



**HAL**  
open science

# Bilan du suivi avant travaux de restauration de la continuité écologique de la Mérantaise au moulin d'Ors

Emmanuel Caussé

► **To cite this version:**

Emmanuel Caussé. Bilan du suivi avant travaux de restauration de la continuité écologique de la Mérantaise au moulin d'Ors. Sciences de l'environnement. 2023. hal-04192888

**HAL Id: hal-04192888**

**<https://hal.inrae.fr/hal-04192888v1>**

Submitted on 31 Aug 2023

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

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

U  
B  
O

Université  
de Bretagne  
Occidentale



**MASTER SML**

**SCIENCES DE LA MER ET DU LITTORAL**

**MENTION  
BIOLOGIE**

**PARCOURS  
SCIENCES HALIEUTIQUES ET  
AQUACOLES (SHA)**

CAUSSE Emmanuel  
**Bilan du suivi avant travaux de  
restauration de la continuité  
écologique de la Mérantaise au  
moulin d'Ors**

Mémoire de stage de Master1  
Année Universitaire **2022-2023**  
Structure d'accueil : **INRAe d'Antony**  
Tuteur universitaire : **François Le Loc'h**  
Maître de stage : **Céline Le Pichon**





## ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

Je soussigné M.CAUSSÉ Emmanuel.....

Assure avoir pris connaissance de la charte anti-plagiat de l'université de Bretagne occidentale.

Je déclare être pleinement conscient-e que le plagiat total ou partiel de documents publiés sous différentes formes, y compris sur internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée.

Je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisé pour rédiger ce travail.

Signature :

## **Remerciements**

À l'issue de mon stage de fin de Master 1 au sein de l'INRAe d'Antony, je tiens en premier lieu à exprimer mon entière reconnaissance envers ma maître de stage, Céline Le Pichon, pour sa bienveillance et son encadrement tout au long de ces deux mois. Je souhaite également remercier Mathieu Girondin d'avoir partagé avec moi son bureau durant cette période, et de m'avoir accueilli dès le premier jour au sein de l'équipe.

Remerciements tout particuliers également envers Aaron Bluche (ingénieur d'études géomatiques) et Mikel Cherbero (doctorant) pour leur aide à la prise en main du logiciel de cartographie QGIS, Lison Barale pour son aide au tri et à la détermination des macroinvertébrés aquatiques.

Les thématiques de recherche portées par l'unité HYCAR sont toutes plus intéressantes les unes que les autres, et l'occasion me fut laissée de m'y intéresser au-delà même des limites de mon sujet de stage, notamment lors de plusieurs sorties sur le terrain. Merci une nouvelle fois aux personnes ayant rendu ma participation à ces sorties possible, notamment Virginie Archambault. Merci aux pêcheurs professionnels, Didier et Yoann Bertolo, Yann Abdallah, tous impliqués pour faire avancer la recherche et avec lesquels j'ai pu avoir des échanges particulièrement riches et pleins d'espoir.

Enfin, de manière plus générale, je veux saluer l'ensemble des membres de l'équipe HEF pour leur sympathie, leur bonne humeur quotidienne, et les moments de partage autour de fromages ou de gâteaux apportés par chacun.

## Liste des abréviations

**AC** : Courant Alternatif

**ADNe** : Acide DésoxyriboNucléique Environnemental

**AFNOR** : Association Française de Normalisation

**ASPT** : Average Score Per Taxon

**BACIPS** : Before/After Control/Impact Paired Sampling

**DC** : Courant Continu

**DCE** : Directive Cadre sur l'Eau

**EPA** : Échantillonnage Ponctuel d'Abondance

**EPT** : Éphéméroptères, Plécoptères et Trichoptères

**EQR** : Ecological Quality Ratio

**GI** : Groupe Indicateur

**HAP** : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

**HEF** : HydroÉcologie Fluviale

**HYCAR** : Hydrosystèmes Continentaux Anthropisés - Ressources, Risques, Restauration

**I2M2** : Indice Invertébrés MultiMétrique

**IBG-DCE** : Indice Biologique Global compatible avec la Directive Cadre sur l'Eau

**IBGN** : Indice Biologique Global Normalisé

**INRAe** : Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement

**LEMA** : Lois sur l'Eau et les Milieux Aquatiques

**PCR** : Polymerase Chain Reaction

**PDC** : Courant Continu Pulsé

**PNR HVC** : Parc Naturel Régional Haute Vallée de Chevreuse

**SIG** : Système d'Information Géographique

**SSM** : Suivi Scientifique Minimal

**VT** : Variété Taxonomique

## Lexique

<sup>1</sup>**Colmatage** : sédimentation de particules fines dans un cours d'eau relativement lent.

<sup>2</sup>**Ichtyofaune** : partie de la faune rassemblant les poissons.

<sup>3</sup>**Largeur miroir** : distance, sur un profil en travers, entre les points les plus élevés de la partie immergée des berges.

<sup>4</sup>**Limnimétrique** : une station limnimétrique permet l'enregistrement et la transmission de la mesure de la hauteur d'eau dans un cours d'eau

<sup>5</sup>**Lithophile** : se dit des poissons vivant sur des fonds pierreux et frayant sur un substrat lithophile composé de pierres.

<sup>6</sup>**Mouille** : creux compris entre les bancs d'alluvions dans le lit d'une rivière.

<sup>7</sup>**Narcose** : état dans lequel le poisson est immobile, les muscles relâchés, avec une respiration faible.

<sup>8</sup>**Polyvoltin** : se dit d'une espèce animale qui présente plusieurs générations par an.

<sup>9</sup>**Rhéophile** : se dit d'une espèce qui vit dans les eaux torrentielles.

<sup>10</sup>**Ripisylve** : végétation installée sur la berge d'un cours d'eau, souvent en trois strates : plantes herbacées, arbustes et arbres.

# Sommaire

<b>Remerciements</b> .....	<b>2</b>
<b>Liste des abréviations</b> .....	<b>3</b>
<b>Lexique</b> .....	<b>4</b>
<b>Sommaire</b> .....	<b>5</b>
<b>1 - Introduction</b> .....	<b>6</b>
<b>2 - Matériel et Méthodes</b> .....	<b>9</b>
2.1 - Hauteur d'eau et débitmétrie .....	9
2.2 - Prélèvements d'invertébrés : l'indice I2M2 .....	9
2.3 - Captures de la faune piscicole par pêche électrique .....	10
<b>2.3.1 - pêche par échantillonnage ponctuel d'abondance (EPA)</b> .....	<b>11</b>
<b>2.3.2 - pêche complète par épuisement et indice poisson rivière (IPR)</b> .....	<b>12</b>
2.4 - Prélèvement d'ADN environnemental (ADNe) .....	13
<b>3 - Résultats</b> .....	<b>13</b>
3.1 - Débits classés.....	13
3.2 - Indices I2M2 et métriques associées .....	14
3.3 - Graphiques radars .....	15
3.4 - Pêche par EPA.....	16
3.5 - Pêche complète par épuisement et indices IPR .....	18
3.6 - ADNe.....	20
<b>4 - Discussion</b> .....	<b>21</b>
4.1 - Cohérence et complémentarité des différents indicateurs : retour sur SSM .....	21
4.2 – La niche écologique : une explication à la distribution spatiale des communautés .....	21
4.3 - Qualité des eaux diagnostiquée par l'indice I2M2 et phénomènes de crue.....	22
4.4 - Variabilité temporelle des données avant travaux .....	23
<b>5 - Conclusion</b> .....	<b>24</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>24</b>
<b>Annexes</b> .....	<b>26</b>
<b>Résumé</b> .....	<b>31</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>31</b>

## 1 - Introduction

La Mérantaise est un cours d'eau péri-urbain du bassin parisien situé dans le parc naturel régional Haute-Vallée de Chevreuse (PNR HVC), en tête d'un bassin versant s'étendant sur une superficie de 31 km<sup>2</sup>. La rivière, de rang 1 selon la classification de Strahler, rejoint l'Yvette qui se jette elle-même dans l'Orge, un affluent de la Seine. Elle est également classée liste 1 de l'inventaire frayère des Yvelines, avec objectif de conservation de la truite fario. Du fait de son anthropisation forte et ancienne (visible sur les cartes de Cassini, 1756), la Mérantaise comptait jusqu'en 2022 pas moins de 12 ouvrages hydrauliques sur 4,5 km de linéaire, dont 8 jugés infranchissables ou partiellement infranchissables, selon l'espèce considérée (**Le Pichon et al., 2019**). Ces ouvrages étaient pour la plupart des moulins actifs du XIX<sup>ème</sup> au début du XX<sup>ème</sup> siècle, accompagnés de seuils, de systèmes de vannes, voire de travaux de contournement de la rivière formant des bras d'amenée d'eau qui augmentaient les hauteurs de chute et, par conséquent, les capacités industrielles des moulins. Les usages des fleuves et rivières depuis l'ère industrielle sont nombreux ; pour la navigation, le transport de marchandises, la captation d'eau ou la production d'énergie. Ceux-ci, couplés aux effets du réchauffement climatique (augmentation de la fréquence d'apparition et de l'intensité des crues, de la température de l'eau, périodes de sécheresse de plus en plus longues et fréquentes), ont conduit à placer près d'une espèce de poisson d'eau douce sur cinq en France sur la liste IUCN des espèces menacées en 2019 (**IUCN, 2019**). Pourtant, depuis le 23 octobre 2000, l'Europe s'est fixé des objectifs de préservation et de restauration de l'état écologique des masses d'eau, avec l'adoption de la directive cadre sur l'eau (DCE).

Lors d'une campagne d'échantillonnage par pêche électrique en 2010, seules 13 truites fario (*Salmo trutta fario*) ont été capturées sur la Mérantaise, et aucune en amont du seuil du moulin d'Ors, alertant sur la rupture de la continuité écologique au niveau de cet obstacle (limite de colonisation amont pour cette espèce). En milieu aquatique, la continuité écologique désigne la libre circulation des organismes, avec possibilité d'accéder aux habitats essentiels à la réalisation de leur cycle biologique. Si des barrières chimiques à la distribution des espèces (teneur en oxygène dissous, concentration en nitrates) n'ont pas été mises en évidence sur la Mérantaise, il apparaît néanmoins que le seuil du moulin d'Ors avant travaux, haut d'1m30, infranchissable vers l'amont pour la truite fario, l'empêchait d'atteindre des zones de frayères potentielles. Ainsi, dans un contexte d'adoption de la loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA 2006), et de mise en application des outils d'aménagement du territoire tels que la 'Trame Verte et Bleue', le PNR HVC a décidé de lancer un projet de restauration de la continuité écologique sur la rivière Mérantaise, dont l'unité HYCAR de l'INRAe (anciennement IRSTEA) d'Antony est chargée de faire le suivi avant et après travaux. Les

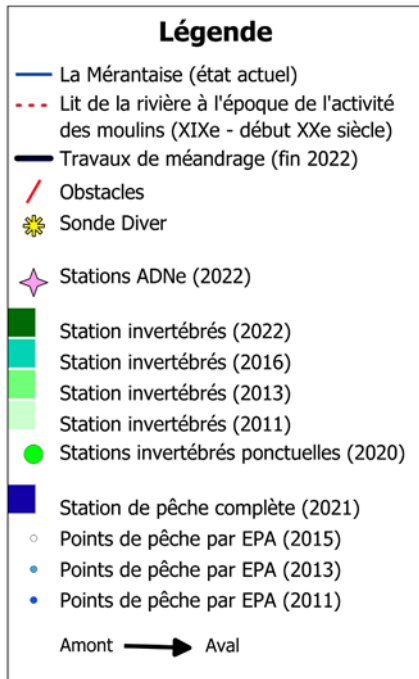
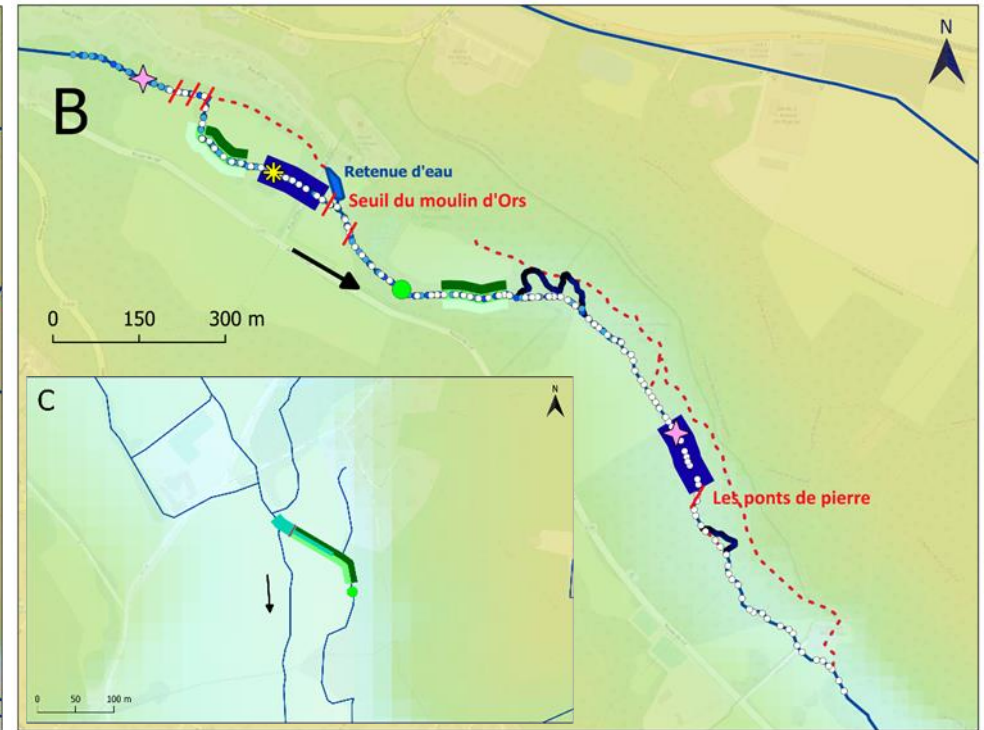
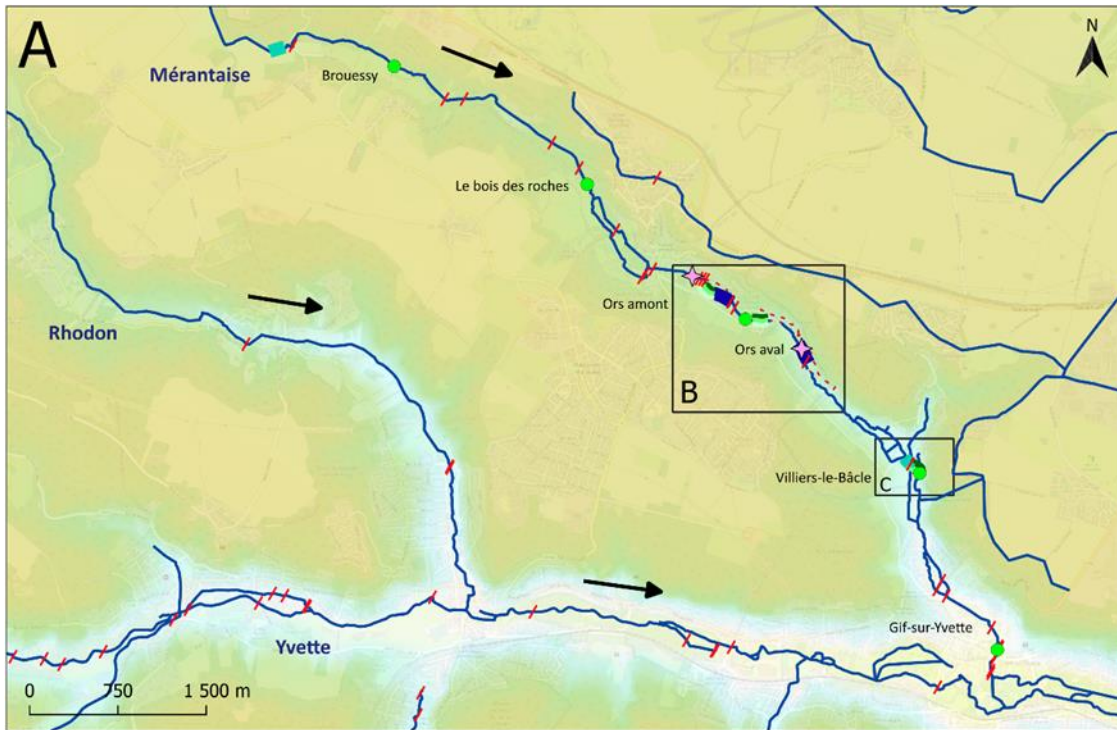


travaux de restauration confiés au bureau d'études Biotec, financés par l'Agence de l'eau Seine Normandie et le PNR HVC, et réalisés fin 2022, consistaient à rehausser le niveau de la rivière en aval du seuil d'Ors afin de diminuer l'encaissement de celle-ci et de rendre l'obstacle franchissable. Deux portions de la rivière en aval du seuil ont également fait l'objet d'un reméandrage, suivant son lit historique.

Depuis 2011, des prélèvements biologiques et des mesures hydromorphologiques et hydrauliques sont réalisés selon le principe du suivi scientifique minimal (SSM) (Tales, 2017). Le SSM doit permettre d'évaluer les réponses écologiques et biologiques obtenues suite aux travaux de restauration menés dans le cadre de la DCE. Il comprend différents designs suivant l'étendue spatiale (nombre de stations témoins/restaurées) et la temporalité (nombre d'années avant/après travaux) du suivi. Nous nous trouvons pour la Mérintaise dans le cas d'un suivi « Before/After Control/Impact Paired Sampling » (BACIPS) (Kibler et al., 2010), avec au moins deux stations, témoin et restaurée, suivies plusieurs années avant les travaux de restauration, et qui devraient être également suivies dans les prochaines années. Cette méthode permet de s'affranchir des éventuels facteurs externes dans l'évaluation des effets de la restauration sur les stations considérées, et d'évaluer les paramètres d'autocorrélation temporelle inhérente aux séries. Notons que le temps de réponse des différents organismes peut être plus ou moins long selon la durée de leur cycle de vie et leur capacité de dispersion/recolonisation, ce pourquoi il est préconisé d'utiliser au moins deux indicateurs propres à la DCE (poissons et invertébrés), ainsi que d'éventuels indicateurs fonctionnels plus spécifiques au projet de restauration. Toutes ces conditions ayant été réunies dans le cadre des travaux sur la rivière Mérintaise, nous nous attacherons à dresser le bilan du suivi avant travaux de restauration écologique, qui servira référence pour l'évaluation de la réponse des organismes face à l'effacement du seuil d'Ors et au reméandrage de la rivière Mérintaise. Par ailleurs, un récapitulatif et une cartographie des prélèvements concernant le volet biologique, réalisés entre 2011 et 2022 par l'INRAe, sont présentés par le **Tableau 1** et la **Figure 1**. Un premier rapport datant de 2019 a également été rédigé afin de présenter les premiers résultats obtenus (Le Pichon et al., 2019).

**Tableau 1** : récapitulatif des prélèvements réalisés sur la Mérintaise depuis 2011.

		2011	2013	2015	2016	2020	2021	2022
Invertébrés	Méthode	IBGN	IBGN		I2M2	Protocole allégé hydromorphologie		I2M2
	Lieu	Ors Amont/Aval	Ors Amont/Aval		Brouessy-Ors Amont-Villier	5 stations sur l'ensemble du cours d'eau		Ors Amont/Aval + Villier
	Date exacte	11 Juin	5 Juin		8 et 21 Septembre	26 et 27 Mai		10 Mai
Pêche électrique	Méthode	EPA	EPA	EPA			Pêche électrique complète	Pêche de sauvetage
	Lieu	Ors Amont/Aval	Ors Amont/Aval	Ors + Ponts de pierre Amont/Aval			Stations témoin et restaurée	
	Date exacte	31 Août	27 Août	8 et 9 Septembre			28 Septembre	
ADNe	Lieu							Ors Amont/Aval
	Date exacte							18 Juillet



**Figure 1** : A – Cartographie QGIS de la rivière Mérantaise dans son bassin versant et de l'ensemble des prélèvements depuis 2011. B – Zone amont et aval du seuil d'Ors. C – Zone de Villiers-le-Bâcle. Photos personnelles (équipe INRAe) du seuil d'Ors d'1,30m avant travaux (gauche) et de la retenue d'eau communiquant à l'aval du seuil en 2012 (droite)

## 2 - Matériel et Méthodes

### 2.1 - Hauteur d'eau et débitmétrie

La survenue de crues ou de périodes d'étiage pouvant impacter la répartition et la temporalité du cycle de vie d'organismes tels que les macroinvertébrés ou les poissons, un suivi hydraulique est réalisé sur la rivière Mérantaise, avec relevé de la hauteur d'eau quasi-continu depuis le 27 février 2012. Des sondes Diver de Schlumberger relevant une mesure de pression toutes les 15min ont été installées au niveau du pré Bicheret (**Figure 1**). Les hauteurs d'eau sont obtenues par transformation des données à l'aide du logiciel Diver Office. Des échelles limnimétriques<sup>4</sup> ont aussi été installées afin de confronter régulièrement les hauteurs d'eau calculées à une vérification directe sur le terrain. En vue d'obtenir des données de débits à partir des hauteurs d'eau, des courbes de tarage (relation hauteur/débit) ont été construites (**Le Pichon et al., 2019**), avant et après la crue liée aux inondations européennes de mai-juin 2016 (**Annexe 1 & 2**). Des jaugeages ont en effet été effectués à différentes hauteurs d'eau par exploration du champ des vitesses au courantmètre électromagnétique. À partir des régressions obtenues pour les courbes de tarage, les chroniques de hauteur d'eau peuvent être converties en chroniques de débits, avant et après 2016. Les débits sont ensuite classés afin d'obtenir les fréquences de non-dépassement de débits donnés dans le temps (courbe des débits classés).

### 2.2 - Prélèvements d'invertébrés : l'indice I2M2

Afin d'évaluer la qualité biologique des milieux aquatiques tels que les petits cours d'eau, des indices ont été établis, se basant sur le prélèvement et la détermination de macroinvertébrés benthiques. L'indice biologique global normalisé (IBGN), dont la dernière mise à jour date de 2004, se basait sur la variété taxonomique (VT) et le groupe indicateur (GI) du taxon le plus polluo-sensible pour calculer une note de 0 à 20. À partir de 2009, un nouveau protocole compatible aux exigences de la DCE a été développé par l'Université de Metz et le Cemagref (**Usseglio-Polatera et al., 2009**), permettant d'obtenir de nouveaux indicateurs tout en gardant possible la reconstitution d'un indice IBGN, alors qualifié d'IBG-DCE, pour assurer la continuité historique des données (**Archambault & Dumont, 2010**). L'application des normes NF T90-333 (prélèvements) et NF T90-388 (analyses au laboratoire), et du guide d'exploitation GA T90-788, achemina d'instaurer l'indice invertébrés multi-métrique I2M2 (**Mondy et al., 2021**) comme référence, prenant mieux en compte les aspects relatifs à la qualité des eaux (nutriments, micro-polluants...) et ceux en lien avec la dégradation de l'habitat (urbanisation, altération de la ripisylve<sup>10</sup>...). Cinq nouvelles métriques supplémentaires sont désormais prises en considération dans le calcul de l'indice : la richesse taxonomique, la polluo-sensibilité ASPT, l'indice de Shannon (mesurant la diversité spécifique) et la fréquence d'organismes polyvoltains<sup>8</sup> et ovovivipares. Toutes ces métriques répondent elles-mêmes à plusieurs familles de

pressions différentes, ce qui permet d'appréhender de manière plus réaliste l'indication de la qualité des milieux par la présence des différents taxons d'invertébrés (effets cocktail ou compensatoires éventuels). À partir de données standardisées, la plateforme du système d'évaluation de l'état des eaux SEEE ([Accueil | SEEE \(eaufrance.fr\)](#)) renvoie directement les scores des différentes métriques et la note I2M2 en EQR (ecological quality ratio), ainsi que des graphiques radars illustrant et quantifiant les probabilités de pressions hydromorphologiques et physico-chimiques impactant potentiellement les stations échantillonnées. Les indices calculés en EQR sont obtenus par comparaison des métriques brutes avec des valeurs de référence correspondant à un état peu ou pas altéré et dépendantes de la typologie nationale à laquelle est rattachée la station.

Durant mon stage, j'ai eu l'opportunité de réaliser les premiers prélèvements de macroinvertébrés sur les stations retenues pour évaluer l'état post-travaux de restauration. Avant cela, des prélèvements ont été réalisés plusieurs années (**Tableau 1**) sur différentes stations (**Figure 1**), suivant le même protocole. Une première étape consiste à positionner et baliser la station à l'aide de ses coordonnées GPS et en tenant compte de l'alternance des différents faciès radiers/mouilles<sup>6</sup> (une station correspondant à une alternance radier-mouille-radier-mouille, ou à une longueur de 12 à 18 fois la largeur plein bord moyenne, en l'absence de cette alternance). Une schématisation de la station est effectuée, de sorte à estimer le taux de recouvrement des différents substrats, marginaux (<5%) et dominants (≥5%). Le plan d'échantillonnage des 12 prélèvements d'1/20m<sup>2</sup> réalisés à l'aide d'un filet de type Surber (maille 500µm), d'aval en amont, est construit de la manière suivante : (1) 4 prélèvements unitaires dans les habitats marginaux (phase A), (2) 4 dans les habitats dominants selon leur ordre d'habitabilité (phase B), puis (3) 4 dans les habitats dominants par ordre de représentativité (phase C). Les prélèvements sont finalement emballés et conservés dans l'alcool jusqu'aux séances de tri et de détermination en laboratoire, à l'aide de colonnes de tamisage, de loupes oculaires et binoculaires, et de clés de détermination (**Tachet et al., 2010**). Des mesures physico-chimiques au niveau de la station sont réalisées grâce à une sonde multiparamètres WTW Multi 3630 IDS SET KS2 (température, saturation en oxygène, pH, conductivité...). J'ai également pu participer à une séance de tri de détermination, qui servira au calcul des indices I2M2 de mai 2023.

### **2.3 - Captures de la faune piscicole par pêche électrique**

La pêche électrique est une activité réglementée qui réclame une habilitation préalable des manipulateurs aux bonnes pratiques et aux risques liés à l'utilisation du courant électrique. Des conditions météorologiques favorables, ainsi qu'un matériel adapté (waderns, gants), sont aussi indispensables pour l'emploi de cette méthode d'échantillonnage non destructive pour les peuplements de poissons. En France métropolitaine, l'utilisation du courant alternatif (AC) est

interdite, et l'emploi d'un courant continu (DC) recommandé par rapport à celui du courant continu pulsé (PDC). La conductivité, la fréquence et le rapport cyclique ne doivent pas dépasser certaines gammes de valeurs, et une seule anode sera utilisée pour les cours d'eau de moins de cinq mètres de large. Une sonde Penny permet de mesurer le gradient de tension. Dans un cours d'eau de faible profondeur (<70cm) comme la Mérantaise, le porteur d'anode avancera vers l'amont accompagné des porteurs d'épuisettes à peu près au même niveau, et des porteurs de câbles et de sceaux à leur suite. L'efficacité de la stimulation dépend d'une multitude de facteurs tels que la conductivité de l'eau et du substrat (gamme d'attraction 20-30% plus faible sur substrat vaseux que sur sable ou gravier), la température, le mode de vie propre à chaque espèce de poisson (anguilles et espèces benthiques/solitaires plus difficilement capturables que les espèces pélagiques/grégaires), la forme ou la longueur des nerfs du poisson (loi de Rushton), ou encore l'inclinaison du poisson par rapport au champ électrique. La réaction du poisson face au gradient de pression peut comporter cinq phases : alignement ou courbure anodique, galvanotaxie (nage forcée), narcose<sup>7</sup>, pseudo-nage forcée et tétanie. Les poissons pêchés sont identifiés à l'espèce, mesurés au millimètre près et peuvent être anesthésiés afin de limiter le stress ou en cas de manipulation supplémentaire (équipement par une bague ou un microémetteur). Ils sont ensuite stockés dans des bassines ou des bourriches avant de retrouver leur état normal après quelques heures.

### **2.3.1 - pêche par échantillonnage ponctuel d'abondance (EPA)**

En 2011, 2013 et 2015, l'unité HYCAR de l'INRAe a privilégié un protocole de pêche électrique (matériel portatif "Martin pêcheur") permettant de rendre compte de la distribution longitudinale continue des espèces sur de grands linéaires : l'échantillonnage ponctuel d'abondance (EPA). Celui-ci peut révéler les effets des discontinuités (physiques ou chimiques) et des paramètres environnementaux (largeur, profondeur, vitesse du courant, faciès, substrat...) de la rivière sur la répartition des espèces. Un point de pêche est effectué aléatoirement sur la rive droite, gauche, ou au centre du chenal tous les 20m en remontant le lit de la rivière (**Figure 1**). Des segments longs de 600m sont ainsi effectués, représentant une trentaine de points EPA, et ce, en amont et en aval des obstacles. L'EPA est considéré comme une méthode de type sondage (la rivière n'étant pas barrée par des filets comme pour une pêche par station classique), fournissant des abondances relatives. Sa capacité à rendre compte de la richesse spécifique est néanmoins bonne et la pêche par EPA est largement utilisée pour évaluer les peuplements de divers cours d'eau (**Le Pichon et al., 2017 ; Tomanova et al., 2013**).

### 2.3.2 - pêche complète par épuisement et indice poisson rivière (IPR)

Afin de suivre les recommandations du SSM, une approche plus classique de pêche électrique a été employée en 2021 sur les stations de prélèvement d'invertébrés (**Tableau 1 & Figure 1**). La pêche électrique complète par épuisement se pratique sur une portion de rivière longue de 10 à 20 fois la largeur miroir<sup>3</sup>, soit de 100m maximum sur la Mérantaise. Plusieurs passages sont effectués, avec retrait des poissons pêchés à chaque passage et jusqu'à diminution nette des captures par passage. Si cette méthode diffère de celle de l'EPA du fait qu'elle ne prend pas ou peu en compte la distribution longitudinale des poissons selon les caractéristiques et les discontinuités de l'environnement, elle a l'avantage de fournir des abondances absolues (nombre d'individus par m<sup>2</sup>) et des résultats comparables à ceux des réseaux de surveillances nationaux. En ce sens, toujours dans le cadre de la DCE, les données de pêche par « station » permettent de calculer l'indice poisson rivière (IPR) (**Oberdorff et al., 2002**). A la manière de l'I2M2, l'IPR utilise l'ichtyofaune<sup>2</sup> comme indicateur de la qualité des rivières en calculant l'écart entre les caractéristiques du peuplement échantillonné (richesse spécifique, densité totale, nombre d'espèces insectivores, omnivores, tolérantes, rhéophiles<sup>9</sup> ou lithophiles<sup>5</sup>) et l'écopotentialité piscicole du site (ce que serait le peuplement en l'absence d'impact anthropique significatif). Le calcul de l'IPR et métriques associées se fait via la plateforme SEEE en renseignant les données faunistiques standardisées et des données environnementales (superficie du bassin versant, largeur, profondeur, distance à la source...).

Aussi, la méthode de Carle & Strub (**Carle & Strub, 1978 ; Gerbaux, 1987**) a été retenue pour estimer les densités de poisson réelles, avec intervalle de confiance, quand bien même les captures lors d'un passage dépasseraient celles du passage précédent. L'application de cette méthode suppose un effectif de la population inventoriée constant (courte période de prélèvement, installation des filets barrages en amont et en aval de la station), et une équiprobabilité de capture (indépendamment de la taille des individus). La taille de la population étudiée est donnée par N, le plus petit entier supérieur ou égal au nombre total de poissons capturés (T), qui satisfait l'inégalité suivante :

$$N - \frac{N + 1}{T + 1} \prod_i \frac{kN - X - T + \beta + (k - i)}{kN - X + \alpha + \beta + (k - i)} \leq 1$$

Avec :  $X = (k-i)C_i$

Et :  $k$  le nombre de passages,  $i$  le numéro du  $i^{\text{ème}}$  passage,  $\alpha$  et  $\beta$  les paramètres d'une distribution beta, et  $C_i$  le nombre de poissons capturés au  $i^{\text{ème}}$  passage

De plus, la probabilité de capture estimée par maximum de vraisemblance se calcule par :

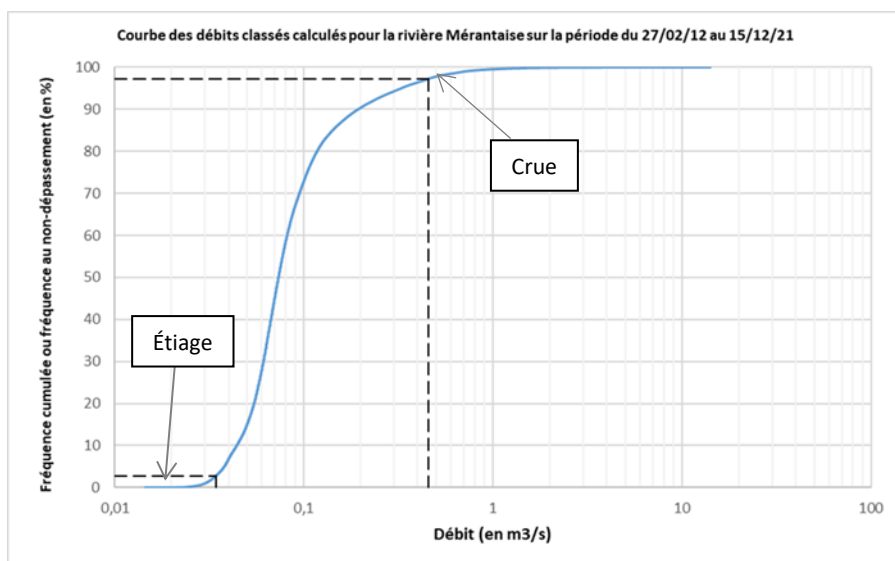
$$p = \frac{T}{kN - X}$$

## 2.4 - Prélèvement d'ADN environnemental (ADNe)

L'ADN environnemental (ADNe) est un outil récent dont le potentiel en tant qu'indicateur de biodiversité est actuellement étudié. **Tallec et al. (2018)** ont par ailleurs mené un suivi temporel mensuel d'ADNe entre septembre 2016 et février 2018 sur le bassin de l'Orgeval, montrant une variation du recensement des espèces selon les conditions hydroclimatiques (débit et température). En comparaison avec les échantillons par pêche électrique, l'ADNe pratiqué pour la détection des poissons téléostéens serait plus intégrateur. Le protocole développé par le laboratoire Spygen consiste en deux ou trois filtrations d'eau de rivière de 30min, chacune à travers une capsule à usage unique (kit VigiDNA RW). Les prélèvements ainsi effectués sont tamponnés et envoyés au laboratoire pour analyse du nombre de répliques PCR positifs (sur 12) et du pourcentage relatif de séquence ADN correspondant. La réalisation de ces mesures en amont et en aval du seuil d'Ors (**Figure 1**) le 18 juillet 2022 (**Tableau 1**) devrait permettre de compléter les résultats obtenus par pêche électrique et de vérifier les limites de répartition amont/aval des espèces.

## 3 - Résultats

### 3.1 - Débits classés



**Figure 2** : débits classés calculés pour la rivière Mérintaise sur la période du 27/02/12 au 15/12/21 à partir des données des sondes Diver du pré Bicheret.

plus modeste en temps normal, et n'excède pas 0,07m<sup>3</sup>/s la moitié du temps. La fréquence au non-dépassement d'un débit de 1m<sup>3</sup>/s est de 99,5%, les 0,5% restants étant dus à des épisodes de crue intenses, notamment lors de l'année 2016 (**Annexe 1**). A partir de cette courbe et des fréquences de non-dépassement théoriques correspondant au débit d'étiage (2,74%) et de crue (97,26%), nous

La courbe des débits classés (**Figure 2**), obtenue par conversion des hauteurs d'eau à l'aide des équations des courbes de tarage avant/après la crue de 2016 (**Annexe 2**), prend une allure sigmoïdale avec un axe des abscisses en échelle logarithmique. Si le débit maximal relevé dépasse légèrement les 14m<sup>3</sup>/s, il est beaucoup

pouvons déterminer ces débits statistiques : 0,034m<sup>3</sup>/s pour l'étiage et 0,458m<sup>3</sup>/s pour la crue. Un débit de plein bord morphologique a été calculé dans le précédent rapport (**Le Pichon et al., 2019**) à environ 4m<sup>3</sup>/s, et dépassé lors de la crue de 2016 (**Annexe 1**).

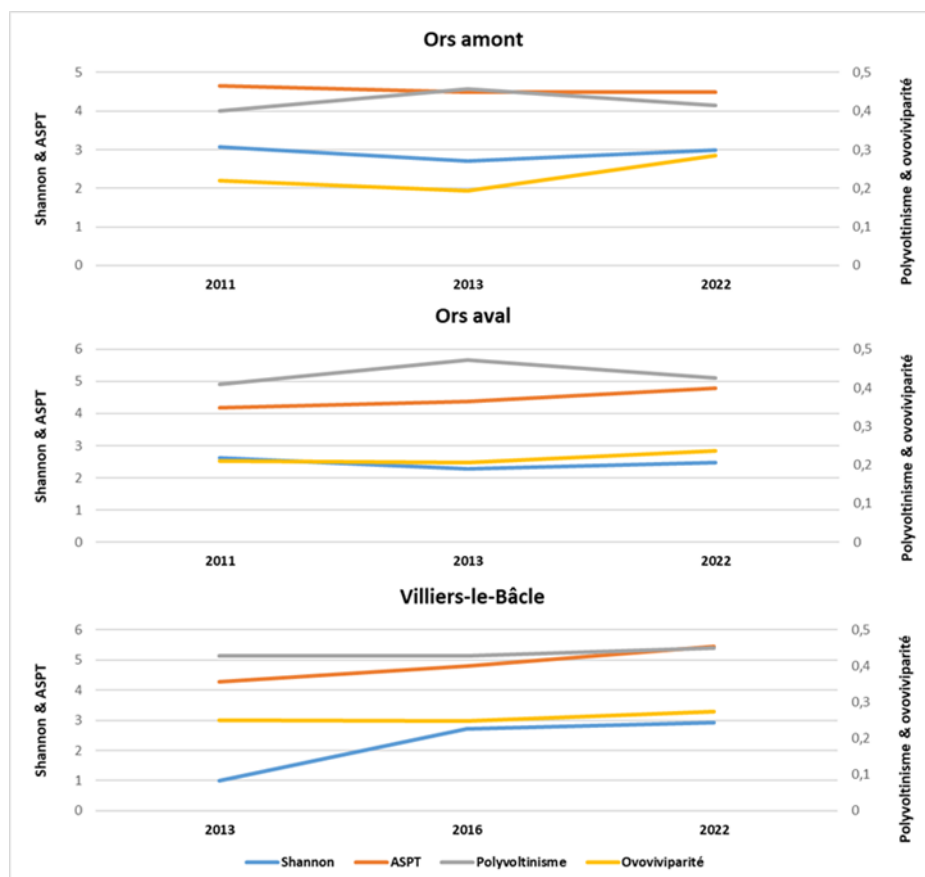
### 3.2 - Indices I2M2 et métriques associées

**Tableau 2** : indices I2M2, calculés en EQR via le portail SEEE pour les prélèvements d'invertébrés de 2022 à Villiers-le-Bâcle.

[0,665 ; 1]	Très bon
[0,443 ; 0,665[	Bon
[0,295 ; 0,443[	Moyen
[0,148 ; 0,295[	Médiocre
[0 ; 0,148[	Mauvais

I2M2	2011		2013			2016		2022		
	Ors aval	Ors amont	Villiers-le-Bâcle	Ors aval	Ors amont	Villiers-le-Bâcle	Brouessy	Villiers-le-Bâcle	Ors aval	Ors amont
	0,2943	0,3225	0,1126	0,1545	0,2262	0,2376	0,0107	0,2615	0,2572	0,203

Les indices I2M2 sont classés dans le **Tableau 2** de l'aval vers l'amont pour chaque année de prélèvement. La note maximale est obtenue en 2011 sur la station « Ors amont » avec 0,3225 qui correspond à une qualité de cours d'eau moyenne. Les notes semblent par ailleurs meilleures en amont qu'en aval, et ce, jusqu'en 2016. Cette année-là, suite à la crue (**Annexe 1**), une note extrêmement faible de 0,0107 (mauvaise qualité du cours d'eau) est obtenue pour la station de Brouessy, située très en amont (**Figure 1**), tandis que la station de Villiers-le-Bâcle conserve une note de 0,2376. Les notes s'équilibrent ensuite, avec une qualité « médiocre » trouvée pour toutes les stations en 2022.



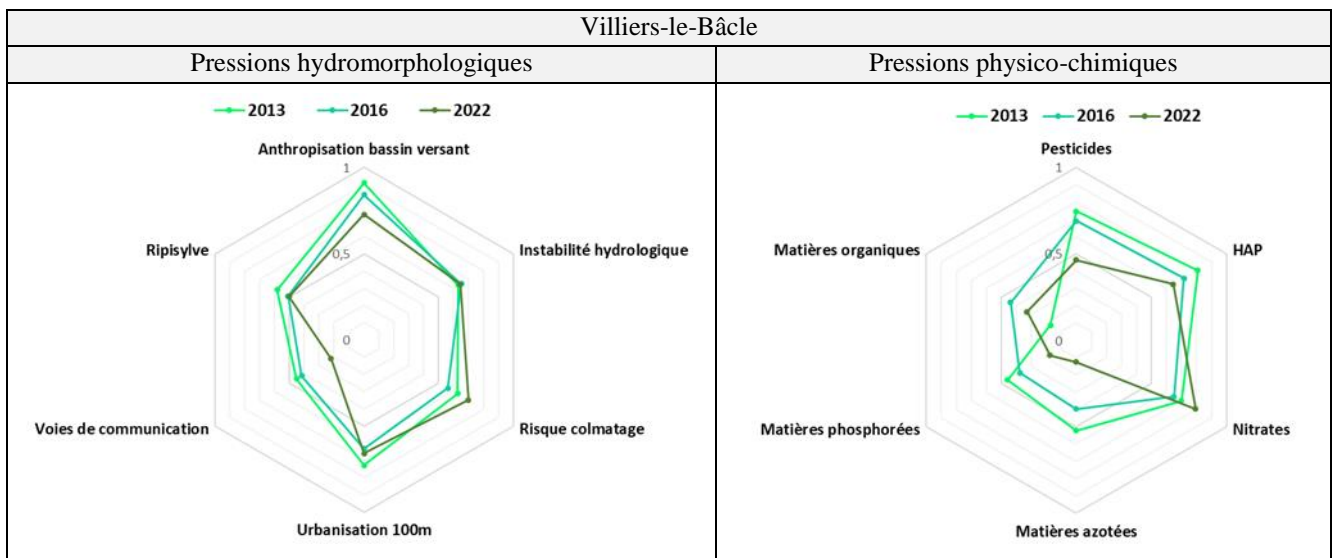
**Figure 3** : évolution temporelle des métriques (valeurs brutes) associées au calcul de l'I2M2 sur les différentes stations. Attention : les prélèvements d'invertébrés ayant été réalisés de manière irrégulière et pas toujours sur les mêmes stations, l'axe des abscisses diffère selon le graphique.



Les métriques brutes d'indice de Shannon, de polluo-sensibilité ASPT, de polyvoltinisme et d'ovoviviparité (**Figure 3**) varient peu et en des proportions similaires sur les stations Ors amont et Ors aval. L'indice de Shannon est deux fois moins élevé en 2013 au niveau de Villiers-le-Bâcle par rapport aux autres stations. Les autres métriques varient et diffèrent peu de celles obtenues sur les station amont et aval du seuil d'Ors. Seule l'augmentation de la polluo-sensibilité ASPT entre 2013 et 2022 semble plus marquée sur la station de Villiers-le-Bâcle que sur les deux autres stations.

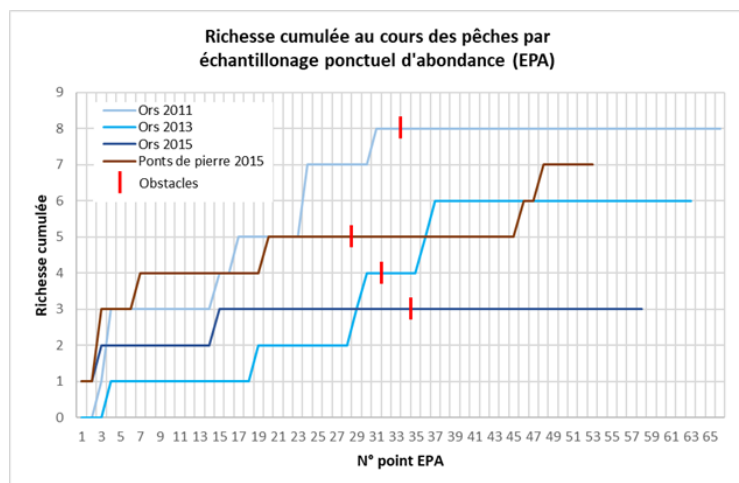
### 3.3 - Graphiques radars

**Tableau 4** : graphiques radars des probabilités de pressions hydromorphologiques et physicochimiques pesant sur la station Villiers-le-Bâcle en 2013, 2016 et 2022.



Les graphiques radars (**Tableau 4**) présentent les probabilités d'impact par diverses pressions anthropiques hydromorphologiques et physico-chimiques, estimées à partir des caractéristiques biologiques des communautés propres à une station, une année donnée. Pour les pressions hydromorphologiques, les probabilités varient peu d'année en année, hormis pour la pression liée aux voies de communication, moins probable en 2022. Les plus prégnantes sont celles liées à l'anthropisation du bassin versant (0,73 à 0,91) et à l'urbanisation (0,63 à 0,73). Les probabilités de pressions physico-chimiques sont plus variables d'une année sur l'autre, exceptionnellement faibles en 2022 (sauf pour les nitrates) et maximales pour les hydrocarbures aromatiques polycycliques HAP (0,65 à 0,81) et les pesticides (0,46 à 0,74). L'année 2013 est marquée par une probabilité de pression particulièrement faible pour les matières organiques. Les probabilités sur les stations Ors amont et Ors aval en 2011, 2013 et 2016 sont légèrement supérieures à celles de Villiers-le-Bâcle en 2016 pour les pressions physico-chimiques, et similaires à celles de Villiers-le-Bâcle pour les pressions hydromorphologiques (**Annexe 3**).

### 3.4 - Pêche par EPA



**Figure 4** : richesse spécifique cumulée au cours des différentes pêches par EPA

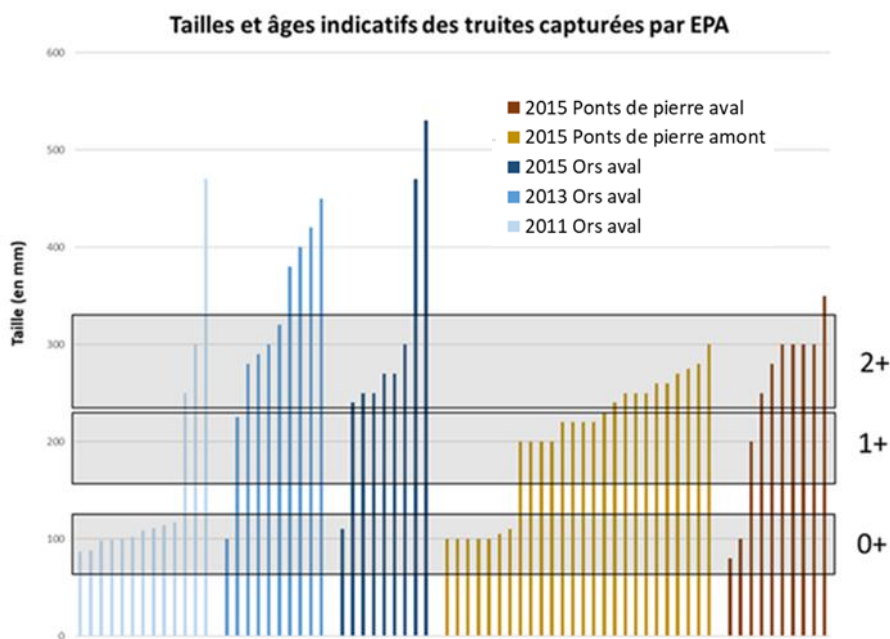
La **Figure 4** présente la richesse cumulée au cours des pêches par EPA sur des portions d'environ 1,2km partant du premier point situé 600m à l'aval de l'obstacle et allant jusqu'au dernier point situé 600m en amont de l'obstacle. La richesse cumulée totale varie entre 3 et 8 selon les années et les stations. Les trois courbes bleues (seuil d'Ors) ont une allure asymptotique, la richesse cumulée maximale étant atteinte entre le 15<sup>ème</sup> et le 37<sup>ème</sup> point

EPA. Au niveau des ponts de pierre en 2015, de nouvelles espèces sont recensées jusqu'au 48<sup>ème</sup> point sur 53 (carpe commune et gardon). Aucune espèce supplémentaire n'a été trouvée à l'amont du seuil d'Ors en 2011 et 2015, par rapport à l'aval.

**Tableau 5** : abondances relatives des espèces de poisson capturées au cours des pêches par EPA

	Ponts de pierre		Seuil d'Ors					
	aval	amont	aval			amont		
	2015	2015	2011	2013	2015	2011	2013	2015
TRF	10	24	13	10	9			
LOF	11	8	42	3	20	20	9	9
GAR		2	1					
PER							1	
PES	2	1	3	1				
EPT	5	1	13		6	10	1	17
EPI			13	1		7	22	
ANG			1					
CCO		2						
GOU	1		1					
Richesse spé	5	6	8	4	3	3	4	2

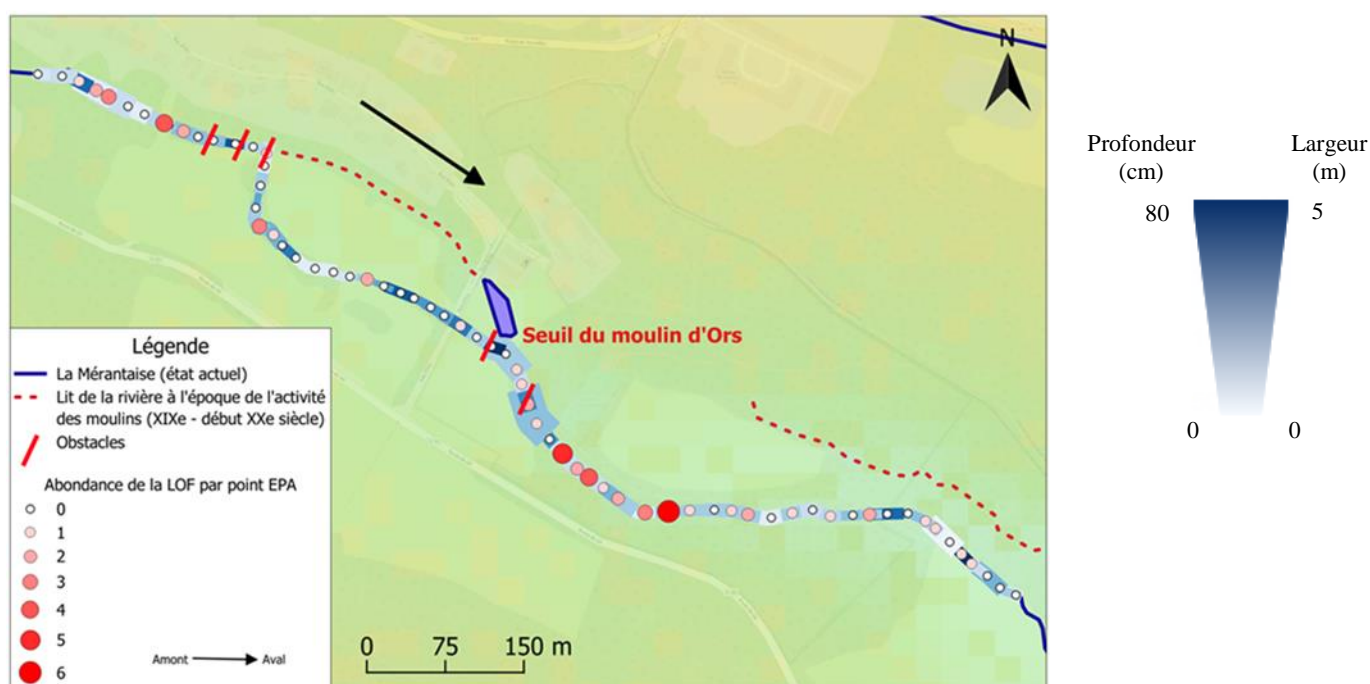
Dans la suite du rapport, les différentes espèces de poisson sont désignées par les codes aspe issus de eaufrance ([Eaufrance | Le service public d'information sur l'eau](#)), donnés en **Annexe 4**. L'ensemble des poissons relevés lors des pêches par EPA est présenté par le **Tableau 5**, avec l'absence notable de truite fario et de perche soleil en amont du seuil d'Ors, qui constitue alors une limite de répartition amont. La richesse spécifique demeure supérieure en moyenne à l'aval du seuil d'Ors par rapport à l'amont, et connaît une importante variabilité du fait de la présence exceptionnelle de certaines espèces (perche commune, anguille, goujon, gardon et carpe commune). D'autres espèces plus pérennes semblent être installées durablement (la loche franche, la truite fario en aval du seuil d'Ors et l'épinochette en amont). Une cartographie de la richesse spécifique par point EPA pour l'année 2015 est donnée en **Annexe 5**.



**Figure 5** : tailles et âges indicatifs des truites fario capturées par pêche EPA en 2011-13-15

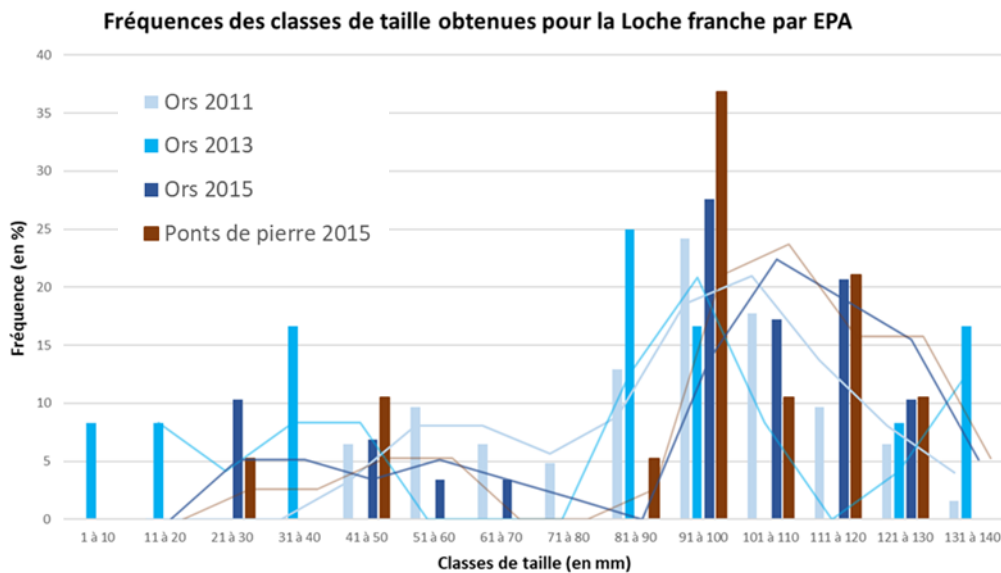
Le nombre de truites fario capturées étant limité, et les campagnes de pêche se faisant à un intervalle de deux ans, il est difficile de mettre en place un réel suivi des cohortes. Néanmoins, la **Figure 5** donne accès à la taille des individus capturés, ainsi qu'à leur âge indicatif au moment de la capture. Une relation taille/âge a en effet été établie sur les truites de la Mérantaise

par lecture d'écailles prélevées en 2012 (**Le Pichon et al., 2019**) (**Annexe 6**). Soulignons la variabilité interannuelle de la distribution des individus 0+ après recrutement : 10 truites de cet âge en 2011 à l'aval du seuil d'Ors, contre une seule deux ans plus tard, avec 7 truites se trouvant en amont des ponts de pierre en 2015. Le record de taille est détenu pour une truite de 53cm capturée en 2015 en aval du seuil d'Ors, un poisson dont l'âge indicatif est supérieur à 4 ans.



**Figure 6** : abondance de la loche franche (LOF) par point EPA en amont et en aval du seuil d'Ors lors des captures du 31 août 2011. Cartographié sous QGIS 3.30.1.

La loche franche est l'espèce la plus représentée dans les captures par EPA en 2011, avec 42 individus en aval du seuil d'Ors et 20 en amont (**Tableau 5**). L'abondance de la loche franche sur chacun des 66 points de pêche est mise en relation par la **Figure 6** avec la profondeur (couleur du tracé) et la largeur du cours d'eau (largeur du tracé). La largeur du cours d'eau sur la portion considérée varie d'1m10 à 5m80, et sa profondeur de 5 à 80cm. Les abondances maximales sont obtenues environ 150m en aval du seuil, tandis que l'amont du seuil est moins peuplé sur les 350 premiers mètres.



**Figure 7** : analyse des fréquences de tailles (ou cohortes) des loches franches capturées par EPA

Une représentation des fréquences des différentes classes de taille de loche franche dans les pêches par EPA est donnée par la **Figure 7**, selon les années et les stations. Il est possible d'identifier des cohortes distinctes de loches franches, avec des classes de taille représentant une certaine part de la population à un instant donné, et suivant des distributions multimodales. Au niveau des ponts de pierre par exemple, la population de la loche franche en 2015 est scindée en deux, avec 15,8% d'individus mesurant entre 21 et 50mm, et 84,2% d'individus mesurant entre 81 et 130mm.

### 3.5 - Pêche complète par épuisement et indices IPR

**Tableau 6** : effectifs estimés des poissons capturés par pêche complète en 2021 (Carle & Strub).

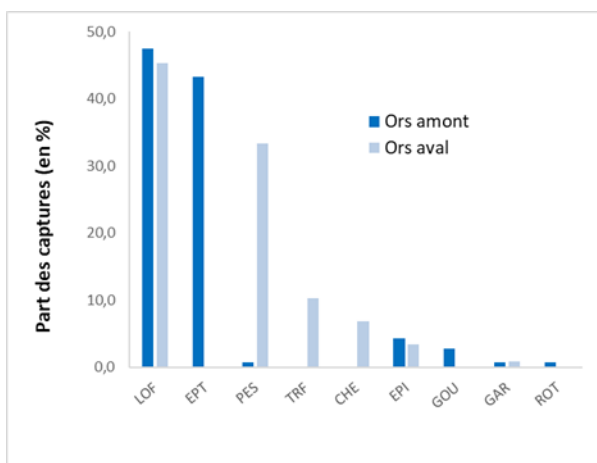
7 espèces	Effectif pêché	P1	P2	Effectif estimé	Effectif estimé pour 100m2
LOF	67	41	26	98 ± 41	71 ± 30
EPT	61	26	35	237 ± 270	172 ± 196
EPI	6	3	3	7 ± 3	5 ± 2
GOU	4	3	1	4 ± 0,0	3 ± 0,0
GAR	1	1		1	1
PES	1	1		1	1
ROT	1	1		1	1
<b>Totaux</b>	<b>141</b>	<b>76</b>	<b>65</b>		

**Station Ors amont**

6 espèces	Effectif pêché	P1	P2	P3	Effectif estimé	Effectif estimé pour 100m2
LOF	53	21	17	15	91 ± 52	34 ± 19
PES	39	21	10	8	46 ± 11	17 ± 4
TRF	12	6	5	1	12 ± 0,0	4 ± 0,0
CHE	8	6	2		8 ± 0,0	3 ± 0,0
EPI	4	2	1	1	4 ± 0,0	2 ± 0,0
GAR	1	1			1	0,4
<b>Totaux</b>	<b>117</b>	<b>57</b>	<b>35</b>	<b>25</b>		<b>Station Ors aval</b>

Les résultats des pêches complètes par épuisement sur les stations Ors amont et Ors aval en 2021 sont reportés dans le

**Tableau 6**, ainsi que les effectifs et densités estimés par la méthode de Carle & Strub avec intervalles de confiance à 95%. Les effectifs sont ramenés à une densité pour 100m<sup>2</sup> car l'aire de la station aval est de 270m<sup>2</sup> tandis que celle de la station amont est de 137,7m<sup>2</sup>. Les intervalles de confiance sont d'autant plus grands que le nombre de poissons pêchés à chaque passage est élevé, et spécialement lorsque le nombre de poissons capturés lors d'un passage est supérieur à celui du passage précédent. Ainsi, la loche franche arrive toujours en tête de classement avec des densités estimées de 34±19 individus pour 100m<sup>2</sup> en aval et 71±30 en amont du seuil d'Ors. Les perches soleil sont nombreuses en aval du seuil avec une densité de 17±4 individus pour 100m<sup>2</sup>, et les épinochettes largement et exclusivement présentes en amont du seuil, avec une densité difficilement estimable. Le seuil reste un obstacle marquant la limite de répartition amont de la truite fario, et potentiellement du chevine.



La **Figure 8** permet de visualiser aisément les abondances absolues (exprimées en %) de chaque espèce dans les captures par pêche complète de part et d'autre du seuil d'Ors.

**Figure 8** : abondances absolues (pourcentages) des différentes espèces dans les captures par pêche complète de part et d'autre du seuil d'Ors en 2021

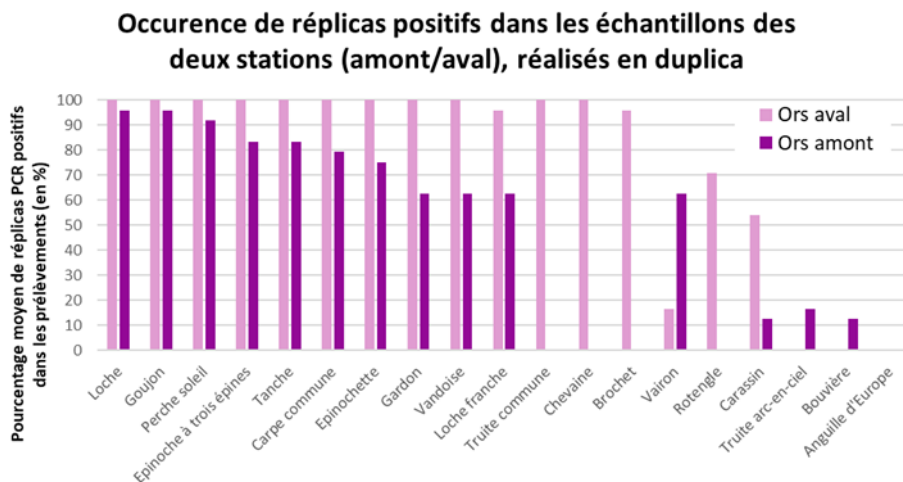
**Tableau 7** : calcul des IPR et métriques associées pour les stations de pêche complète du 28 septembre 2021

	2021					
	Ors aval			Ors amont		
	Théorique	Observé	Score	Théorique	Observé	Score
Nombre d'espèces rhéophiles (NER)	1,614	1	<b>2,828</b>	1,615	0	<b>6,891</b>
Nombre d'espèces lithophiles (NEL)	2,326	1	<b>4,251</b>	2,336	0	<b>7,981</b>
Nombre total d'espèces (NTE)	6,294	6	<b>0,197</b>	6,124	7	<b>0,650</b>
Densité d'individus tolérants (DIT)	0,122	0,248	<b>2,185</b>	0,120	0,545	<b>3,399</b>
Densité d'individus omnivores (DIO)	0,037	0,052	<b>1,781</b>	0,035	0,508	<b>6,466</b>
Densité d'individus insectivores (DII)	0,101	0,193	<b>0,644</b>	0,103	0,044	<b>3,101</b>
Densité totale d'individus (DTI)	0,328	0,437	<b>0,519</b>	0,329	1,031	<b>2,787</b>
<b>IPR</b>			<b>12,404</b>			<b>31,275</b>

<5	Très bon
]5;16]	Bon
]16;25]	Moyen
]25;36]	Médiocre
>36	Mauvais

D'après le calcul des IPR (**Tableau 7**), la qualité du cours d'eau serait meilleure en aval du seuil d'Ors ( $5 < IPR \leq 16$  : bon état) qu'en amont ( $25 < IPR \leq 36$  : état médiocre). Nous sommes en mesure d'évaluer les caractéristiques du peuplement responsables de l'augmentation de la note IPR. Chaque score résulte d'un calcul basé sur l'écart de la valeur observée avec la valeur théorique d'une métrique donnée. Nous comprenons alors que le défaut (valeur en rouge) d'espèces rhéophiles et lithophile en amont du seuil d'Ors est en grande partie responsable de l'état « médiocre » diagnostiqué pour cette station. En aval, la présence de la truite fario (**Tableau 6**) comme espèce rhéophile et lithophile réduit considérablement la note IPR. D'autre part, le peuplement amont est caractérisé par un important excès (valeur en vert) de densité d'individus omnivores, dû au 43% d'épinochette (**Figure 8**). Un tableau synthétisant la participation des espèces aux différentes métriques est disponible en **Annexe 7**.

### 3.6 - ADNe



**Figure 9** : occurrences des répliques positifs des différentes espèces de poisson dans les échantillons d'eau des stations Ors amont et Ors aval (réalisés en duplica).

Pour chaque prélèvement d'ADNe, un certain nombre des 12 répliques PCR sont positifs lorsque des séquences ADN de l'espèce considérée sont échantillonnées. Ainsi, plus le pourcentage moyen de répliques PCR positifs présenté par la **Figure 9** est élevé pour une

espèce donnée, plus l'imprégnation de l'environnement par des séquence ADN de cette espèce est importante, et donc plus l'abondance de cette espèce est supposée élevée. Les espèces sont ici classées proportionnellement à un pourcentage décroissant de répliques positifs, et si certains résultats viennent confirmer ceux obtenus par la pêche électrique (truite fario et chevaine uniquement en aval, loche, perche soleil et épinoche abondantes de part et d'autre), nous découvrons la présence d'autres espèces (brochet et rotengle en aval, tanche, carpe, vandoise, carassin et vairon de part et d'autre). Enfin, d'autres espèces déjà présentes dans les captures par pêche électrique, comme le goujon, semblent avoir été sous-échantillonnées au vu des résultats de l'ADNe. Les données brutes issues des analyses par le laboratoire Spygen sont disponibles en **Annexe 8**.

## 4 - Discussion

### 4.1 - Cohérence et complémentarité des différents indicateurs : retour sur SSM

Les résultats présentés dans le présent rapport sont le fruit d'un SSM débuté en 2011, intégrant sur plusieurs stations réparties d'amont en aval divers prélèvements biologiques et mesures hydromorphologiques ou hydrauliques. Durant les onze ans avant travaux de restauration, une connaissance approfondie des paramètres environnementaux et des communautés de poissons et d'invertébrés a pu être acquise. Ces deux taxons souvent suivis lors des opérations de restauration répondent différemment aux interventions sur les habitats physiques (Kail et al, 2015). D'autres indices existent, comme l'Indice Biologique Macrophyte Rivière ou l'Indice Biologique Diatomées. La multiplication des indicateurs utilisés, qu'ils entrent dans le cadre de la DCE (I2M2, IPR) ou soient plus spécifiques (pêche par EPA, ADNe), permet de vérifier la cohérence des résultats. L'absence de truite fario en amont du seuil d'Ors est observée quelle que soit la méthode employée (pêche complète ou par EPA, ADNe) ou l'année de suivi (Tableau 5, Figures 7 & 8). La rupture de la continuité écologique au niveau du seuil se ressent grandement sur le calcul de l'indice IPR, augmenté en amont du fait de l'absence de cette unique espèce rhéophile, lithophile et insectivore (Tableau 7 & Annexe 7). L'allure asymptotique des courbes de la Figure 4 indique que la méthode de l'EPA est efficace pour capter la richesse des peuplements de poissons. Pour la perche soleil (*Lepomis gibbosus*), l'absence de perche soleil en aval totale de cette espèce en 2015 en aval du seuil d'Ors (Tableau 5) interpelle. Des pêches de sauvetage réalisées en 2022 avant les travaux ont révélé une présence abondante de ces perches soleil dans la retenue d'eau communiquant avec la rivière quelques mètres en aval du seuil (Figure 1). Cela explique que certains individus se retrouvent dans les prélèvements en quantité variable selon les conditions environnementales propres à chaque année. La station de prélèvement d'ADNe aval étant également sous la retenue d'eau, une dérive de séquences ADN au gré des courants peut expliquer la présence et/ou la sur-estimation de certaines espèces parfois jamais rencontrées dans les captures par pêche électrique et sûrement présentes dans la retenue (Figure 9).

### 4.2 – La niche écologique : une explication à la distribution spatiale des communautés

Un raisonnement sur la notion de niche ou d'optimum écologique nous permet d'expliquer la distribution des espèces. La niche écologique, telle que définie par Hutchinson en 1957, est un espace de variables environnementales biotiques et abiotiques à n dimensions, limitant le domaine de viabilité d'une espèce (Pocheville, 2010). Chez les poissons, certaines espèces comme la truite fario (*Salmo trutta fario*), le vairon (*Phoxinus phoxinus*) ou la loche franche (*Barbatula barbatula*) sont inféodées à des petits cours d'eau sableux, voire rocheux, avec un débit soutenu, une eau froide et bien oxygénée (Arevalo, 2017). Leurs exigences écologiques et leurs cycles de vie impliquant parfois une grande mobilité, ces espèces sont indicatrices de la bonne santé d'un cours d'eau et renseigne

l'état de la connectivité. **Le Pichon et al. (2019)** ont montré des déplacements plus importants au moment de la reproduction (20 septembre 2012 au 23 février 2013) chez 8 truites sur 12 suivies par télémétrie, ainsi que de potentielles zones de frayères en amont du seuil. Ainsi, l'effacement du seuil d'Ors pourrait considérablement diminuer l'IPR à l'amont par la simple colonisation des truites (ajout d'une espèce rhéophiles, lithophiles et insectivores), mais également améliorer l'IPR en aval par recul d'espèces tolérantes et omnivores telles que le chevaine (*Squalius cephalus*) et le gardon (*Rutilus rutilus*) (**Tableau 7 & Annexe 7**). Si le seuil du moulin d'Ors constitue un obstacle d'1,30m infranchissable pour la plupart des espèces considérées (**Figure 1**), c'est aussi une rupture du profil en long de la Mérantaise, avec une zone de retenue sur les 150m amont et une zone de surcreusement d'1,23m sur les 250m aval, créant des habitats très contrastés sur une échelle spatiale restreinte. L'amont du seuil est marqué par une absence de mouille, une sous-représentation des plats lenticules, et une sur-représentation des plats courants. Les 100 premiers mètres de part et d'autre du seuil sont plus diversifiés en termes de faciès (**Le Pichon et al., 2019**). Nous observons en 2011 une concentration des loches franches (*Barbatula barbatula*) directement à l'aval de l'obstacle (**Figure 6**), et comprenons aisément que le rehaussement du lit de la rivière modifiera les faciès (disparition des mouilles), et donc la présence et la distribution des espèces initialement présentes.

#### **4.3 - Qualité des eaux diagnostiquée par l'indice I2M2 et phénomènes de crue**

L'indice I2M2 rend plutôt compte de la qualité du cours d'eau à un endroit donné, et est moins affecté par la présence éventuelle d'obstacles en amont ou en aval. En effet, les communautés de macroinvertébrés sont moins mobiles que les communautés piscicoles, et leur composition dépend davantage des paramètres environnementaux rencontrés localement (température, profondeur, pH, nature du substrat, vitesse du courant...). Cela explique les résultats du **Tableau 2**, de la **Figure 3** et des graphiques radars en **Tableau 4** et **Annexe 3** : les communautés d'invertébrés des stations Ors amont et aval, proches spatialement, diffèrent moins entre elles qu'avec celles des stations plus éloignées comme Villiers-le-Bâcle (**Figure 1**). La comparaison des métriques brutes entre l'amont et l'aval du seuil d'année en année suppose même une influence négligeable de l'obstacle pour les communautés d'invertébrés benthiques (**Figure 3**). Pour autant, l'étude de ces bioindicateurs révèle une qualité d'eau généralement médiocre (**Tableau 2**) et des probabilités de pressions anthropiques dominantes pour l'urbanisation, l'anthropisation du bassin versant, l'exposition aux pesticides et aux HAP (**Tableau 4**). La Mérantaise est donc typiquement un cours d'eau urbain pâtissant d'une altération de sa qualité par les activités humaines. Si les probabilités de pressions hydromorphologiques changent peu d'une année sur l'autre (**Tableau 4**), les travaux de restauration devraient apporter une plus grande variabilité dans les premières années qui les succèdent. Une plus grande variabilité des probabilités de pressions physico-chimiques s'explique par la variation des



conditions environnementales d'une année sur l'autre, avec de possibles périodes d'étiage ou de crue (**Annexe 1**). **Arevalo (2017)** s'intéresse aux effets de la crue sur les communautés d'invertébrés, affirmant que certaines espèces de macroinvertébrés sont des proies à la base de l'alimentation des alevins de truite, et que leur abondance conditionne la survie de ces derniers notamment au moment de l'ontogenèse. Une note historiquement basse est obtenue en 2016 pour la station Brouessy (**Tableau 2**). La station de Brouessy est située très en amont du cours d'eau (**Figure 1**), qui n'a à cet endroit qu'une largeur d'un mètre à peine (**De Milleville, 2017**). Le retard des prélèvements d'invertébrés d'environ trois mois cette année-là, du fait des conditions hydrologiques incompatibles avec le protocole, est une source de variabilité supplémentaire (**Tableau 1**). Après la crue de 2016, les notes s'équilibrent en 2022 (**Tableau 2**), du fait de la réponse rapide (de l'ordre de 3 ans) des communautés de macroinvertébrés face au bouleversements des paramètres environnementaux (**Leps et al., 2016**), et en dépit de l'année 2018 particulièrement pluvieuse (**Annexe 1**).

#### **4.4 - Variabilité temporelle des données avant travaux**

Les paramètres environnementaux sont amenés à varier au cours du temps alors même qu'ils conditionnent la répartition des espèces, les indicateurs utilisés pour le suivi de la restauration ne pourront donc être exploitables que s'ils sont appliqués systématiquement en des lieux donnés (stations), et à des dates comparables. Plus la série temporelle de données avant travaux sera longue, mieux la variabilité des conditions et des réponses des indicateurs pourra être appréhendée, en comparant le « range » des données avant travaux à celui après travaux. Un exemple de variabilité interannuelle est celui de la distribution des individus d'âge 0+ (**Figure 5**). Des inventaires de frayères menés de 2008 à 2014 (**Le Pichon et al., 2019**) ont montré que celles-ci se distribuaient entre l'aval des ponts de pierre et du seuil d'Ors, selon les années. Cela dit, la présence d'individus 0+ et 1+ chaque année de manière globale sur le secteur (**Figure 5**), est un bon indicateur du succès du recrutement. Les crues de certains printemps pourraient pourtant générer une absence de juvéniles par colmatage<sup>1</sup> des frayères ou dérive des larves vers l'aval. Nous retrouvons systématiquement des individus 2+, indiquant la présence de reproducteurs. Même en abondance faible, la structure de la population des truites fario est équilibrée car toute les classes d'âge sont observées sur la série temporelle. Sur une rivière pyrénéenne, **Delacoste et al. (1993)** ont trouvé des corrélations significatives entre la densité de frayères et la granulométrie, la pente, ainsi que les vitesses et le rapport débit/largeur. Or, les conditions météorologiques d'une année donnée précédant la période de reproduction peuvent faire varier la vitesse du courant, impliquée dans le creusement de la frayère (**Milner et al., 1981**) et son oxygénation (**Crisp, 1989**). Enfin, la construction de séries de données temporelles comme celle des pêches par EPA, peut permettre de distinguer chez certaines espèces comme la loche franche une dynamique de population interannuelle par cohortes (**Figure 7**). Le seuil

supérieur de taille reconnu pour les alevins de loche franche (âge 0+) sur la Seine amont est compris entre 45 et 51mm (**Le Pichon, 2006**). Nous observons comme pour la truite fario un bon recrutement, avec pour chaque année un premier pic correspondant aux juvéniles 0+ et un second pic (plus étendu) correspondant aux classes d'âge supérieures (**Figure 7**). Le premier pic décalé vers des tailles légèrement supérieures en 2011 pourrait indiquer un recrutement précoce.

## 5 - Conclusion

La Mérantaise est un cours d'eau périurbain dont la qualité et les communautés sont affectées par les activités anthropiques et les épisodes de crue intenses, notamment en amont. La présence de populations de truites fario et de loches franches, notables pour la région, justifie les travaux de restauration réalisés par le bureau d'étude Biotec en fin d'année 2022 et le suivi engagé plus de dix ans auparavant par l'unité Hycar de l'institut INRAe. Le seuil du moulin d'Ors est le principal obstacle altérant la continuité écologique et la limite de répartition amont de la truite fario. Notons que le suivi s'adapte également aux travaux qui sont réalisés : il s'agissait au départ d'un simple aménagement du seuil, puis il a été décidé de rehausser le lit de la rivière en aval afin de diminuer son encaissement et de rendre franchissable l'obstacle d'une hauteur initiale de 1,30m (**Figure 1**). Les travaux de reméandrage se sont aussi ajoutés avec le temps. Le suivi sera maintenu dans les prochaines années et étayé par de nouvelles données (exemple : suivi time-laps de la végétalisation des berges). La nature et la rapidité des réponses attendues varient selon les communautés en fonction des capacités de recolonisation et de la durée des cycles de vie des espèces. Des effets positifs (diminution de la température, rétablissement du courant, recolonisation par les espèces piscicoles, diversification du substrat, limitation du processus d'incision) et négatifs (érosion régressive en amont, colmatage en aval, abaissement du niveau de la nappe phréatique faisant dépérir la ripisylve) sont attendus suite à l'effacement du seuil, et suite aux travaux de reméandrage (modification des profils de berges, apport de structures d'habitats, plantation de ripisylves voire recharge sédimentaire, augmentation de l'hétérogénéité des habitats).

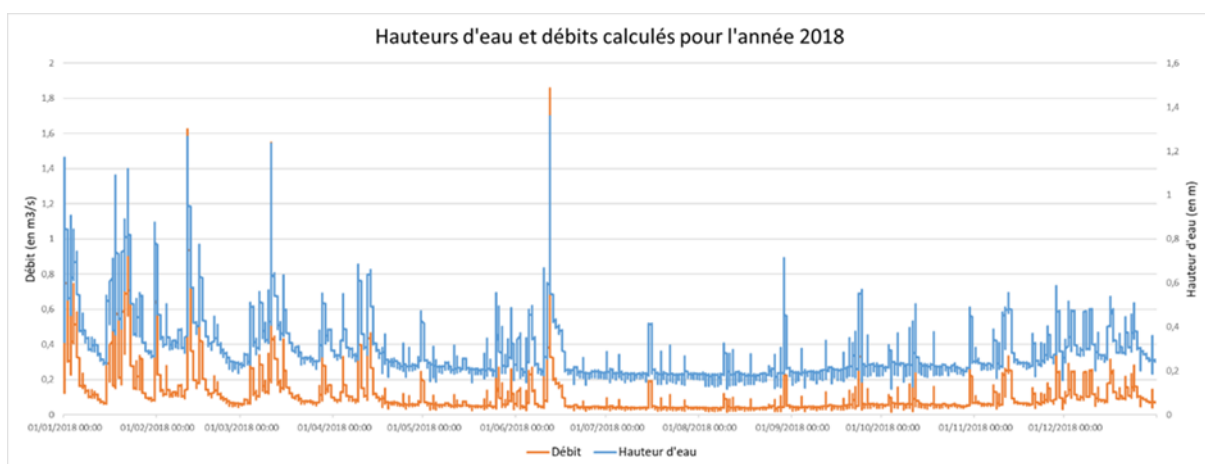
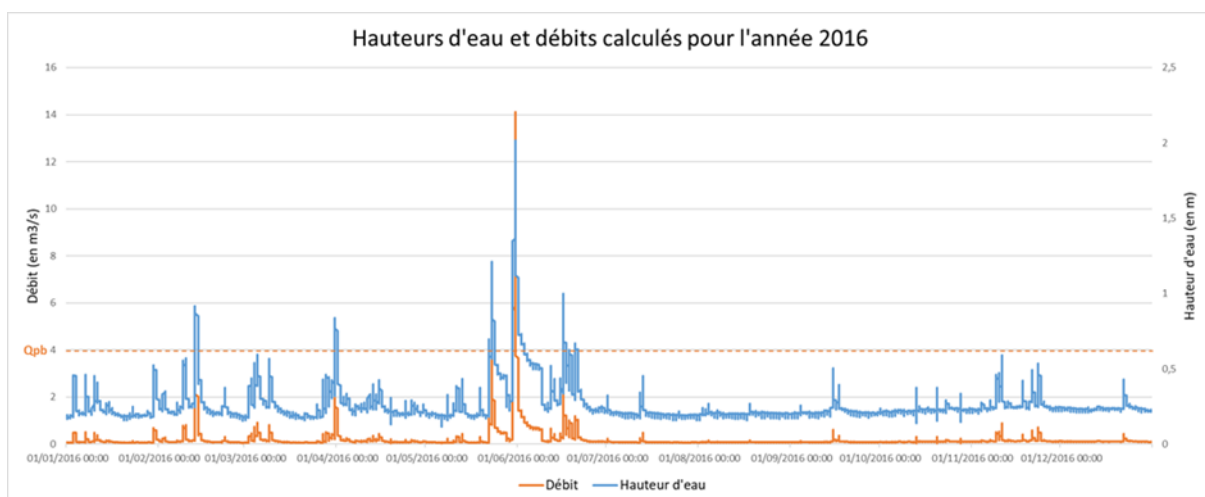
## Bibliographie

- Archambault, V., Dumont, B.** (2010). L'indice biologique global normalisé (IBGN), principes et évolution dans le cadre de la directive cadre européenne sur l'eau. *Sciences Eaux & Territoires*, **1**, 36-39.
- Arevalo, E.** (2017). Effets potentiels du changement climatique sur la survie et la croissance de la truite fario (*Salmo trutta* L.) : conséquences de la température et des crues hivernales sur les jeunes stades.
- Carle, F.L., Strub, M.R.** (1978). A New Method for Estimating Population Size from Removal Data. *International Biometric Society* Vol. **34**, No. **4**, 621-630.
- Crisp, D. T.** (1989). Some impacts of human activities on trout, *Salmo trutta*, populations. *Freshwater Biology* **21**, 21-33.
- Delacoste, M., Baran, P., Dauba, F. and Belaud, A.** (1993). Etude du macrohabitat de reproduction de la

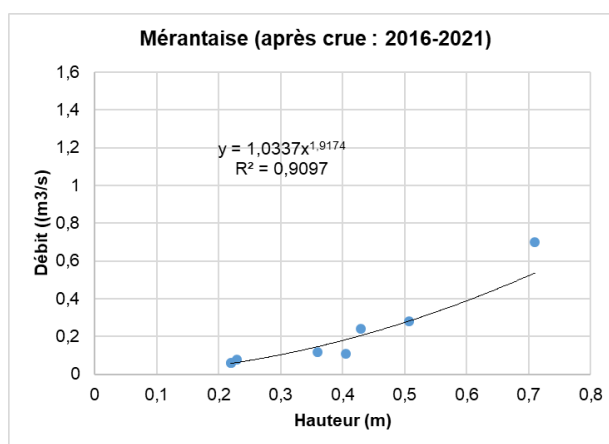
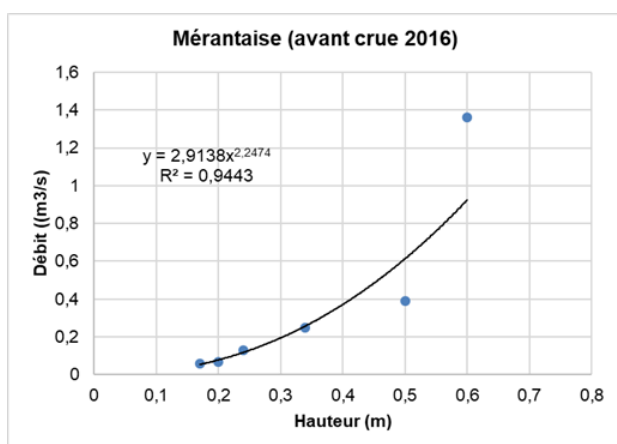
truite commune (*Salmo trutta L.*) dans une rivière pyrénéenne, la Neste du Louron. Evaluation d'un potentiel de l'habitat physique de reproduction. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 341–356.

- Gerbaux, D.** (1987) Revue des méthodes d'estimation de l'effectif d'une population par pêches successives avec retrait, programme d'estimation d'effectif par la méthode de Carle et Strub. *INRA - Station d'Hydrobiologie Lacustre.* **304**, 13-21.
- Kail, J., Guse, B., Radinger, J., Schröder, M., Kiesel, J., Kleinhans, M., Schuurman, F., Fohrer, N., Hering, D. and Wolter, C.** (2015). A Modelling Framework to Assess the Effect of Pressures on River Abiotic Habitat Conditions and Biota. *PLOS ONE* **10**, e0130228.
- Kibler, K.M., Tullios, D.D., Kondolf, G.M.** (2010). Learning from dam removal monitoring : challenges to selecting experimental design and establishing significance of outcomes. *River Research and Applications* **27**, 967–975.
- Le Pichon, C.** (2006). Une approche « paysage aquatique » pour une meilleure connaissance du fonctionnement des écosystèmes fluviaux et l'amélioration de la conservation des peuplements de poissons. *Thèse de doctorat de l'Université Paris VI.*
- Le Pichon, C., Mathieu, A., Tales, E., Zahm, A., Jugie, M., Slawson, D., Albert, M.B., Roy, M., Hette, N., Girondin, M.** (2019). Suivi de l'efficacité de restauration de la continuité écologique, Cas des rivières du Parc Naturel Régional de la Haute Vallée de Chevreuse - Rapport final avant travaux. *Thème Préservation, restauration et réhabilitation des milieux aquatiques - Action n° 89*
- Le Pichon, C., Tales, E., Belliard, J., Torgersen, C.E.** (2017). Spatially intensive sampling by electrofishing for assessing longitudinal discontinuities in fish distribution in a headwater stream. *Fisheries Research* **185**, p. 90-101.
- Leps, M., Sundermann, A., Tonkin, J. D., Lorenz, A. W. and Haase, P.** (2016). Time is no healer: increasing restoration age does not lead to improved benthic invertebrate communities in restored river reaches. *Science of The Total Environment* **557–558**, 722–732.
- Milner, N. J., Scullion, J., Carling, P. A. and Crisp, D. T.** (1981). Effects of discharge on sediment dynamics and consequent effects on invertebrates and salmonids in upland rivers. *Advances in applied biology.*
- Mondy, C., Villeneuve, B., Archambault, V. and Usseglio-Polatera, P.** (2021). Une nouvelle génération d'indicateurs : l'exemple de l'indice invertébrés multimétrique I2M2. *Sciences Eaux & Territoires* 30–37.
- Oberdorff, T., Pont, D., Hugueny, B., Porcher, J.P.** (2002). Development and validation of a fish-based index for the assessment of 'river health' in France. *Freshwater Biology.*
- Pocheville, A.** (2010). La niche écologique : concepts, modèles, applications. *ENS Paris.*
- Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M., Usseglio-Polatera, P.** (2010). Invertébrés d'eau douce, systématique, biologie, écologie. *CNRS Editions.*
- Tales, E.** (2017). Cadre d'analyse et d'interprétation du suivi scientifique minimal mis en œuvre pour évaluer l'efficacité des opérations de restauration de cours d'eau. *Irstea HBAN-HEF, Rapport d'activité 2016.*
- Tallic, G., Tales, E., Flinck, A., Zham, A., Belliard, J., Le Pichon, C.** (2018). Variations temporelles de l'ADN environnemental pour l'évaluation des espèces piscicoles sur le bassin versant de l'Orgeval. *PIREN-Seine phase VII.*
- Tomanova, S., Tedesco, P.A., Roset, N., Thomas, R.B.D., Belliard, J.** (2013). Systematic point sampling of fish communities in medium- and large-sized rivers: sampling procedure and effort. *Fish. Manage. Ecol.* **20**, 533–543.
- UICN Comité français, MNHN, SFI & AFB** (2019). La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Poissons d'eau douce de France métropolitaine. *Paris, France.*
- Usseglio-Polatera, P., Wasson, J.G., Archambault, V.** (2009). Protocole expérimental d'échantillonnage des « macro-invertébrés » en cours d'eau profond. *Appui scientifique à la Mise en œuvre de la DCE.*
- De Milleville, L.** (2017). Relation entre altération hydrogéomorphologique et qualité biologique de cours d'eau en Île-de-France. UPEC, *Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Master 1 de Géographie.*

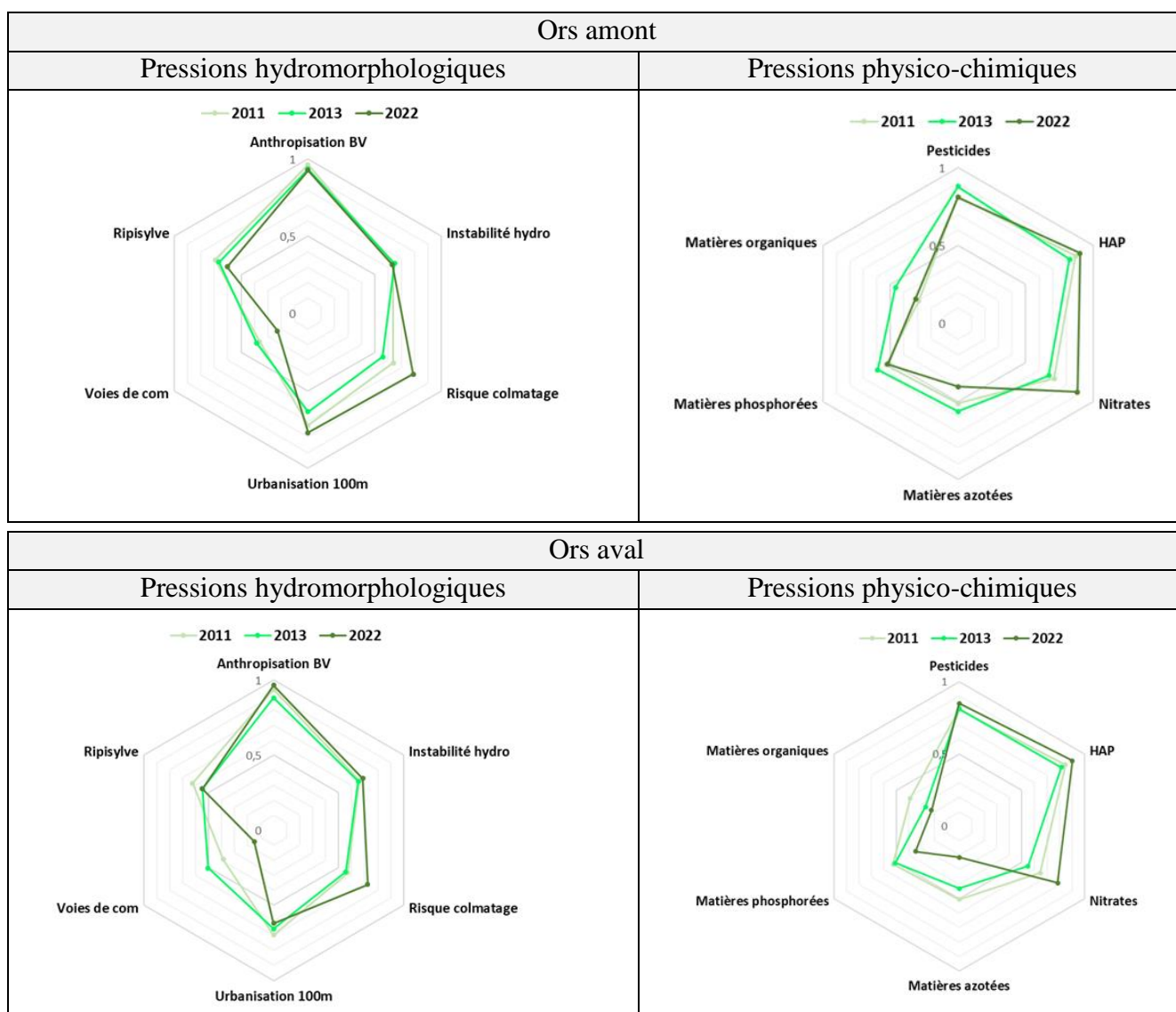
## Annexes



**Annexe 1** : hauteurs d'eau et débits calculés à partir des courbes de tarage pour l'année 2016 et 2018. Les valeurs de débit dépassant le débit plein bord morphologique  $Q_{pb} = 4\text{ m}^3/\text{s}$  (Le Pichon et al., 2019) en 2016 sont théoriques et soumises à une plus grande incertitude.



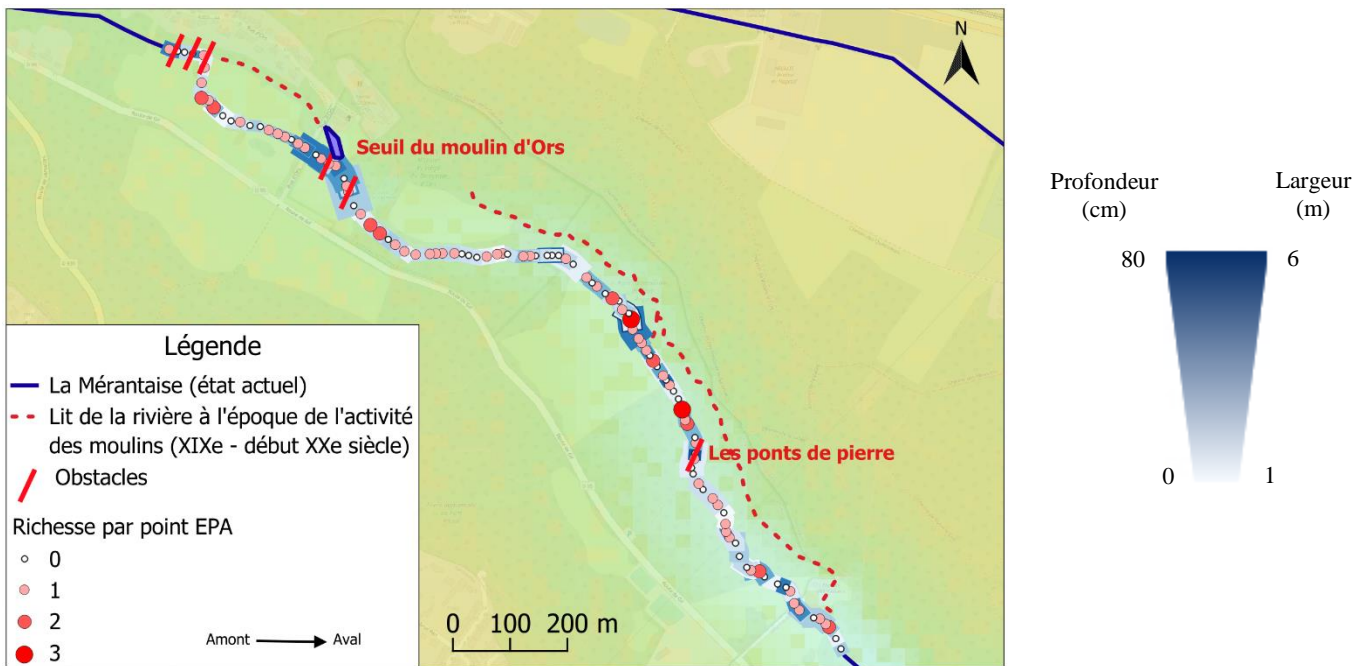
**Annexe 2** : courbes de tarage établies avant et après la crue liée aux inondations européennes de mai-juin 2016, issues de Le Pichon et al. (2019).



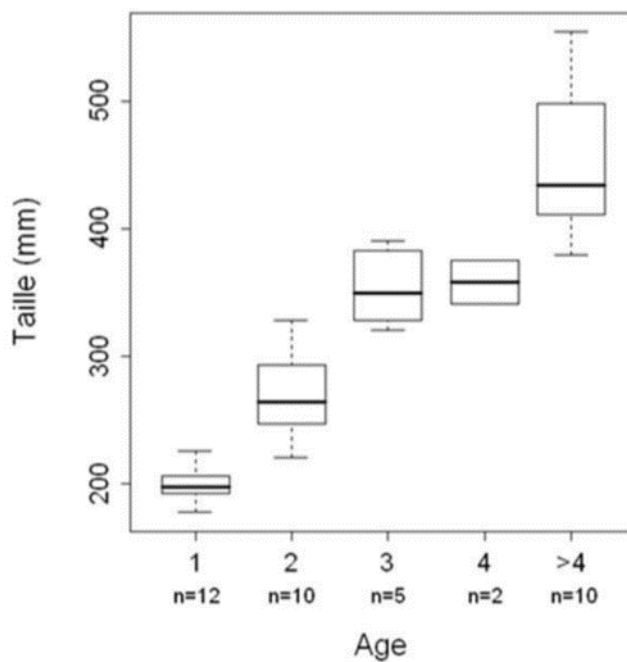
**Annexe 3 :** graphiques radars des probabilités de pressions hydromorphologiques et physicochimiques pesant sur les stations Ors amont et Ors aval en 2011, 2013 et 2022.

Code aspe	Code sandre	Nom commun	Nom scientifique
ANG	2038	Anguille d'Europe	<i>Anguilla anguilla</i>
CCO	2110	Carpe commune	<i>Cyprinus carpio</i>
CHE	31041	Chevaine	<i>Squalius cephalus</i>
EPI	34001	Épinoche	<i>Gasterosteus aculeatus</i>
EPT	2167	Épinochette	<i>Pungitius pungitius</i>
GAR	2133	Gardon	<i>Rutilus rutilus</i>
GOU	2113	Goujon	<i>Gobio gobio</i>
LOF	2071	Loche franche	<i>Barbatula barbatula</i>
PER	2193	Perche commune	<i>Perca fluviatilis</i>
PES	2050	Perche soleil	<i>Lepomis gibbosus</i>
ROT	2135	Rotengle	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>
TRF	2221	Truite fario	<i>Salmo trutta fario</i>

**Annexe 4 :** codes aspe et codes sandre des différentes espèces de poissons capturées par pêche électrique entre 2011 et 2021 ([Eaufrance | Le service public d'information sur l'eau](#)).



**Annexe 5** : richesse spécifique par point EPA de l'aval des ponts de pierre à l'amont du seuil d'Ors lors des captures du 8 et 9 septembre 2015. Cartographié sous QGIS 3.30.1.



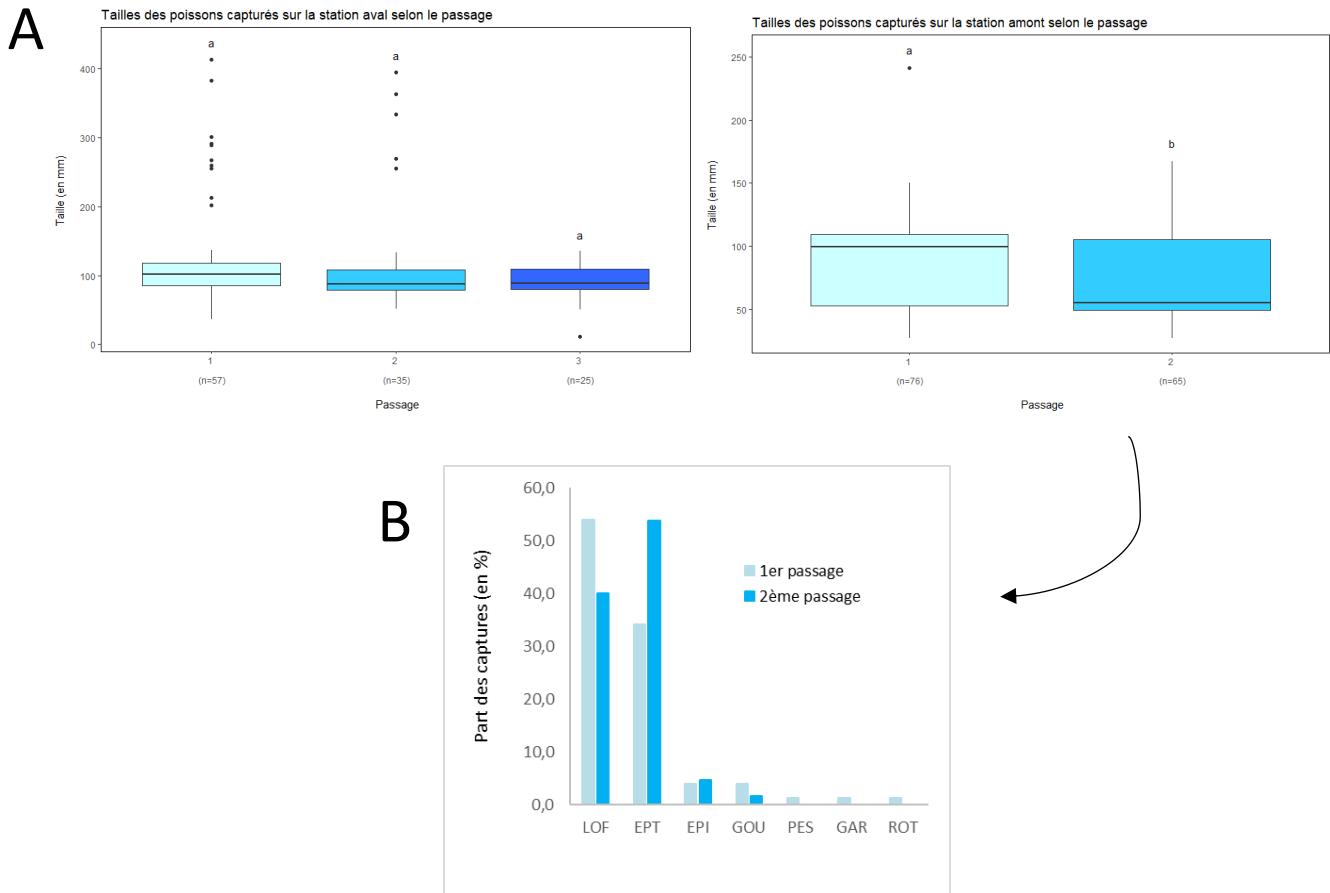
**Annexe 6** : relation taille/âge des truites fario obtenue par lecture des stries de croissance des écailles des individus capturés, issus de **Le Pichon et al. (2019)**.

	EPI	EPT	CHE	GAR	GOU	LOF	PES	ROT	TRF
Nombre d'espèces rhéophiles (NER)	N	N	N	N	R	N	N	N	O
Nombre d'espèces lithophiles (NEL)	N	N	N	N	R	N	N	N	O
Nombre total d'espèces (NTE)	O	O	O	O	R	O	O	O	O
Densité d'individus tolérants (DIT)	O	N	O	O	N	O	N	N	N
Densité d'individus omnivores (DIO)	O	O	O	O	N	N	N	O	N
Densité d'individus insectivores (DII)	N	N	N	N	O	N	O	N	O
Densité totale d'individus (DTI)	O	O	O	O	O	O	O	O	O

**Annexe 7** : contributivités des différentes espèces de poissons pêchées en 2021 aux paramètres utiles au calcul de l'IPR, issues du système d'évaluation de l'état des eaux SEEE ([Accueil](#) | [SEEE](#) ([eaufrance.fr](http://eaufrance.fr))). O = « oui » ; N = « non » ; R = « uniquement lors de la reproduction »

Nom scientifique	Base de référence	Mérantaise à Ors Mer AM		Mérantaise à Ors Mer AM		Mérantaise à Ors Mer AV		Mérantaise à Ors Mer AV	
		SPY222726		SPY222727		SPY222724		SPY222725	
		Nombre de réplcats positifs (/12)	Nombre de séquences ADN	Nombre de réplcats positifs (/12)	Nombre de séquences ADN	Nombre de réplcats positifs (/12)	Nombre de séquences ADN	Nombre de réplcats positifs (/12)	Nombre de séquences ADN
<i>Anguilla anguilla</i>	SPYGEN				*		*		
<i>Barbatula barbatula</i>	SPYGEN	9	24 816	6	33 640	12	52 136	11	40 375
<i>Barbatula sp.</i>	SPYGEN	11	44 079	12	99 821	12	79 643	12	71 695
<i>Carassius sp.</i>	SPYGEN	1	14	2	40	5	157	8	213
<i>Cyprinidae - Complexe 3</i>	SPYGEN					8	446	9	599
<i>Cyprinidae - Complexe 4</i>	SPYGEN					9	541	7	305
<i>Cyprinus carpio</i>	SPYGEN	7	813	12	1 836	12	3 747	12	3 619
<i>Esox lucius</i>	SPYGEN					12	689	11	623
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	SPYGEN	8	9 331	12	14 072	12	2 383	12	2 603
<i>Gobio sp.</i>	SPYGEN	11	16 464	12	42 817	12	44 068	12	47 466
<i>Lepomis gibbosus</i>	SPYGEN	10	5 716	12	9 260	12	41 765	12	42 212
<i>Leuciscus sp.</i>	SPYGEN	3	348	12	1 335	12	1 218	12	927
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	SPYGEN	2	72	2	31		*		*
<i>Phoxinus sp.</i>	SPYGEN	3	628	12	1 154	2	38	2	69
<i>Pungitius pungitius</i>	SPYGEN	6	2 032	12	2 989	12	1 040	12	1 252
<i>Rhodeus amarus</i>	SPYGEN	1	26	2	39				
<i>Rutilus rutilus</i>	SPYGEN	3	388	12	637	12	1 040	12	1 635
<i>Salmo trutta</i>	SPYGEN					12	56 112	12	60 454
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	SPYGEN					8	361	9	303
<i>Squalius cephalus</i>	SPYGEN					12	54 764	12	38 069
<i>Tinca tinca</i>	SPYGEN	8	2 282	12	9 123	12	1 391	12	1 536

**Annexe 8** : données brutes issues des analyses du laboratoire Spygen sur les prélèvements du 18 juillet 2022.



**Annexe 9** : A – tailles des poissons capturés par pêche complète le 28 septembre 2021 selon le passage, sur la station Ors aval (gauche) et Ors amont (droite). B – Parts des différentes espèces dans les captures de la station amont selon le passage.



## Résumé

En réponse à la fragmentation des habitats par les usages et aménagements des cours d'eau depuis l'ère industrielle, la directive cadre sur l'eau (DCE) a été adoptée le 23 octobre 2000 pour viser le retour d'un bon état des masses d'eau à l'échelle de l'Europe. Sur la Mérantaise, cours d'eau péri-urbain d'Île de France, des travaux de restauration de la continuité écologique ont été prévus afin d'effacer le seuil du moulin d'Ors, haut d'1,30m et identifié comme la limite de répartition amont d'une espèce d'intérêt : la truite fario (*Salmo trutta fario*). L'enjeu est d'acquérir une image fidèle de l'état de la rivière et des communautés associées avant travaux, comme point de comparaison qui permettra d'évaluer la pertinence du projet. Depuis plus de dix ans, un suivi scientifique minimal (SSM) est mené, se basant sur des prélèvements d'invertébrés, d'ADN environnemental ou des captures de poissons par pêche électrique. Les indices calculés (IPR, I2M2), confrontés aux données environnementales, ont confirmé l'infranchissabilité du seuil vers l'amont pour les truites. D'autre part, une variabilité interannuelle de la composition et de la distribution des communautés est imputée aux variations des conditions météorologiques et à l'occurrence d'évènements extrêmes comme la crue de 2016. Les mesures succédant aux travaux achevés en fin 2022 devraient bientôt révéler la réponse des communautés, à la lumière du présent rapport.

## Abstract

The Water Framework Directive (WFD) was adopted on October 23, 2000 in response to the fragmentation of habitats caused by the use and development of watercourses since the industrial era, and aims to restore the good status of water bodies throughout Europe. On the Mérantaise, a peri-urban watercourse in the Île-de-France region, work to restore ecological continuity has been scheduled to remove the 1.30 meters-high Ors mill weir, identified as the upstream distribution limit for the fario trout (*Salmo trutta fario*). The aim is to acquire an accurate picture of the state of the river and its associated communities prior to the works, as a point of comparison against which to assess the relevance of the project. For over ten years, a minimum scientific monitoring program (MSM) has been carried out, based on invertebrate sampling, environmental DNA sampling and electric fishing. The indices calculated (IPR, I2M2), compared with environmental data, have confirmed the upstream impassability of the weir for trout. On the other hand, interannual variability in community composition and distribution is attributed to variations in weather conditions and the occurrence of extreme events such as the 2016 flood. Measurements following the work completed by the end of 2022 should soon reveal the response of the communities, with the support of this report.