la géométrie et les caractéristiques de la ligne d'eau. La masse du ru du Breuil s'écoule dans un milieu très cultivé, les têtes d'affluents sont utilisées comme des fossés agricoles anciennement rectifiés et recalibrés (cf. figure 8). Le remaniement anthropique de la géométrie, couplé à une forte exploitation du sol participe à l'intensité des phénomènes d'assecs. Les temps de transfert de l'eau vers la nappe alluviale sont réduits et le creusement du lit induit un abaissement de la ligne d'eau. D'après l'histogramme, sans tenir compte du linéaire assec, plus des $\frac{3}{4}$ du linéaire du compartiment du lit sont en mauvais voire très mauvais état. Une réflexion doit être menée pour rétablir les dynamiques hydromorphologiques de la masse du Breuil.



Figure 8 : Lit caractéristique des affluents de la masse d'eau en milieu agricole susceptible d'être assec

La masse d'eau du **ru de Maurepas** traverse un milieu très urbanisé, une altération retranscrite sur le graphique par la proportion importante de linéaire busé, équivalent à 13% du linéaire totale de la masse d'eau. De la même façon que les linéaires assecs, les linéaires busés sont classés à part dans l'évaluation. Le compartiment du lit et de la continuité sont les plus altérés sur la masse d'eau. En effet, le lit du cours d'eau est fortement anthropisé sur plusieurs secteurs (urbanisation, canalisation, busage (cf. figure 9)). Tandis que la continuité écologique est rompue par de nombreux ouvrages et les fréquents linéaires busés. Le régime hydrologique du Maldroit est le compartiment le plus dégradé, comparé à l'ensemble des masses d'eau du lot deux. Le débit est impacté par plusieurs aménagements installés directement ou au bord du cours d'eau (dérivations des débits via une canalisation, station d'épuration, étangs, pièce d'eau de château).



Figure 9 : Linéaire busé est canalisé sur la masse d'eau du Maldroit

B) Analyse des atlas de la Guyonne

L'exemple d'atlas des compartiments de la Guyonne permet de localiser les tronçons responsables du déclassement de la qualité de la masse d'eau. Par exemple, l'analyse du compartiment de la continuité révèle que la section aval de la Guyonne est altérée par une forte présence d'obstacles à la continuité longitudinale et transversale. Un autre exemple, concernant les berges et la ripisylve de la masse d'eau, deux tronçons sont en très mauvais état (couleur rouge). Le premier tronçon isolé à l'ouest en amont, correspond à un cours d'eau recalibré avec des berges homogènes. Le second est un affluent en rive droite de la Guyonne localisé à l'aval, fortement marqué par un phénomène d'incision avec des berges hautes et abruptes.

Les atlas apportent une information sur la localisation des pressions réparties sur la masse d'eau. Ces rendus cartographiques peuvent être utilisés non seulement pour cibler des secteurs d'intervention, mais aussi pour identifier les linéaires en bon état à préserver.

C) Conclusion

Le travail réalisé dresse un diagnostic sur les sept masses d'eau et facilite la compréhension des enjeux sur chacune d'entre elle. Cette phase de diagnostic fournit une base de données solide pour avancer dans l'élaboration d'un programme d'actions de restauration. La prochaine phase du projet consistera à proposer des actions concrètes afin de répondre aux objectifs de restauration. Une hiérarchisation des actions sera mise en place sur la base de différents paramètres propres aux actions (coûts/subvention, ambitions visées, disponibilité foncière, instruction réglementaire, ...). Des actions peuvent dès à présent être envisagées : plantation de végétation rivulaire, réouverture à ciel ouvert de linéaire, aménagement d'ouvrage, suppression de seuil, remise en fond de vallée.

D) Critiques et impressions

La méthodologie basée sur l'évaluation du degré d'altération des habitats comprend plusieurs limites. Tout d'abord, bien que les fiches terrain aient été adaptées aux sous-bassins versants de la Seine Mantoise, c'est-à-dire par hydroécocorégion, l'expertise de l'altération des paramètres selon un état de référence fixé reste difficile à appréhender. Il est très compliqué de s'appuyer sur un cours d'eau de référence totalement épargné des perturbations anthropiques.

Deuxièmement, la méthode reste particulièrement subjective avec un fort biais opérateur. Autrement dit, la reproductibilité des résultats sur une station identique est questionnable en fonction de la personne qui l'évalue. Même si mes premières inspections de terrain étaient en compagnie d'un de mes collègues, habitué à cette méthode, je doute que nos perceptions et appréciations du cours d'eau soient complètement similaires. Pour réduire ce biais, la répartition du terrain a tout de même été choisie de façon à ce qu'un périmètre d'étude soit attribué à un opérateur référent, mon cas sur le lot 2.

Concernant la mise en forme des données, la méthode REH, appliquée à l'échelle d'une masse d'eau risque de masquer des cours d'eau en bon état. En effet, comme il s'agit de pourcentage par rapport au linéaire total de la masse d'eau, si les affluents sont nombreux et en mauvais état physique, le cours d'eau principal, lui en bon état, n'apparaît pas de façon explicite dans l'histogramme. Il est donc essentiel d'étudier les histogrammes en les combinant avec une analyse des atlas cartographiques.

La méthode REH indique qu'en cas de perturbations multiples au sein d'un même compartiment, le principe du paramètre le plus déclassant sera retenu. Lorsqu'un tronçon obtient la note la plus basse sur un compartiment, il peut s'agir d'une unique altération très forte. C'est une vision plutôt pessimiste, mais elle permet d'avoir facilement l'état d'un compartiment sans donner de poids aux différentes altérations qui y sont intégrées. Il sera alors nécessaire, lors des propositions d'actions, de descendre au niveau des altérations et non aux seuls compartiments. A l'échelle d'un tronçon, une action sur une altération peut faire basculer le compartiment en niveau bon, voire très bon.

Une critique peut également être émise concernant la prospection des linéaires. Le travail sur terrain consiste à évaluer l'intégralité des linéaires classés comme cours d'eau sur la masse d'eau, or, certains tracés sont en réalité d'anciens biefs perchés. Ces linéaires, complètement artificiels, devraient être écartés de l'évaluation de l'état de la masse pour ne pas biaiser l'évaluation.

Enfin, l'état des compartiments de l'hydrosystème est à prendre en compte en fonction du pourcentage de linéaire réellement prospecté. Certaines masses d'eau ont seulement pu être prospectées sur 70% de leur linéaire, et par conséquent, ne reflètent pas fidèlement les caractéristiques des cours d'eau.

L'étude hydromorphologique est le projet qui a occupé le plus de temps dans mon stage. Participer à ce projet m'a permis de me rendre régulièrement sur le terrain, d'observer une vingtaine de cours d'eau dans différents contextes (milieu boisé milieu agricole, milieu urbain) et plusieurs linéaires restaurés. Sur plus de 100 kilomètres de linéaire parcourus, j'ai pu prendre le temps d'assimiler les connaissances théoriques abordées lors de ma formation avec des exemples de dysfonctionnement concrets. J'ai pu également me confronter aux contraintes rencontrées lors des prospections sur site (végétation dense, parcelle privée). Dans la continuité de ma collaboration avec Egis, je vais avoir l'opportunité de participer à l'élaboration d'actions de restauration, une phase du projet que je trouve particulièrement captivante.

3.1.2. Étude de faisabilité pour rétablir la continuité écologique sur le ru de Gally

3.1.2.1. Contexte de l'étude

Commanditée par le syndicat de Versailles Hydreaulys l'étude de faisabilité a pour objet de dresser un état des lieux des ouvrages transversaux présents sur le cours principal du ru de Gally (affluents exclus). Pour atteindre et retrouver un meilleur état écologique, dans le cadre de sa compétence GEMAPI, Hydreaulys a engagé des études et travaux de restauration de l'hydromorphologie sur le ru de Gally. En 2019, des travaux de restauration hydromorphologique ont été entrepris sur un linéaire d'environ un kilomètre entre Rennemoulin et Villepreux. Afin de disposer d'un diagnostic global à l'échelle de la masse d'eau, Hydreaulys a mandaté Egis pour mener une étude de faisabilité visant le rétablissement de la continuité écologique sur le ru de Gally.

Notion introduite en 2000 par la directive cadre sur l'eau, la continuité écologique d'un cours d'eau est définie comme la libre circulation des organismes vivants et leur accès aux zones indispensables à leur reproduction, leur croissance, leur alimentation ou leur abri, le bon déroulement du transport naturel des sédiments ainsi que le bon fonctionnement des réservoirs biologiques (connexions, notamment latérales, et conditions hydrologiques favorables).

La continuité écologique est un paramètre transverse ; elle intervient à la fois sur les compartiments morphologiques, biologique et physico-chimique. Son maintien vise à favoriser le transport naturel de la charge sédimentaire et la libre circulation des peuplements piscicoles présents dans le cours d'eau. Un enjeu d'autant plus vital, puisque les données de 2013 de l'AAPPMA (Association Agréée de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques) des Yvelines soulignent une tendance à l'amélioration des effectifs piscicoles, avec notamment le retour de l'anguille d'Europe et la présence accrue des Truites fario dans la Mauldre. Le ru de Gally, étant le premier grand affluent de la Mauldre depuis sa confluence avec la Seine, représente un intérêt à fort potentiel pour la recolonisation des espèces migratrices dans son écosystème. La faune piscicole du ru de Gally est classée par un peuplement de taxons salmonidés, par conséquent, le cours d'eau est classé en première catégorie piscicole comme la quasi-totalité des cours d'eau du bassin de la Mauldre. De ce fait, les espèces repères sont la truite fario, le chabot, le vairon, la loche franche et la lamproie de planer. Le diagnostic s'attachera également à évaluer la franchissabilité des ouvrages par l'anguille d'Europe, espèce protégée et menacée constatée sur le linéaire de la faisanderie en août 2023 par le bureau d'étude hydrosphère lors d'une pêche électrique.

Les ouvrages seront localisés et classés en différentes catégories : pont, passerelle, ouvrage hydraulique, seuil et buse. Dans un second temps, la continuité écologique au droit de chaque ouvrage sera évaluée. Deux paramètres sont étudiés : l'impact des ouvrages sur le transit sédimentaire et sur la franchissabilité par l'ichtyofaune. Les ouvrages transversaux diagnostiqués comme faisant obstacles à la continuité écologique feront l'objet d'une analyse multicritère afin de hiérarchiser les interventions.

La finalité de l'étude vise à proposer des aménagements entraînant un impact significatif sur la réappropriation du ru de Gally par les populations piscicoles actuellement présentes ou les espèces migratrices inféodées au cours d'eau.

L'étude de faisabilité est encore en cours. À ce stade du projet, le diagnostic de l'ensemble des ouvrages a été effectué et les secteurs d'intervention ont été sélectionnés. Néanmoins, des propositions concrètes d'aménagements n'ont pas encore été élaborées.

3.1.2.2. Présentation du site d'étude

Le ru de Gally est un cours d'eau affluent rive droite de la Mauldre, situé dans le département des Yvelines. Depuis sa source dans le parc du château de Versailles (exutoire du Grand Canal), il parcourt un linéaire d'environ 21 kilomètres et draine un bassin versant d'une superficie de 93 km². L'occupation du sol du bassin versant est majoritairement agricole, dominée par des parcelles cultivées. Quelques espaces boisés restent présents de manière éparse. Le cours d'eau traverse, ponctuellement, quatre milieux fortement urbanisés, les communes de Rennemoulin, Villepreux, Chavenay et Thiverval-Grignon (cf. figure 10).



Figure 10 : Carte du ru de Gally (affluent exclus)

La masse d'eau du ru de Gally est altérée par différentes pressions induites par les activités humaines. L'hydrologie est significativement impactée par les usages anthropiques. Le captage de l'eau par le grand canal du château de Versailles et les rejets de stations d'épuration influencent considérablement le régime hydraulique du cours d'eau. Le remembrement agricole a quant à lui redessiné le profil morphologique du ru de Gally, avec des tracés rectilignes et des gabarits surdimensionnés. D'après le SAGE de la Mauldre, plus de 50% du linéaire est rectifié. Le compartiment physico-chimique n'est pas épargné non plus, la caractéristique très agricole du bassin versant dégrade la qualité de l'eau avec des concentrations excessives en intrants (nitrite, ammonium, phosphore).

3.1.2.3. Matériel et méthode

La méthodologie utilisée pour l'évaluation de la continuité piscicole se base sur le tableau publié par l'ONEMA (Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques) en 2014. Pour qu'un ouvrage soit considéré comme transparent par l'ichtyofaune, il faut qu'il respecte l'ensemble des exigences des espèces susceptibles d'habiter le cours d'eau. Étant donné que le ru de Gally est un cours d'eau de première catégorie piscicole, soit un contexte salmonidé, les espèces cibles sont les suivantes :

- Truite fario (*Salmo trutta*)
- Chabot (*cottus sp.*)
- Vairon (*phoxinus sp.*)
- Loche franche (*Barbatula Barbatula*)
- Lamproie de planer (*Lampetra planeri*)
- Anguille d'Europe (*anguilla anguilla*).

Pour qu'un ouvrage soit considéré comme transparent d'un point de vue piscicole, il faut qu'il respecte l'ensemble des aptitudes physiques de ces six taxons. Trois contraintes sont prises en compte, la hauteur de chute, la vitesse du courant et le tirant d'eau. Ci-dessous un aperçu de la grille construite par l'ONEMA :

Groupe ICE	Espèces	Espèces sauteuses	V, Sprint Umax associé (m/s)			Hauteur de saut associé (m)		
			Min	Moy	Max	Min	Moy	Max
1	Saumon atlantique (<i>Salmo salar</i>)	Oui	4,5	5,5	6,5	1	1,5	2,5
	Truite de mer ou de rivière [50-100] (<i>Salmo trutta</i>)							
2	Mulets (<i>Chelon labrosus</i> , <i>Liza ramada</i>)	Oui	4	4,75	5,5	0,8	1,1	1,8
3a	Grande alose (<i>Alosa alosa</i>)	Non	3,5	4,25	5	-	-	-
3b	Alose feinte (<i>Alosa fallax fallax</i>)		3	3,75	4,5			
3c	Lamproie marine (<i>Petromyzon marinus</i>)							
4a	Truite de rivière ou truite de mer [25-55] (<i>Salmo trutta</i>)	Oui	3	4	5	0,5	0,9	1,4
4b	Truite de rivière [15-30] (<i>Salmo trutta</i>)		2,5	3	3,5	0,3	0,5	0,8
5	Aspe (<i>Aspius aspius</i>) Brochet (<i>Esox lucius</i>)	Non	3,5	4,25	5	-	-	-
6	Ombre commun (<i>Thymallus thymallus</i>)	Oui	3	3,75	4,5	0,4	0,75	1,2

Figure 11 : Tableau récapitulatif des capacités de nage et de saut en fonction des taxons

Pour évaluer la libre circulation du transit sédimentaire, on cherche à observer un dysfonctionnement. Une rupture du transit sédimentaire se manifeste par un déséquilibre hydromorphologique entre le débit liquide et le débit solide (cf. Balance de Lane-Borland). Les résultantes de ce phénomène s'observent par des secteurs en carence sédimentaire et d'autres en sur concentration sédimentaires (colmatage, atterrissement en amont de l'ouvrage). La méthodologie se base sur l'appréciation de ces indices sur site, remous solides en amont et érosion des berges en aval. Dans certains cas, l'accumulation de sédiment en amont de l'ouvrage est telle que le seuil est comblé et le transit sédimentaire rétabli. Pour autant, une quantité importante de sédiments qui devrait circuler librement dans le courant reste piégée. Par conséquent, lorsque cette situation est rencontrée, l'ouvrage est quand même considéré comme un obstacle entravant le transit sédimentaire.

Après avoir diagnostiqués et localisé les entraves à la continuité écologique, l'objectif consiste à hiérarchiser les interventions sur les ouvrages retenus. Pour ce faire, une analyse multicritère a été menée. Les critères sont définis de façon à prendre en compte l'influence de l'ouvrage sur l'hydrosystème, la faisabilité et la résilience des travaux de restauration, l'impact des travaux et la capacité du cours d'eau à se réappropriier le secteur. Les critères évalués sont les suivants :

- **Obstacle au transit sédimentaire,**
- **Obstacle à la continuité piscicole,**
- **Obstacle à la libre circulation des anguilles,**
- **Impact de l'ouvrage sur l'écoulement,**
- **Référentiel National des Obstacles à l'Écoulement,**
- **Usage,**
- **Intérêt patrimonial,**
- **État,**
- **Emprise disponible en berges,**
- **Nature des berges,**
- **Propriétaire des berges,**
- **Incidence facies écoulement amont,**
- **Présence d'autres ouvrages proches du site (<200m) :** la présence d'ouvrage environnant est à prendre en compte pour anticiper les éventuels phénomènes d'érosion progressive ou régressives.
- **Longueur approximative du tronçon à restaurer (m) :** Le dérasement ou l'arasement d'ouvrage s'accompagne par la restauration d'un linéaire d'une certaine longueur. L'estimation du linéaire à aménager est définie en fonction de la largeur du lit mineur. Les linéaires calculés s'appuient sur la grille d'évaluation de la pertinence d'une restauration (cf. fiche guide restauration - Agence eau Seine Normandie) :
 - Linéaire < 20 x largeur : Effet généralement uniquement local Intérêt éventuel en traversée urbaine couplé à un objectif paysager ou pour des opérations pilotes "vitrines" (sensibilisation). Peut également se justifier pour la restauration d'un habitat particulier d'une espèce patrimoniale (zone de reproduction notamment), qui peut se traduire par un effet positif bien au-delà du simple secteur restauré
 - L < 20 et 100 x largeur : L'effet reste local mais on se rapproche de dimensions pertinentes à l'échelle d'un tronçon de cours d'eau
 - L > 100 x largeur : Dimensions significatives pour la restauration de tronçons de cours d'eau
- **Enjeu sur la thermie du cours d'eau :** les retenus des écoulements favorisant l'augmentation de la température de la surface de l'eau causée par l'ensoleillement. Phénomène pouvant être induit par la présence de seuils, de barrages ou de plan d'eau. La physico-chimie du ru de Gally est altérée par des températures d'eau élevées.
- **Puissance spécifique :** La puissance spécifique est un facteur à prendre en compte pour les travaux de restauration. Plus la puissance est forte, plus le cours d'eau se réapproprie rapidement son nouveau lit.
- **Risque de sédiments contaminés :** selon les activités actuelles et passées sur le bassin versant, un risque d'accumulation de sédiments fins contaminés est à anticiper. Les ouvrages faisant obstacle au transit sédimentaire sont susceptibles de relâcher des quantités importantes de particules contaminées en aval du cours d'eau lors des travaux de restauration.

3.1.2.4. Résultats

Un nombre conséquent d'ouvrages sont recensés sur le ru de Gally avec en moyenne de deux ouvrages tous les kilomètres. Le taux d'étagement est faible (3%), avec un cumul de chute d'eau qui s'élève à environ 2 mètres pour un dénivelé naturel total d'environ 53 mètres. Plusieurs axes routiers coupent le tracé du ru de Gally, dont quatre départementales (D98, D97, D198 et D30), l'autoroute A12 et une voie de chemin de fer.

Sur la quarantaine d'ouvrages recensés, neuf sont diagnostiqués comme entrave à la continuité écologique. La carte ci-dessous localise les ouvrages faisant obstacle à la continuité écologique :

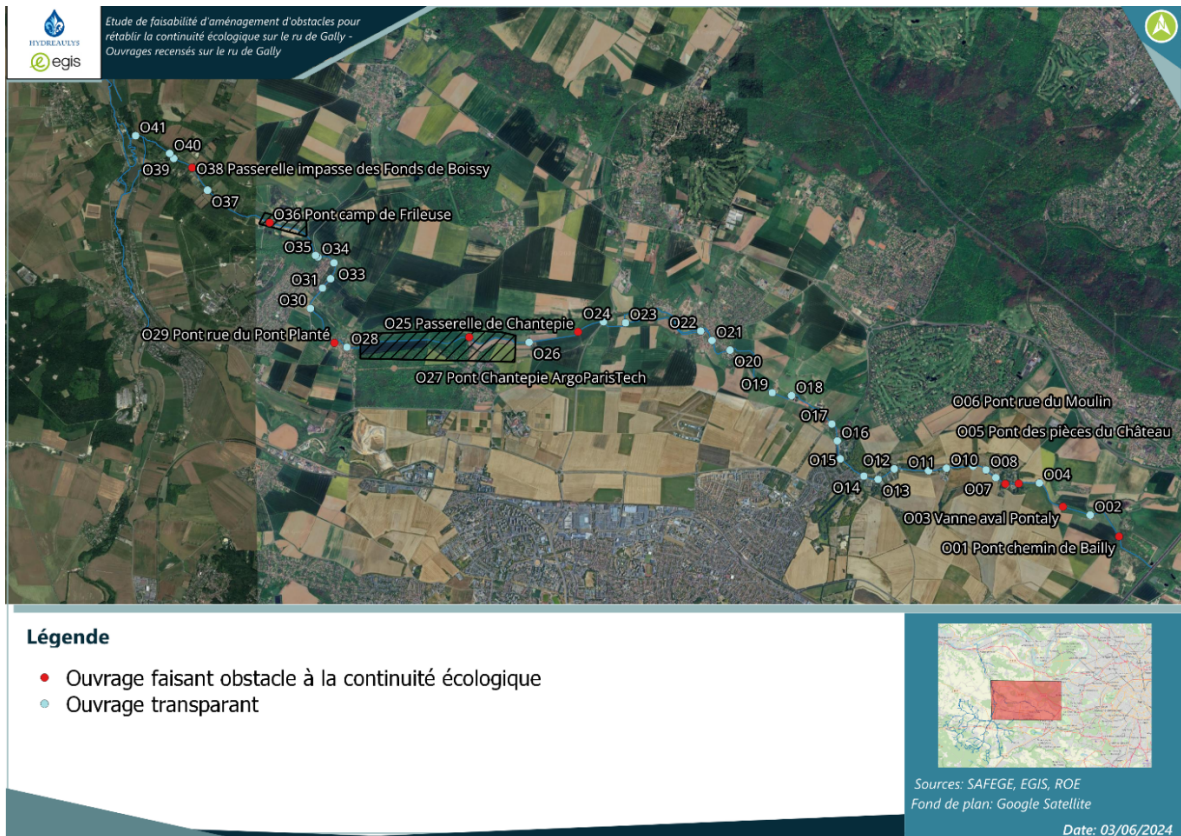


Figure 12 : Ouvrages diagnostiqués sur le ru de Gally

La majorité des ouvrages retenus sont des ponts, deux passerelles ainsi qu'un ouvrage hydraulique (cf. figure 13).



Figure 13 : Photographies prises sur le terrain des aménagements rompant la continuité écologique

À l'aide de l'analyse multicritère, un premier tri est effectué parmi les ouvrages retenus pour proposer ou non une intervention sur les ouvrages (cf. tableau 7).

Tableau 6 : Analyse multicritère des ouvrages recensés sur le ru de Gally

ID	Nom	CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE				OUVRAGE et usages			CARACTÉRISTIQUES GLOBALES du LINAIRE du COURS D'EAU CONCERNÉ										PROPOSITION d'INTERVENTION sur l'OUVRAGE				
		Obstacle au transit sédimentaire	Obstacle à la continuité piscicole	Obstacle à la libre circulation des anguilles	Impact de l'ouvrage sur l'écoulement	Référentiel National des Obstacles à l'Écoulement	Usage	Intérêt patrimonial	Etat	Présence d'autres ouvrages proches du site (<200m)	Longueur approximative du tronçon à restaurer (m)	Emprise disponible en berge	Caractéristiques des berges							Incidence facies écoulement amont	Enjeu sur la thermie du cours d'eau	Puissance spécifique	Risque de sédiments contaminés
													Rive droite			Rive gauche							
O38	Passerelle Impasse des Fonds de Boissy	Non	Oui	Non	Fortes vitesses en aval	Non	Passage routier - Issue privée	A priori non	Dégradé	Non	300	Faible	Route communale	Naturelle	Commune	Jardin privée	Pieux jointifs en bois	Privée	Aucune	Non	Faible	Faible	Non
O36	Pont camp de Friteuse	A priori non	Oui	Oui	Faible tirant d'eau	Oui	Passage routier	Non	Inconnu	Non	300	Inconnue	Terrain boisé	Enrochement	Etat	Terrain boisé	Inconnue	Etat	Inconnue	Non	Inconnu	Inconnu	Oui
O29	Pont rue du Pont Planté	Non	Oui	Non	Fortes vitesses en aval	Non	Passage routier - Route communale	Non	Bon	Non	200	Faible	Jardin privée	Béton et naturelle	Privée ; état	Route communale	Béton et palplanche	Commune	Aucune	Non	Faible	Faible	Non
O27	Pont Chantepeie AgroParisTech	A priori oui	Oui	Oui	Chute d'eau de 0,30 m	Oui	Aucun	A priori oui	Dégradé	Non	400	Forte	Culture	Naturelle	Etablissement public	Culture	Naturelle	Etablissement public	Inconnue	Non	Inconnu	Inconnu	Oui
O25	Passerelle Chantepeie amont	Oui	Oui	Oui	Chute d'eau de 0,35 m	Oui	Passage agricole	Non	Dégradé	Non	300	Forte	Culture	Naturelle	Commune ; privée	Culture	Naturelle	Privée	Plat lentique (50m)	Oui	Fort	Fort	Oui
O06	Pont rue du Moulin	Non	Oui	Oui	Chute d'eau de 1,7 m	Oui	Passage routier - Route communale	Monument classé	Bon	Oui	250	Faible	Chemin communale	Enrochement	Commune ; privée	Jardin privée	Enrochement	Commune	Inconnue	Non	Aucun	Aucun	Non
O05	Pont entrée de Renneinoulin	Non	Oui	Oui	Chute d'eau de 0,2 m	Oui	Aucun	Oui	Dégradé	Oui	250	Moyenne	Jardin privée	Empierreé	Privée	Jardin privée	Empierreé	Privée	Plat lentique (50m)	Non	Faible	Faible	Non
O03	Vanne aval Pontaly	Non	Oui	Oui	Rupture des écoulements	Oui	Rôle hydraulique	Non	Bon	Non	250	Forte	Culture	Naturelle	Privée	Culture	Naturelle	Privée	Plat lentique (200m)	Oui	Faible	Faible	Oui
O01	Pont chemin de Bally	Non	Oui	Oui	Chute d'eau de 0,35 m	Non	Passage routier - Route communale	A priori non	Dégradé	Non	250	Moyenne	Culture	Enrochement	Commune ; privée	Culture	Enrochement	Commune ; privée	Aucune	Non	Inconnu	Inconnu	Oui

3.1.2.5. Discussion et conclusion

Parmi l'ensemble des ouvrages figurant dans le tableau seulement la moitié sont retenue pour proposer des interventions. Les ouvrages sont choisis de manière à avoir un impact notable sur la recolonisation du cours d'eau par les poissons. Ainsi, les interventions se focalisent sur les aménagements ayant les effets les plus marquants, tels que le rétablissement de la ligne d'eau initiale sur les chutes d'eau. Afin d'assurer une cohérence dans les interventions et de respecter le sens de la montaison des espèces migratrices, les restaurations doivent être effectuées de l'aval vers l'amont. Cependant, certains ouvrages sont difficiles à aménager étant donné qu'ils sont classés au titre des monuments historiques. Cette complexité administrative représente un véritable obstacle pour le projet, puisque restaurer un seuil en amont d'un obstacle infranchissable pour les espèces migratrices présente un intérêt nettement inférieur. À l'exception de cet ouvrage protégé qui engendre une chute d'eau d'une hauteur de 1,7 mètre sur l'écoulement, les enjeux de restauration sur les autres ouvrages sont moins ambitieux.

Selon moi, le ru de Gally n'était pas le cours d'eau le plus approprié pour mener une étude sur continuité écologique en termes d'enjeux. En effet, des obstacles infranchissables sont encore présents plus en aval, sur le tracé de La Mauldre, cours d'eau dans lequel conflue le ru de Gally. Il serait davantage pertinent de restaurer la circulation piscicole depuis la section aval de la Mauldre avant d'entreprendre des travaux sur le ru de Gally. De plus, le paramètre de la continuité longitudinale n'est pas le compartiment le plus altéré de l'hydrosystème. Des projets visant à rétablir la fonctionnalité du cours d'eau, comme la restauration hydromorphologique de 2019 citée dans le contexte de l'étude sont plus judicieux. Il faut d'abord retrouver des dynamiques hydromorphologiques fonctionnelles au sein du cours d'eau avant de rechercher un meilleur état biologique.

Enfin, je souhaite mettre en perspective la légitimité des travaux d'effacement de seuil qui se multiplient sur le territoire. La solution d'arasement d'ouvrage n'est pas une finalité absolument, il faut raisonner à l'échelle des hydroécotones, prendre en compte la géologie du sol et les relations avec les nappes et seulement ensuite décider d'intervenir. Il n'est pas toujours pertinent d'aménager des ouvrages sur des cours d'eau soumis à des phénomènes d'assecs récurrents, d'autant plus dans un contexte de changement climatique. Les seuils peuvent également selon les circonstances, favoriser une diversité d'habitats (zones calmes, retenues profondes) qu'il faut prendre en compte.

1.1. Missions complémentaires et leurs problématiques

1.1.1. Étude de définition d'un programme d'actions sur l'aval du fleuve Liane pour prévenir les inondations et réduire leurs impacts

Les communes riveraines en aval de la Liane ont subi un phénomène d'inondation sans précédent en novembre 2023, comparable à une crue centennale. En complément du PAPI (Programme d'Actions de Prévention des Inondations) qui favorise notamment des solutions d'infiltration et de ralentissement des eaux en amont du bassin versant, le programme d'actions s'inscrit dans une démarche se focalisant sur la partie aval de la Liane, là où les obstacles à l'écoulement sont les plus saillants (ex : remblais routiers, ponts, busages, ...). La finalité de l'étude a pour but de proposer des actions permettant de faciliter l'évacuation rapide des écoulements vers la mer et de réduire les impacts des inondations sur cette zone.

La zone d'étude se concentre sur l'aval du bassin versant de la Liane. Plus particulièrement, l'amont est situé au droit de la commune d'Hesdigneul-lès-Boulogne, tandis que l'aval correspond au pont Pitendal situé sur la commune de Boulogne-sur-Mer. La carte suivante indique la localisation des limites de l'étude (cf. figure 14).

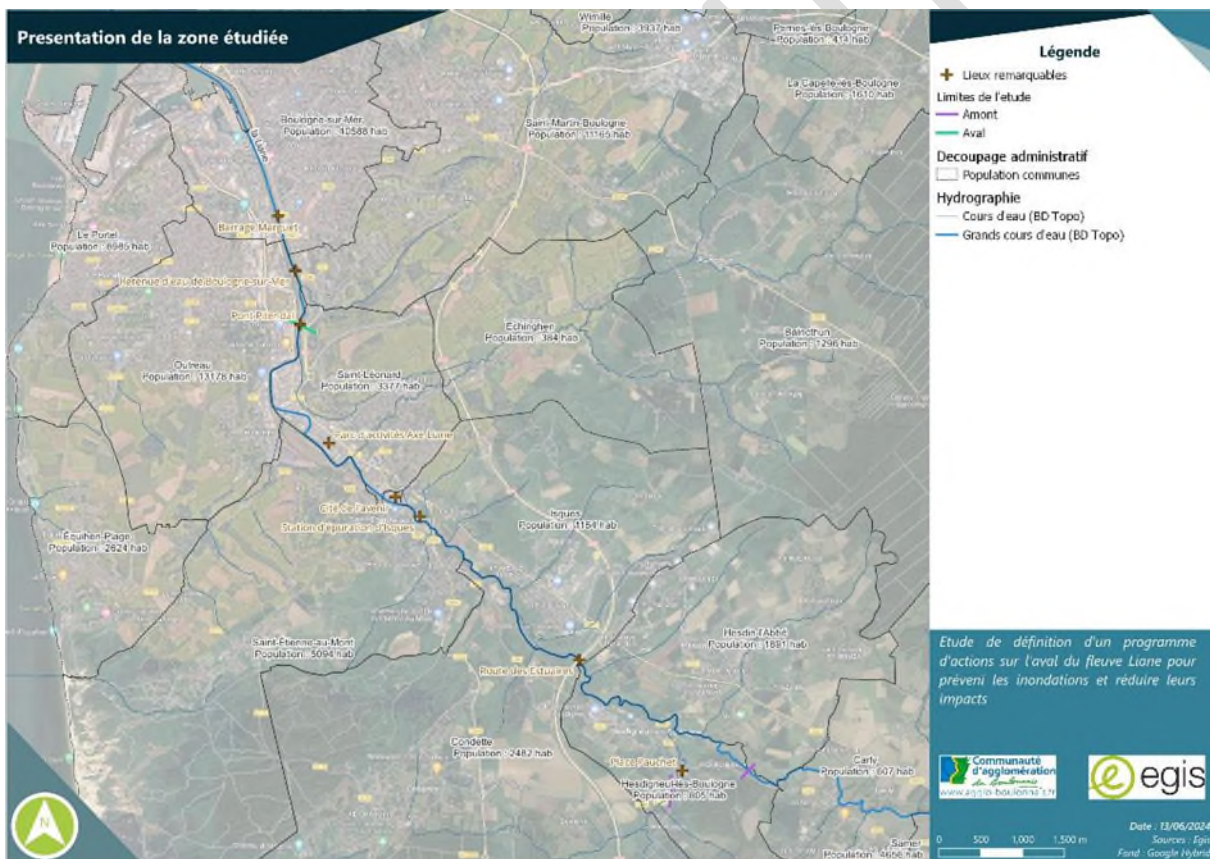


Figure 14 : Périmètre de la Liane concerné par l'étude

Au cours de ce projet, j'ai participé à plusieurs réunions de travail, y compris la réunion du Comité Technique (COTECH). J'ai également eu l'opportunité de rencontrer divers acteurs du territoire impliqués dans le secteur de l'étude, tels que les maires des communes traversées par la Liane, les chefs d'entreprise de la zone industrielle de l'axe Liane, un représentant de SNCF Réseau, ainsi que l'association des sinistrés Boulonnaise.

Les entretiens avec les différents acteurs et la réunion de COTECH ont permis de dresser une première liste d'actions envisageables :

- Aménagement d'un bras d'expansion de crue entre les deux coudes de la Liane

L'action consisterait à aménager un chemin préférentiel des écoulements en période de forte crue (cf. figure 15), en conservant le tracé actuel de la Liane. La présence de deux coudes à la perpendiculaire combinée à la confluence d'un affluent constitue un verrou hydraulique important.

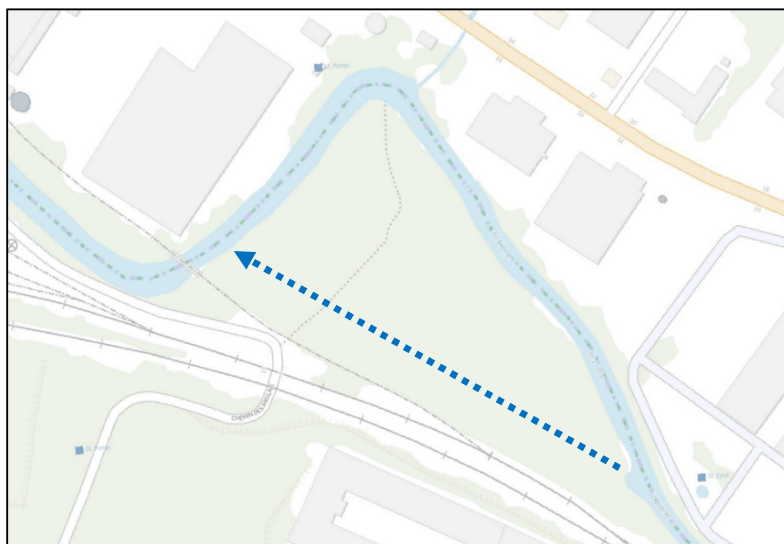


Figure 15 : Proposition d'aménagement pour limiter le verrou hydraulique du secteur

- Modification du tracé du ruisseau d'Ecame

Cette action est une proposition envisagée dans le Programme d'Actions de Prévention des Inondations de la Liane, et montre une amélioration non négligeable du fonctionnement hydraulique sur ce secteur. En effet, le tracé actuel du ruisseau montre une confluence défavorable avec la Liane qui entraîne des inondations à proximité d'une zone à enjeu. Une proposition serait de remettre le ruisseau dans son fond de vallée originel afin de fluidifier l'évacuation des écoulements vers la Liane.

- Installation de clapets anti-retour sur les réseaux d'eaux pluviales (cf. figure 16)

Les rencontres avec les acteurs du territoire, notamment les entreprises de la zone industrielle de l'axe Liane, montrent que les réseaux d'eaux pluviales ne sont pas protégés par des clapets anti-retours. Cette action permettrait d'empêcher la remontée d'eau de la Liane par les réseaux d'eaux pluviales.

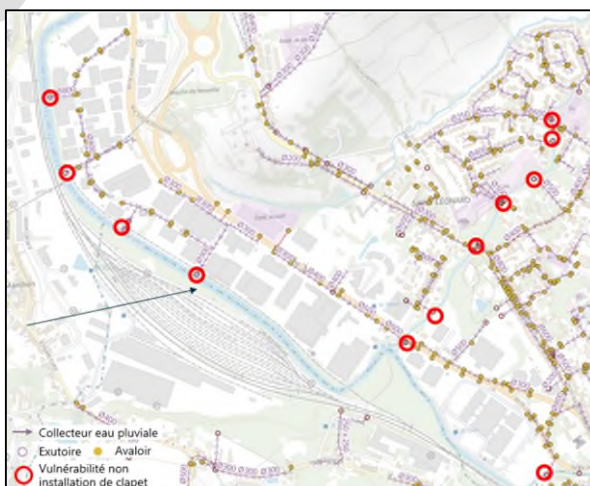


Figure 16 : Carte des réseaux et absence probable de clapets anti-retour responsable du phénomène de remonté d'eau

1.1.2. Mission de maîtrise d'œuvre pour la restauration des berges de la rue du Quai de l'Essonne sur la commune de Corbeil-Essonnes (91)

Le projet de restauration de berge sur l'Essonne est une mission portée par le SIARCE (Syndicat Intercommunal d'Aménagement, de Rivières et du Cycle de l'Eau) à la charge de l'entretien et de la restauration des berges de la rivière de l'Essonne dans le cadre de la compétence GEMAPI.

Un secteur en aval de la rivière de l'Essonne présente une déstabilisation de berge en milieu urbain sur environ 230 mètres de linéaire (cf. figure 17).



Figure 17 : Secteur d'étude - 230 ml de berge en rive gauche de l'Essonne

Des dysfonctionnements sont observés en bord de berge : pavage de la voie piétonne déchaussé, garde-corps déstabilisés et parfois tombés. Le talus de berge est raide et présente des encoches d'érosion sur le périmètre d'étude. Les photos ci-dessous illustrent une tendance à l'affaissement de la berge :



Figure 18 : Désordres observés sur le pavé en bord de berge

Mon travail sur ce projet a consisté à appuyé techniquement mon collègue. J'ai eu l'opportunité de me rendre sur le site d'étude, en compagnie du maître d'ouvrage pour constater les différents désordres. L'inspection sur le terrain est une étape essentielle pour dresser un premier état des lieux des enjeux et des pressions sur le secteur. Les enjeux sur le site sont par exemple la végétation rivulaire. L'objectif est de conserver aux maximums la ripisylve, notamment les sujets de la strate arborée. Les pressions relevées sont par exemple des ligneux déstabilisés ou en dépérissement, des espèces envahissantes, des exutoires dans la berge. La carte ci-dessous décrit l'ensemble des données récupérées :

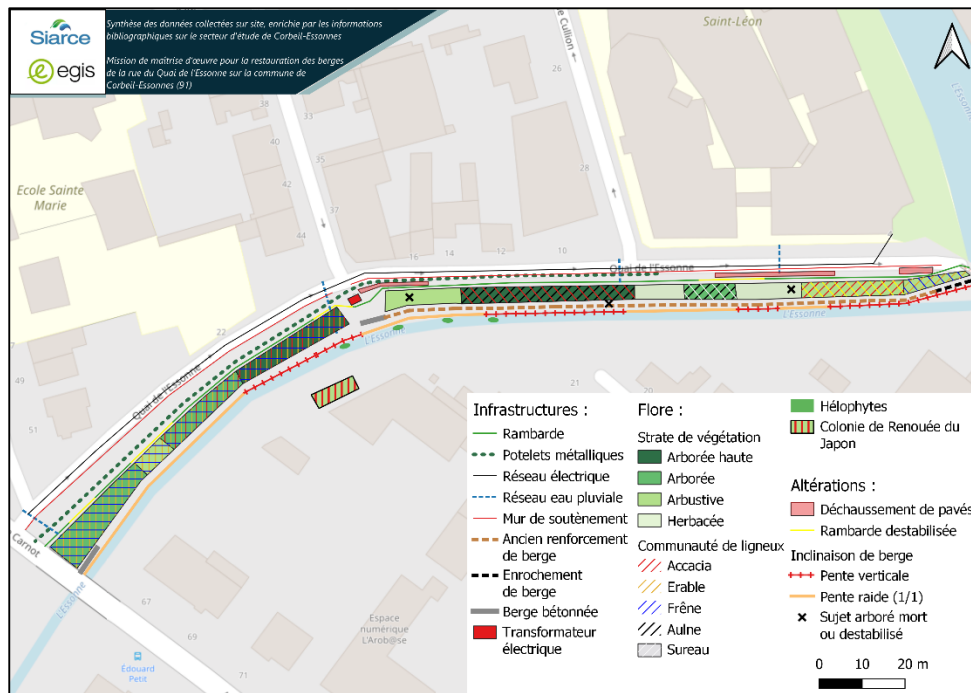


Figure 19 : Liste exhaustive des éléments observés sur site

Une de mes tâches fut également de collecter et d'analyser les données bibliographiques existantes sur la zone d'étude afin de contextualiser le secteur dans le rapport d'étude préliminaire. Parmi les cartes éditées figure l'occupation du sol, le périmètre de protection des sites classés et protégés, les Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique (cf. figure 20). D'autres cartographies contextuelles sont présentes dans le rapport.

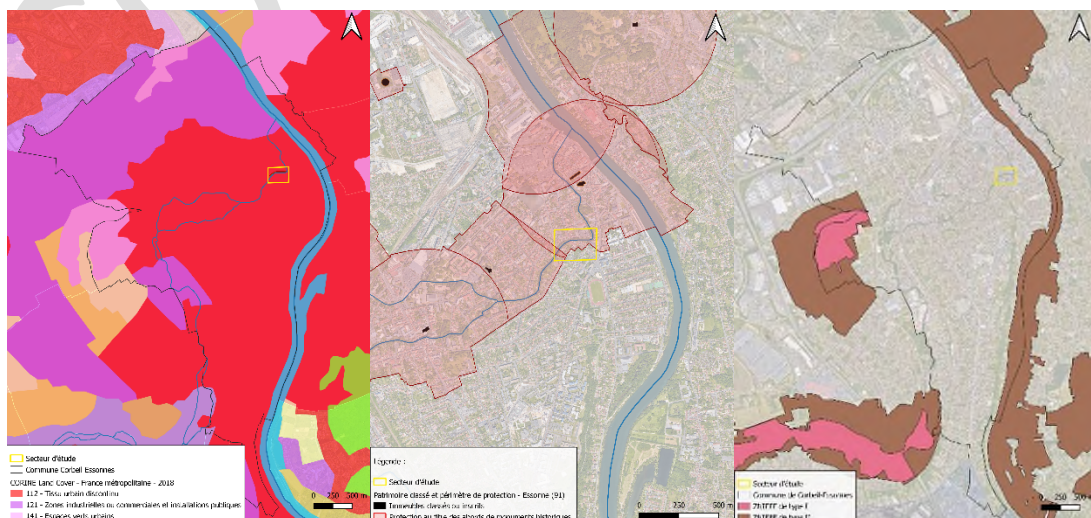


Figure 20 : Rendus cartographique permettant de contextualiser le secteur d'étude

2. Conclusion du stage

Les projets menés au sein de la structure d'accueil ont été des expériences enrichissantes et formatrices à l'image de mes stages précédents. La volonté de mon équipe à consister à m'impliquer au maximum dans des projets aux thématiques diversifiées. Qu'il s'agisse de missions de maîtrise d'œuvre, d'étude de faisabilité, de diagnostic hydromorphologique ou de définition d'un programme d'action, chaque mission m'a permis d'acquérir de nouvelles compétences tout en apportant ma contribution.

Mon engagement dans diverses missions m'a également aidé à identifier les projets sur lesquels je souhaite continuer à travailler. Ayant mené plusieurs projets d'études préliminaires (diagnostics, état des lieux), j'aimerais désormais développer mon expertise dans les phases préprojet et projet des chantiers de maîtrise d'œuvre, en me concentrant notamment sur des travaux hydromorphologie. Ma participation à un projet de restauration de berge en milieu urbain a renforcé ma décision de ne pas m'orienter vers ce type de projet. Enfin, l'étude des dynamiques d'inondation sur la Liane en amont de Boulogne-sur-Mer m'a particulièrement fascinée. À tel point, qu'une collaboration a été entreprise entre l'équipe et moi afin de me former à la modélisation sur le logiciel HECRAS, également dans le but de compenser au mieux le départ dans les prochains mois de l'ingénieur référant en modélisation au sein du service. La finalité de cette formation serait de m'accompagner suffisamment pour que je puisse modéliser les débordements des crues en fonction des scénarios de restauration de lit de cours d'eau, par exemple, la phase préprojet d'une remise en fond de vallée. Depuis ma première initiation à la modélisation en classe d'ingénieur, j'ai toujours souhaité préserver et approfondir cette compétence. Elle faisait d'ailleurs partie des sujets abordés lors de mes entretiens de recrutement.

Outre les projets, les six mois de stage ont également été l'occasion de m'immerger pleinement dans le milieu professionnel du bureau d'étude. Au cours de mon expérience, j'ai pu découvrir et m'imprégner des différentes modalités de travail propre à ce milieu : appel d'offres, phasage des projets, accord-cadre, réunion de démarrage, COTECH, COPIL. J'ai réalisé à quel point il est crucial d'avoir une bonne communication dans ce métier, compte tenu des nombreux échanges à maintenir avec le maître d'ouvrage, ainsi que des réunions et rencontres avec les acteurs du territoire. Enfin, je me suis familiarisé avec les documents techniques et administratifs, tels que les ordres de service (OS), demande de travaux (DT), cahiers des clauses techniques particulières (CCTP).

Avec du recul, les plus-values que j'ai pu apporter à l'équipe pendant le stage sont mes connaissances acquises en hydromorphologie et écologie aquatique, mon esprit critique sur les propositions d'aménagement, mon efficacité sur le terrain et ma maîtrise du logiciel Qgis. Les enseignements passés en classe et sur le terrain pour comprendre le processus d'évaluation du niveau d'altération de la qualité de l'habitat m'ont été extrêmement utiles, tout comme la réalisation du chantier-école en quatrième année pour la rédaction de diagnostics et d'études préliminaires.

Pour conclure, ce stage s'est parfaitement inscrit dans la continuité de la formation Ingénierie des Milieux Aquatiques IMA. Je suis satisfait de mon expérience au sein du bureau d'étude Egis et je suis ravi de poursuivre l'aventure avec eux.

Bibliographie

Aquabio. (2021). *Suivi scientifique de la zone de renaturation sur le site de Villepreux-*

Rennemoulin : Le Ru de Gally à Villepreux

Hydrosphère. (2023, décembre). *Suivi scientifique de la zone de renaturation du Ru de Gally sur le site de Villepreux.*

SAFEGE. (2013, juin). *Programme de continuité écologique et fonctionnalité du cours d'eau : Le Ru de Gally. Étude de faisabilité sur l'engorgement du verrou de Rennemoulin.*

ONEMA. (2014). *Principes généraux du protocole ICE*

Annexe

Annexe 1 : Script python utilisé pour compiler le score des tronçons de la masse d'eau en un fichier Excel unique

```
import os
import pandas as pd

## Variables ctrl + maj + clique droite
global_dir_path = r"S:\07_Technique\00_Phase_2\01_Diagnostic_Terrain\Lot_2\Ru_Maldroit"
prefix_workbook = "FicheEnquêteREH_"
sheetname_to_copy = "Synthèse Altération Tronçon "

outputname = "Compilation" #creer fichier avant

## Code (Ne pas changer)
os.chdir(global_dir_path)

output_file = os.path.join(global_dir_path, f"{outputname}.xlsx")
print(f"Output file : {output_file}")
with pd.ExcelWriter(output_file, engine="xlsxwriter") as writer:
    for dir in next(os.walk('.'))[1] : # For all directories in global_dir
        print(f"Traitement de {dir}", end = "... ")
        excel_file = os.path.join(global_dir_path, dir, f"{prefix_workbook}{dir}.xlsx")
        if os.path.exists(excel_file) : # If file exists
            sheet = pd.read_excel(excel_file, sheetname_to_copy)
            sheet.to_excel(writer, sheet_name = dir, index = False)
            print("Copie finalisée")
        else : print(f"Le fichier {os.path.join(dir, 'FicheEnquêteREH_' + dir + '.xlsx')} n'existe pas")
```

Étude de restauration morpho-écologique

Mathias Moison

2023-2024

Résumé : La mission du stage s'inscrit dans un objectif d'atteindre des seuils de qualité écologique des cours d'eau fixés par la Directive de Cadre sur l'Eau. Sept masses d'eau sur le bassin versant de la Seine Normandie sont diagnostiquées à partir de la méthode d'évaluation du niveau d'altération de la qualité de l'habitat (REH) selon une échelle appropriée à l'hydrosystème. Les synthèses des résultats démontrent l'efficacité de cette méthode pour identifier les pressions des cours d'eau.

Le stage a également permis d'établir un état des lieux des ouvrages faisant obstacle à la continuité écologique sur le ru de Gally.

Abstract: The internship mission aligns with the objective of achieving the ecological quality thresholds for watercourses set by the Water Framework Directive. Seven water bodies in the Seine-Normandy watershed are diagnosed using the Habitat Quality Alteration Assessment Method (REH) on a scale appropriate to the hydrosystem. The summaries of the results demonstrate the effectiveness of this method in identifying pressures on the watercourses. The internship also allowed for an inventory of structures obstructing ecological continuity on the Gally stream.

Mots Clés : Hydromorphologie, Diagnostic, REH, Altération, Compartiments, SIG, Prospection, Continuité écologique

Egis : 15 avenue du centre. 78280 Guyancourt

Tuteur entreprise :

Soizic Heuse

Chef de projet, études et travaux fluviaux

Tuteur académique :

Stéphane Rodrigues