

Rapport de stage individuel 5ème année

Expertise de données piscicoles et
hydromorphologiques, avant et
après travaux de restauration,
sur la Mérantaise

Aquascop
1 Avenue du bois l'Abbé
49070 Beaucouzé



Tuteur entreprise :
Yannick Gelineau
Chef de service ingénierie

Tuteur académique :
Stéphane Rodrigues

Antonin CESBRON
Étudiant
IMA

2024-2025

REMERCIEMENTS

Je souhaite adresser quelques mots de remerciement à tous ceux qui m'ont accompagné et aidé durant ce stage.

Tout d'abord, je tiens à remercier Benoît RAYNAUD, directeur d'Aquascop, ainsi que Yannick GÉLINEAU, mon tuteur, pour la confiance qu'ils m'ont accordée en m'offrant la possibilité d'effectuer ce stage.

Je remercie tout particulièrement Yannick pour sa disponibilité, sa patience et son investissement tout au long de cette expérience. Malgré un emploi du temps chargé, il a toujours pris le temps de m'écouter, de répondre à mes questions et de me partager son expérience. J'ai beaucoup appris grâce à ses conseils, ses explications claires et son accompagnement. Merci beaucoup !

Je souhaite également remercier Jean-Benoît HANSMANN et Vincent BRAULT pour leur accompagnement sur mon sujet de stage et sur d'autres études auxquelles j'ai eu la chance de participer.

Un grand merci également à toute l'équipe d'Aquascop, avec qui j'ai pu échanger, collaborer et travailler pendant cette période. Leur bonne humeur, leur bienveillance et leurs conseils ont grandement contribué à rendre ces 6 mois agréable, stimulant et formateur.

Enfin, je remercie mon tuteur, Stéphane RODRIGUES, ainsi que l'ensemble des enseignants et intervenants de la formation Ingénierie des Milieux Aquatiques à Tours, pour les connaissances transmises durant ces trois années de formation, que j'ai pu mettre à profit au cours de ce stage.

GLOSSAIRE

AMO : Assistant à Maitrise d’Ouvrage

AESN : Agence de l’Eau Seine Normandie

AFB : Agence Française pour la Biodiversité

ASPE : Application de Saisie des données Piscicoles et Environnementales

CARHYCE : CARactérisation HYdromorphologique des Cours d’Eau

CEMAGREF : Centre d’Étude du Machinisme Agricole et du Génie Rural des Eaux et Forêts

DIO : Densité d’Individus Omnivores

DIT : Densité d’Individus Tolérants

DMB : Débit Minimum Biologique

DREAL : Direction Régionale de l’Environnement, de l’Aménagement et du Logement

DROM-COM : Départements et Régions d’Outre-Mer et Collectivités d’Outre-Mer

DTI : Densité Totale d’Individus

ERC : Éviter, Réduire, Compenser

HER : Hydro-ÉcoRégion

IED : Interface d’Exploitation des Données

INRAE : l’Institut National de Recherche pour l’Agriculture, l’alimentation et l’Environnement

NEL : Nombre d’Espèces Lithophiles

NER : Nombre d’Espèces Rhéophiles

NTE : Nombre Total d’Espèces

OFB : Office Français de la Biodiversité

ONEMA : Office National de l’Eau et des Milieux Aquatiques

PDPG : Plan Départementaux pour la Protection des milieux aquatiques et la Gestion des ressources piscicoles

RCO : Réseau de Contrôle Opérationnel

RCS : Réseau de Contrôle de Surveillance

SIG : Système d’Information Géographique

SYRAH-CE : Système Relationnel d’Audit de l’Hydromorphologie des Cours d’Eau

Table des matières

REMERCIEMENTS	2
GLOSSAIRE.....	3
PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL	1
PRESENTATION DE LA MISSION – RETOUR REFLEXIF SUR L'EXPERIENCE	1
PRESENTATION DU DEROULE DE LA MISSION	3
INTRODUCTION	4
SELECTION DU SITE D'ÉTUDE	4
PRESENTATION DES SITES A EXPERTISER	5
CONTEXTE GENERAL	5
PROBLEMATIQUES ET OBJECTIFS DES TRAVAUX	5
TRAVAUX REALISES	6
LOCALISATION DES STATIONS DE SUIVIS	9
MATERIELS ET METHODES	10
PROTOCOLE CARHYCE	10
Principe, application et valorisation des données	10
Choix des paramètres analysés	10
INVENTAIRES PISCICOLES	11
Protocole	11
Interprétation des données	12
RESULTATS	13
CARHYCE	13
Station témoin.....	13
Station restaurée amont	15
Station restaurée aval	17
INVENTAIRES PISCICOLES	20
Station témoin.....	20
Station restaurée amont	21
Station restaurée aval	22
DISCUSSION	24
HYDROMORPHOLOGIE	24
Station témoin.....	24
Station restaurée amont	24
Station restaurée aval	25
POISSONS	25
Station témoin.....	25
Station restaurée amont	25

Station restaurée aval	26
LIEN ENTRE LES EVOLUTIONS MORPHOLOGIQUES ET PISCICOLES.....	27
RETOUR CRITIQUE SUR L'EXPERTISE REALISEE	28
CONCLUSION	30
BIBLIOGRAPHIE	31
ANNEXES	33

PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL



Figure 1 : Logo d'AQUASCOP
(source : AQUASCOP)

Aquascop (figure 1) est un bureau d'études spécialisé dans les milieux aquatiques, dont le siège social est basé à Angers. Filiale du groupe Biotope, Aquascop compte actuellement 109 salariés, répartis dans 6 agences : Angers (62), Montpellier (29), Toulouse (9), Nancy (6), Lyon (2) et en Guyane (1).

L'antenne d'Angers est organisée autour de 3 pôles principaux de compétence : le pôle hydrobiologie, le pôle ingénierie (mon pôle durant le stage), le pôle Géomatique et expertise de la donnée et Informatique.

À ces 3 pôles, s'ajoutent 3 équipes de supports pour les aspects administratifs, commerciaux et qualité/sécurité/matériel.

Grâce à la diversité des compétences de son équipe, Aquascop est en mesure de répondre à une grande variété de marché sur un vaste territoire (annexe 1) : études hydrobiologiques (diatomées, phytoplancton, zooplancton, invertébrés, poissons...), études hydromorphologiques (protocoles CARHYCE, AURAHCE...), études d'impact, études sur les Débits Minimaux Biologiques (DMB), proposition d'actions dans le cadre de la démarche éviter, réduire, compenser (ERC), rédaction de dossier loi sur l'eau...

PRESENTATION DE LA MISSION – RETOUR REFLEXIF SUR L'EXPERIENCE

Mes missions en tant que stagiaire chez AQUASCOP ont consisté, d'une part, à travailler sur ma thématique de stage, et d'autre part, à participer à diverses études menées par l'entreprise, aussi bien sur le terrain qu'au bureau.

Mon sujet de stage porte sur l'expertise de données piscicoles et hydromorphologiques, avant et après des travaux de restauration, à l'échelle d'une masse d'eau du bassin Seine-Normandie, la Mérantaise à Gif-sur-Yvette et à Villiers-le-Bâcle. Ce travail ne s'inscrit pas dans le cadre d'une commande pour laquelle AQUASCOP est mandaté, mais représente une opportunité que m'offre l'entreprise de mettre en pratique mes connaissances et compétences dans un exercice ayant l'ambition d'aller au-delà des études internes réalisées par le pôle ingénierie. L'objectif est d'analyser l'influence de travaux de restauration sur la biologie, pour un site de mon choix, déterminer la trajectoire écologique post-travaux et étudier les relations entre la morphologie du cours d'eau et le peuplement piscicole.

Le bassin Seine Normandie a été retenu par AQUASCOP en raison de la grande quantité de données piscicoles et hydromorphologiques disponibles (en interne et en ligne), et de la connaissance approfondie du territoire par mes tuteurs. Au total, un mois et demi de travail a été consacré à cette tâche. Le déroulé du travail qui a été réalisé est présenté dans la partie suivante (*voir Présentation du déroulé de la mission*).

Le reste de mon stage a été dédié à la participation aux différentes études menées par Aquascop.

Ainsi, j'ai participé à la campagne de suivi hydromorphologique et piscicole menée sur les cours d'eau des directions territoriales de la Seine Francilienne, des Vallées de la Marne et de la Seine amont sur une durée totale de plus d'un mois et demi. Dans ce cadre, j'ai pris part à la phase de reconnaissance des stations, qui a permis de repérer les accès, évaluer les moyens techniques et humains nécessaires (exemple : nombre d'opérateurs pour une pêche électrique, positionnement des stations...), puis au

rapportage de ces informations au commanditaire (Agence de l'Eau Seine Normandie (AESN)). Ensuite, j'ai participé à la mise en œuvre des protocoles sur le terrain (CARHYCE, AURAHCE et pêches électriques) et enfin à la saisie de certains résultats sur les bases de données en lignes. J'ai apprécié intervenir à différentes étapes du suivi, cela m'a permis de mieux comprendre la stratégie globale mise en place par Aquascop pour gérer ce type de mission (fréquence et période des échanges avec le commanditaire, planification et organisation logistique...) ainsi que de mieux maîtriser les protocoles appliqués, tant sur leur mise en œuvre que sur leurs limites et leur valorisation scientifique.

Les missions de terrain que j'ai effectué ont nécessité généralement des déplacements dans d'autres régions, avec hébergement sur place. Cela m'a offert l'opportunité de découvrir des cours d'eau aux caractéristiques biologiques, physiques et fonctionnelles très variées, enrichissant ainsi ma compréhension des différentes typologies de cours d'eau. Parmi ces missions, j'ai notamment contribué à l'élaboration d'un diagnostic de l'état initial de plusieurs cours d'eau en Haute-Savoie, préalablement à la construction de ponts pour des projets routiers. Cette mission a mobilisé près de deux semaines de travail, incluant des relevés de terrain ainsi que la participation à la rédaction du rapport remis au client. Le contexte hydromorphologique de la région contrastait fortement avec ceux rencontrés lors d'autres missions effectuées dans des départements comme la Seine-Maritime, la Haute-Marne, la Côte-d'Or ou encore la Loire-Atlantique.

AQUASCOP m'a également confié la rédaction de l'état initial, avant travaux de restauration, de deux ruisseaux situés en Ile et Vilaine. Ces cours d'eau font l'objet d'une démarche de compensation écologique à la suite d'une pollution industrielle survenue en 2016. Le rapport produit constitue la base de référence pour l'ensemble du suivi post-travaux, dans le but d'évaluer à terme l'efficacité des actions de restauration mises en œuvre. Il intègre une analyse morphologique, biologique (poissons, diatomées, macro-invertébrés) et thermique des milieux. Cette mission, à laquelle j'ai consacré près de trois semaines, m'a permis de renforcer mes compétences en rédaction, en synthèse et en analyse de données.

De nombreuses autres missions effectuées ne seront pas détaillées. Il s'agit de renfort ponctuel, au bureau ou sur le terrain, durant plusieurs jours à plus d'une semaine, pour des études aux thématiques variées. Parmi ces missions, il y a :

- La rédaction de la partie relative aux poissons migrateurs amphihalins dans le cadre d'une étude sur le débit minimum biologique d'un fleuve dans le département de la Somme ;
- La réalisation d'un diagnostic des habitats piscicoles, des frayères et du peuplement d'un plan d'eau possédé par VNF, en Seine-Maritime, avant sa transformation en zone humide ;
- La participation à la phase bibliographique puis aux relevés de terrain pour le diagnostic de la franchissabilité de nombreux ouvrages SNCF, situés sur des cours d'eau classés en liste 1 et 2 au titre de l'article L.214-17 du Code de l'environnement, dans le cadre du rétablissement de la continuité écologique ;
- L'application d'un protocole de pêche au filet sur un lac de barrage.

Ces expériences en dehors de ma thématique de stage ont été particulièrement formatrices. Elles m'ont permis de découvrir concrètement le quotidien d'un chargé d'études, tout en développant des compétences essentielles à ce métier (rédaction, analyse, organisation...). J'ai également pu approfondir mes connaissances sur certaines méthodes (Diagnostic de franchissabilité via la méthode ICE, Débit minimum biologique, inventaires de frayères et habitats...).

Enfin, ce stage m'a offert l'opportunité de suivre plusieurs formations. J'ai suivi, en interne, l'habilitation aux risques électriques B0 et j'ai accompagné, lors d'une pêche électrique, un groupe en formation pour l'habilitation électrique BE-manœuvre.

PRESENTATION DU DEROULE DE LA MISSION

À présent, ce rapport détaillera uniquement le travail effectué sur la thématique de stage. Il ne développera pas les autres travaux qui ont été réalisés et viennent d'être évoqués (*voir partie Présentation de la mission*).

Durant ce travail, j'ai été accompagné par deux tuteurs (Yannick GÉLINEAU et Jean-Benoit HANSMANN) avec qui des échanges fréquents ont eu lieu. L'étude a été réalisée en deux phases :

- La phase d'imprégnation du contexte de l'étude (jusqu'à mi-mars) :

Cette phase a débuté par un travail bibliographique, de lecture de normes (CARHYCE, pêche électrique), d'articles scientifiques et de rapports d'études de suivi rédigés par AQUASCOP pour l'AESN. Elle m'a permis de mieux comprendre les contextes réglementaires qui imposent la mise en place des suivis et l'articulation des liens entre les différents acteurs de la gestion de l'eau (agences de l'eau, syndicats de rivières, collectivités, AQUASCOP, etc...). Le travail bibliographique a également été l'occasion de développer mes connaissances sur certaines thématiques abordées en cours, telles que la mise en place de suivis dans le cadre de travaux de restauration, en particulier à travers la notion de « Suivi scientifique minimal », et d'approfondir mes connaissances sur les liens entre la biologie et la morphologie des milieux aquatiques.

Cette première phase s'est conclue par la consultation des données piscicoles et hydromorphologiques disponibles pour le bassin Seine-Normandie, afin de sélectionner les stations les plus appropriées à une expertise physique et biologique avant/après travaux sur une période suffisamment longue. La sélection du site a été effectuée sur la base des conditions nécessaires à la réalisation d'un suivi robuste (*voir partie sélection du site d'étude*).

- La phase d'exploitation (jusqu'à la date de rendu du rapport) :

La seconde phase a consisté à réaliser l'expertise en analysant le contexte (piscicole, morphologique, pressions, altérations...) du site retenu, en exploitant les données acquises et en étudiant les résultats obtenus.

L'ensemble du travail a été consigné dans un rapport structuré. L'expertise a nécessité la production de graphiques et tableaux, dont certains sont intégrés au corps du rapport, tandis que d'autres sont présentés en annexe.

INTRODUCTION

Un suivi de cours d'eau peut être mis en place pour de multiples raisons. Il peut viser à évaluer l'état écologique globale d'une masse d'eau dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) 2000/60/CE, mesurer l'impact de l'installation d'ouvrages hydrauliques (seuils, barrages, ponts...), déterminer l'efficacité de travaux de restauration (suppression d'ouvrage, reméandrage...), ou encore répondre à une obligation réglementaire (exemple : suivi compensatoire dans le cadre de la séquence Éviter, Réduire, Compenser ERC).

Suivant les objectifs escomptés, le(s) compartiment(s) étudié(s) (biologique, morphologique, physico-chimique ...) ainsi que la fréquence, le nombre et la localisation des opérations de suivis, sont à adapter. Il s'agit donc bien de définir la stratégie du suivi au préalable.

Dans le cas des suivis de travaux de restauration, le suivi doit être aussi complet que possible, prendre en compte un maximum de facteurs explicatifs, et respecter un budget réaliste et acceptable par les partenaires (Rolan-Meynard et al., 2019).

C'est dans cette optique qu'est née en 2010, la démarche de Suivi Scientifique Minimale (SSM). Elle vise à guider les maîtres d'ouvrage dans l'élaboration et la construction de programme de suivi afin de vérifier l'efficacité écologique de travaux de restauration hydromorphologique et d'en tirer des conclusions opérationnelles, à l'échelle du site restauré et de son environnement proche (Navarro et al., 2012) (annexe 2).

Dans le cas de cette étude, la contrainte majeure réside dans l'utilisation des données disponibles en interne et en ligne. La première étape consiste donc à sélectionner un site d'étude disposant de données piscicoles et morphologiques suffisamment complètes, afin de garantir une approche aussi exhaustive et robuste que possible.

SELECTION DU SITE D'ÉTUDE

Afin de sélectionner le site d'étude, une synthèse de l'ensemble des données piscicoles et morphologiques disponibles pour le bassin Seine Normandie a été réalisée sous forme d'un tableur Excel. Les sources de données qui ont été mobilisées sont : la base de données interne à Aquascop, le site naïades, l'Application de Saisie des Données Piscicoles et Environnementales (ASPE) et l'Interface d'Exploitations des Données CARHYCE (IED) (annexe 3).

Ainsi, sur l'entièreté du bassin Seine Normandie, 102 stations présentent à minima un suivi piscicole ou un suivi hydromorphologique (CARHYCE) accessibles via une des quatre sources listées précédemment. Les stations dont le motif du suivi est autre qu'un suivi de travaux ont été écartées dans un premier temps ; puis les stations dont les données disponibles ne permettent pas une expertise robuste : (c'est-à-dire celles qui ne présentent pas au minimum 2 suivis piscicoles et 2 suivis morphologiques). De cette façon, le nombre de stations propices à l'expertise, a progressivement été réduit de 102 à 9.

Ces 9 stations ont été regroupées en 3 groupes selon le type d'opération de restauration à laquelle le suivi se rattache (motif du suivi) (annexe 4). Après une concertation avec mes tuteurs, et sur la base de plusieurs critères inspirés de la méthode du SSM, **le choix a été fait de travailler sur les stations de la Mérantaise (91)**. La réflexion qui a conduit à ce choix est à retrouver en (annexe 5).

PRESENTATION DES SITES A EXPERTISER

CONTEXTE GENERAL

La Mérantaise coule à cheval sur les départements des Yvelines et de l'Essonne sur près de 13,5 km (*Jugie et al., 2007*). Elle prend sa source à Trappes à 164 m d'altitude et afflue dans l'Yvette à Gif-sur-Yvette, à 62 m d'altitude (*Mérantaise, 2024*). La pente moyenne sur l'entièreté de son cours est de 7,6 ‰ et la surface de son bassin versant à l'exutoire est de 33,5 km² (*Agence Française pour la Biodiversité, 2014*). Compte tenu de sa position géographique, la Mérantaise appartient à l'hydro-écorégion de niveau 1 « tables calcaires » et l'hydro-écorégion de niveau 2 « BP-Ile de France » (*annexe 6*).

Plusieurs Zones naturelles d'intérêt Écologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF) sont présentes sur son bassin versant, notamment la ZNIEFF de type 2 du bassin de la vallée de la Mérantaise qui comprend une importante partie du linéaire du cours d'eau (*annexe 7*).

L'occupation du bassin versant est actuellement partagée quasi-également entre des zones forestières, des zones urbanisées et des zones d'agricultures intensives (*Jugie et al., 2007*).

Le régime hydrologique du cours d'eau est de type pluvial. Aucun affluent contributeur n'est connu, la rivière reçoit les eaux de ruisseaux, fossés, et canaux de drainage intermittents qui n'ont pas de nom sur les cartes de l'GN (*Fédération Départementale pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques d'Yvelines, s. d.*). Aucune chronique de relevés de débits, sur la Mérantaise, n'est accessible en ligne, toutefois d'après (*Jugie et al., 2007*) le débit annuel moyen est de 0,09 m³/s avec une variabilité saisonnières classique. La période des hautes eaux correspond à l'hiver (Q_{moy_hiver} : 0.07 m³/s) et les étiages sont observés l'été (Q_{moy_été} : 0.03 m³/s). Des pics de crues de forte intensité proportionnellement à la rivière ($\approx 3 \text{ m}^3/\text{s}$) sont observés sur des courtes durées (quelques heures à quelques jours).

D'un point de vue piscicole, le cours d'eau est classé en première catégorie, le peuplement théorique dominant est salmonicole. Les taxons recensés dans le PDGP 2020-2025 de la fédération de pêche d'Yvelines sont : le carassin (*Carassius sp.*), l'épinocchette (*Pungitius pungitius*), l'épinoche à trois épines (*Gasterosteus aculeatus*), le gardon (*Rutilus rutilus*), le goujon (*Gobio gobio*), la loche franche (*Barbatula barbatula*), le vairon (*Phoxinus phoxinus*), la perche soleil (*Lepomis gibbosus*) et la truite fario (*Salmo trutta*) définie comme l'espèce repère (*Fédération Départementale pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques d'Yvelines, s. d.*).

Enfin, d'un point de vue réglementaire, l'entièreté de la Mérantaise est classée en liste 1 et 2 au titre de l'article L.214-17 du code de l'environnement (*LégiFrance, 2012a*) (*LégiFrance, 2012b*). Ces classements interdisent la construction de tout nouvel ouvrage faisant obstacle à la continuité écologique et sédimentaire et imposent que tous les ouvrages présents, qui constituent des obstacles, soient aménagés et gérés pour assurer la continuité écologique.

PROBLEMATIQUES ET OBJECTIFS DES TRAVAUX

Malgré de nombreuses demandes d'informations auprès du syndicat local, sur les problématiques et objectifs des travaux ainsi que sur des aspects techniques de ces derniers, aucune réponse n'a été reçue. Les deux prochaines parties ont été rédigées sur la base de documents explicatifs trouvés SUR interne et en ligne ce qui explique le manque de précision de certaines explications.

Depuis plusieurs siècles, les pratiques, usages et aménagements des populations locales, sur la Mérintaise et son bassin versant, ont fortement impacté le fonctionnement du milieu et entraîné de nombreuses problématiques sociétales et environnementales (*Agence Française pour la Biodiversité, 2014*).

Du XVII^e siècle au XIX^e siècle, de nombreux aménagements hydrauliques ont été réalisés. Les moulins se sont multipliés et les vannes, seuils, ou autres ouvrages édifiés pour retenir l'eau ont constitué les premiers obstacles à l'écoulement (*Jugie et al., 2007*). Simultanément, des remaniements du lit de la rivière ont été entrepris. Le lit du cours d'eau a été rectifié et recalibré sur certains secteurs (*Agence Française pour la Biodiversité, 2014*).

Plus récemment, un développement massif et rapide de l'urbanisation s'est opéré, sur l'ensemble du bassin, modifiant le fonctionnement hydro sédimentaire et hydrologique de la Mérintaise (*Jugie et al., 2007*). Additionnés à la mise en place d'un réseau de drainage des parcelles agricoles, la destruction de certaines zones humides et la présence de seuils, cela a favorisé la survenue de pics de crues violents, donnant lieu à répétition à des inondations et des dégâts matériels importants (*Jugie et al., 2007*).

Sur un plan écologique, la Mérintaise présente certaines caractéristiques typiques d'un milieu perturbé. Les substrats et les faciès d'écoulements sont homogènes ce qui limite la diversité d'habitats disponible pour la faune aquatique. Localement, la géométrie du lit est sur-élargie, la lame d'eau est étalée, et le fond du lit est colmaté. Cela induit une perte de zone de frayères pour certaines espèces ainsi qu'une diminution du phénomène d'épuration de la zone hyporhéique. La continuité écologique n'est pas assurée, la dynamique sédimentaire est fortement perturbée et les espèces piscicoles ne transitent pas librement.

Du point de vue piscicole, le PDPG 2020-2025 de la fédération de pêche d'Yvelines définit le niveau de fonctionnalité de la Mérintaise comme « salmonicole perturbé ». La truite fario (espèce repère) est présente, néanmoins certaines de ces espèces accompagnatrices sont absentes (*Fédération Départementale pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques d'Yvelines, s. d.*).

Face à ces problématiques, le Syndicat Intercommunal d'Aménagement Hydraulique de la Vallée de l'Yvette (SIAHVV) s'est porté maître d'œuvre pour la réalisation de travaux, sur le secteur aval de la Mérintaise, avec un double objectif : assurer la protection des personnes et des biens contre les crues, ainsi que restaurer la continuité écologique dans la perspective de favoriser l'atteinte du bon état écologique du milieu.

TRAVAUX REALISES

Les travaux de restauration ont été réalisés au niveau de 3 secteurs à Gif-sur-Yvette, sur un linéaire total de 1,2 km (figure 2) (*Agence Française pour la Biodiversité, 2014*) sur lequel 11 ouvrages ROE étaient répertoriés. Le coût total des travaux est de 4,5 millions d'euros, il a été financé à 80 % par l'AESN, le Conseil général de l'Essonne et le Conseil régional d'Ile de France (*Agence Française pour la Biodiversité, 2014*). Le SIAHVV a financé les 20 % restants.

Sur le premier secteur (amont), les travaux ont été effectués en 2014. **Le cours d'eau a été déplacé depuis un bief perché qui présentait 2 obstacles à la continuité (ROE 55545 et ROE55547), vers un nouveau lit de 440 m créé dans le fond du talweg du bassin (figures 3, 4 et 5).** La création d'un nouveau lit était nécessaire, car l'ancien a disparu lors du surcreusement du bassin en 1562 (*Agence Française pour la Biodiversité, 2014*). L'ancien bief a été comblé.

Dans le but d'assurer la stabilité du profil longitudinal du nouveau lit, six seuils en blocs ont été construits, ils ont été conçus pour être franchissables par les espèces piscicoles. Un matelas alluvial a également été reconstitué à partir de matériaux issus de l'ancien bief et d'apports extérieurs. Des marres et zones humides ont été créées à la place des arbres qui ont été abattus pour faciliter le passage des engins. Enfin, le déversoir présent à l'aval du bassin (ROE 57531) a été remplacé par un nouvel ouvrage qui permet d'augmenter la capacité de stockage de 8100 m³ (+ 9 %) (*Agence Française pour la Biodiversité, s. d.*) et d'assurer la continuité écologique lors de conditions hydrologiques « classiques » (figures 6, 7, 8 et 9).

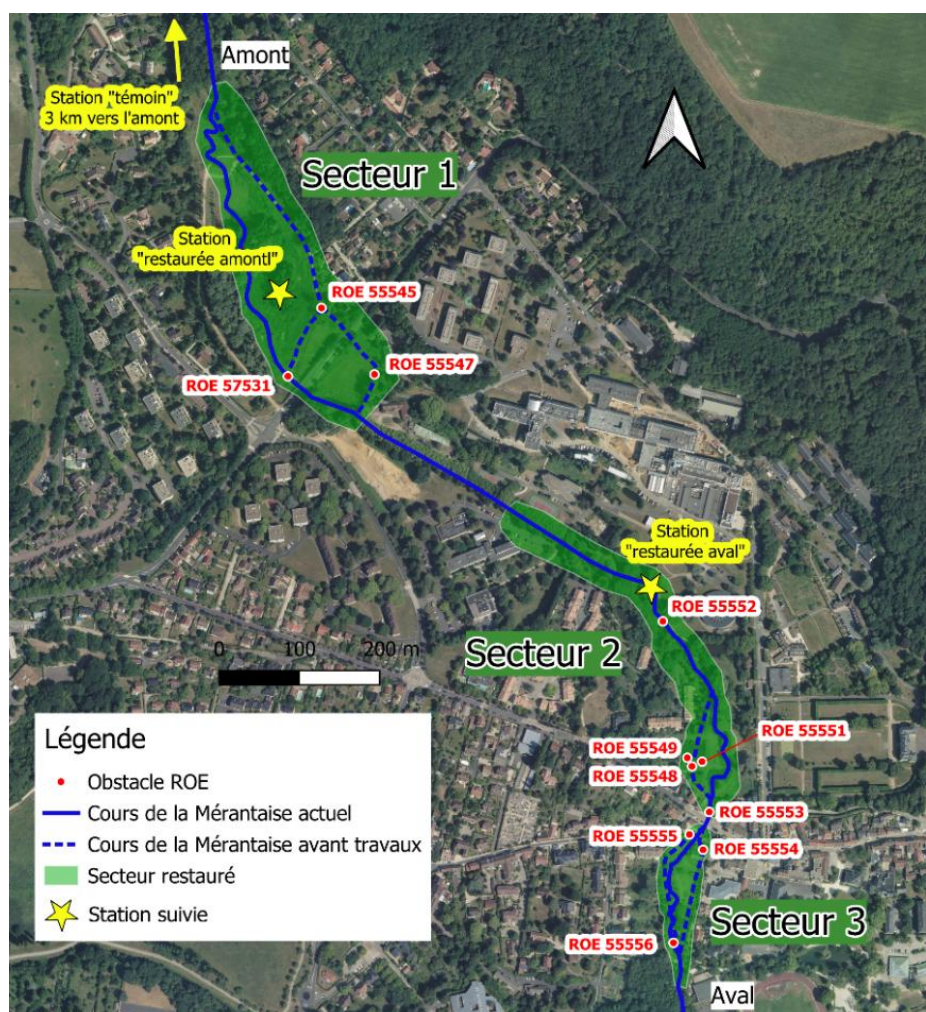


Figure 2 : Localisation des travaux



FIGURE 3 : TRAVAUX DE TERRASSEMENT DU NOUVEAU LIT (2014)



FIGURE 4 : NOUVEAU LIT CREE A N+1 (2015)



FIGURE 5 : VUE AERIENNE DU NOUVEAU LIT CREE A N+1 (2015)



Figure 6 : Déversoir du bassin avant travaux (source : SIAHVY)



Figure 7 : Déversoir du bassin après travaux (source : SIAHVY)



Figure 8 : Déversoir du bassin en conditions hydrologiques classiques (source association VYF)



Figure 9 : Déversoir du bassin en période de crue (source SIAHVY)

Concernant le second secteur, **l'entièreté du système de vannage dit « de la copropriété » (ROE 55552) a été remplacé par un seuil en blocs, afin de garantir la continuité écologique (figure 10)**. La pièce d'eau existante, sur le cours de la Mérantaise, en amont de la vanne, a été comblée et **le lit a été aménagé** afin de diversifier les faciès d'écoulements (figures 11 et 12). **Le matelas alluvial a été reconstitué** pour anticiper la recharge granulométrique naturelle en sédiments.

Plus en aval, au sein du parc du CNRS, la Mérantaise coulait initialement entre 2 plans d'eau situés de part et d'autre des rives et dont la prise d'eau était gérée par 2 vannes (ROE 55549 et ROE 55551). Le système de vannage du plan d'eau « ouest » (ROE 55549) a été démonté et une prise d'eau a été aménagée. Le plan d'eau « est » a été comblé et le lit de la rivière a été déplacé à son emplacement. À cet endroit, **un tronçon d'une longueur de 175 m a été reméandré (figures 13 et 14)** et une série de 5 seuils en blocs franchissables ont été édifiés. Enfin, la section d'écoulement sous le pont de l'avenue du général Leclerc a été agrandie afin d'éviter le phénomène de « bouchon » qui s'opérait lors des forts débits en période de crue. Simultanément, les vannes associées au lavoir (ROE55553) ont été supprimées (figure 15).



Figure 10 : Système de vannage dit "de la copropriété" (ROE 55552) (source : SIAHVY)



Figure 11 : Travaux de restauration du secteur en amont du système de vannage dit "de la copropriété" (source : SIAHVY)



Figure 12 : Secteur restauré en amont du système de vannage dit "de la copropriété" (source : SIAHVY)



Figure 13 : Travaux de reméandrage sur 175m à l'emplacement de l'ancien plan d'eau « est » (source : SIAHVY)



Figure 14 : Tronçon remeandré à N+3 (2017) (source : SIAHVY)



Figure 15 : Configuration actuelle du pont de l'avenue du général Leclerc (source : SIAHVY)

Les travaux effectués sur le troisième secteur sont à retrouver en (annexe 8). Ils ne sont pas détaillés ici, car ils ne sont pas sur l'emprise des stations du suivi.

LOCALISATION DES STATIONS DE SUIVIS

Dans le cadre de ces travaux ambitieux, 3 stations de suivi ont été positionnées (figure 2) :

- **Une station dite « témoin »** localisée 3 km en amont des secteurs de travaux (code station 03076410) ;
- **Une station dite « restaurée amont »** située au sein du bassin de la Mérantaise (secteur 1 des travaux), pour laquelle les relevés pré-travaux ont été effectués sur le bief perché (code station 03076430) et les relevés post-travaux sur le nouveau bras créé (code station 03076435)
- **Une station dite « restaurée aval »** située au sein du parc du CNRS (code station 03076440), en amont du « vannage de la copropriété » (secteur 2 des travaux).

Ce positionnement doit permettre d'appréhender la réponse biologique de la Mérantaise suite aux différents travaux. Les relevés qui ont été réalisés à chaque station sont présentés dans le tableau suivant (tableau 1) :

Tableau 1 : Relevés effectués dans le cadre du suivi des travaux de la Mérantaise

Nom de la station	Hydromorphologie			Poissons					
	État initial		Post-travaux	État initial		Post-travaux			
Témoin	2012 (N-2)		2016 (N+2) 2024 (N+10)	2012 (N-2)		2016 (N+2)	2017 (N+3)	2018 (N+4)	2020 (N+6) 2024 (N+10)
Restaurée amont	2012 (N-2)		2016 (N+2) 2024 (N+10)	2012 (N-2)		2016 (N+2)	2017 (N+3)	2018 (N+4)	2020 (N+6) 2024 (N+10)
Restaurée aval	2012 (N-2)		2016 (N+2) 2024 (N+10)	2012 (N-2)		2016 (N+2)	2017 (N+3)	2018 (N+4)	2020 (N+6) 2024 (N+10)

MATERIELS ET METHODES

L'expertise hydromorphologique repose sur des données issues du protocole CARHYCE et l'expertise piscicole sur des inventaires par pêche à l'électricité. Cette partie présente brièvement le principe et la mise en œuvre des protocoles, mais se concentre principalement sur le traitement des données réalisé dans le cadre de cette étude.

PROTOCOLE CARHYCE

Principe, application et valorisation des données

Le protocole CARHYCE (CARactérisation Hydromorphologique des Cours d'Eau) a été créé en 2007 pour répondre aux exigences de la DCE, qui impose une évaluation de l'état écologique des eaux de surface, incluant les caractéristiques hydromorphologiques des cours d'eau. L'objectif était de développer une méthode fiable et standardisée pour mesurer certaines caractéristiques physiques des cours d'eau, telles que la géométrie du lit, la granulométrie, la structure des berges et la végétation riparienne.

Le protocole est aujourd'hui largement adopté et reconnu comme une référence technique pour l'évaluation de l'état hydromorphologique des cours d'eau. Il est intégré dans le programme national de surveillance de la DCE et est également souvent appliqué dans le cadre de suivis de travaux de restauration (renaturation ou reméandrage) afin de mesurer les bénéfices des travaux sur l'état morphologique du cours d'eau. Il ne porte pas de numéro de norme officiel tel qu'une norme ISO.

Les conditions d'application nécessaires à son application, sont à retrouver en [\(annexe 9\)](#). L'application sur le terrain consiste à réaliser des mesures précises à l'échelle de la station (débit, pente, granulométrie, colmatage...) ainsi qu'à l'échelle de 15 transects positionnés à des intervalles réguliers. Pour chaque transect, des données géométriques, de ripisylve, de type de faciès, d'habitat, et d'autres types sont relevées. Le détail de l'application du protocole sur le terrain ainsi que des données relevées sont à retrouver en [\(annexe 10\)](#).

Les données collectées, sont ensuite saisies par l'opérateur dans l'application web CARHYCE, qui recueille et bancarise l'ensemble des données à l'échelle nationale. Cette base de données alimente l'Interface d'Exploitation des Données CARHYCE (IED CARHYCE), un outil développé pour le traitement et la valorisation des données brutes, puis la communication en libre accès des résultats.

Choix des paramètres analysés

Sur l'IED, la quantité d'informations disponibles est importante. Une sélection des paramètres les plus pertinents à analyser pour ce site d'étude a dû être effectuée.

Afin d'obtenir rapidement les grandes tendances évolutives des différents compartiments physiques du cours d'eau (géométrie, substrat, structure des berges...), **les deux indices calculés par l'IED, l'indice Morphologique Global (IMG) et l'Indice Hydromorphologique résultant de la méthode CARHYCE (IHC), seront exploiter**. Chacun d'eux calculent, pour 6 paramètres appelés « métriques », un écart à des modèles de référence et une note finale pour l'indice. Une note ou un score faible correspond à un faible écart aux modèles de référence, tandis qu'à l'inverse, une valeur élevée indique que l'opération, pour la station considérée, s'écarte du modèle de référence pour au moins une des métriques. Les classes d'état en fonction des notes finales obtenues sont présentées en [\(annexes 11 et 12\)](#).

Les deux indices sont complémentaires. L'indice Morphologique Global (IMG) évalue l'écart à un modèle régional de référence pour la géométrie du cours d'eau, tandis que l'IHC a été élaboré plus

récemment afin d'intégrer en plus de la géométrie, la structure et les substrats du lit ainsi que la structure des rives. La méthode de calcul de ces deux indices est à retrouver en (annexes 13 et 14).

Dans le but de compléter l'analyse, **un tableau de synthèse comportant les paramètres suivants sera ajouté au rapport (tableau 2) :**

Tableau 2 : Paramètres hydromorphologiques expertisés

Paramètre	Description/Intérêt
Débit jaugé (m ³ /s)	Observer les changements de conditions hydrologiques entre les relevés, ce qui peut impacter fortement les autres paramètres (profondeur en eau, largeur mouillée, hauteur plein bord...).
Profondeur moyenne en eau (m)	Ce paramètre varie selon de nombreux facteurs (présence d'un ouvrage, modification de la géométrie du lit, développement de la végétation...). Son analyse est pertinente puisque quand il évolue, il modifie le type d'habitat, la dynamique hydraulique, sédimentaire et thermique du cours d'eau.
Largeur plein bord moyenne (m)	Il s'agit de la largeur en eau du cours d'eau avant qu'il ne déborde hors de son lit mineur. Elle renseigne notamment sur l'état de confinement du cours d'eau (une largeur réduite peut indiquer une artificialisation ou un enfoncement du lit).
Profondeur et hauteur plein bord moyenne (m)	Elles permettent d'apprécier le niveau d'encaissement du cours d'eau.
Largeur mouillée moyenne (m)	Ce paramètre permet de suivre l'évolution morphologique du lit mineur (érosion des berges, rétrécissement du lit, atterrissement...) et renseigne sur les processus d'érosion et dépôt survenus.
Le rapport largeur/profondeur plein bord	C'est un paramètre qui évolue avec le débit, la pente et la taille des particules qui composent le lit (<i>Knighton, 1988</i>). Sa valeur renseigne sur la dynamique du cours d'eau. D'après la bibliographie, on considère qu'un cours d'eau possède une dynamique importante, caractérisée par une érosion latérale forte et des apports solides importants lorsque le rapport est supérieur à 20 (<i>Malavoi et Bravard, 2010</i>). A l'inverse, les cours d'eau qui ont un rapport lpb/ppb faible présentent généralement des berges cohésives difficilement érodables.
Les coefficients de variation de : la largeur plein bord, la largeur mouillée, la hauteur plein bords et la profondeur en eau	Ils fournissent des informations sur l'hétérogénéité ou l'homogénéité morphologique du cours d'eau.
La profondeur moyenne de colmatage (cm)	Elle correspond à la profondeur d'oxygénation du substrat. Elle renseigne sur la capacité épuratoire de la zone hyporhéique et la fonctionnalité des substrats pour la reproduction de certaines espèces.
La pente de la ligne d'eau (‰)	Il s'agit d'un paramètre de contrôle majeur de la dynamique sédimentaire et hydraulique du cours d'eau.
La puissance spécifique à pleins bords (W/m ²)	Elle correspond à la puissance rapportée à la largeur du lit. Une puissance spécifique élevée indique que le cours d'eau possède une forte capacité à éroder ses berges, transporter des sédiments et donc se réajuster. D'après (<i>Brokes 1988</i>) et (<i>Wasson et al. 1998</i>), les premiers ajustements peuvent se produire à partir de 25W/m ² , et l'ajustement devient quasiment automatique à partir de 35W/m ² .
Le débit à plein bord (m ³ /s)	Pour un cours d'eau naturel, le débit plein bord présente une période de retour correspondant à la crue de fréquence 1 à 2 ans (<i>Sherwood et Huitger, 2005</i>). En théorie, il est possible de détecter une altération hydromorphologique du cours d'eau si la période de retour du débit plein bord dépasse Q2ans (ex : Q5, Q10).

INVENTAIRES PISCICOLES

Protocole

La méthode d'échantillonnage appliquée est une pêche à l'électricité complète, par épuisement, à pied, à une anode (norme européenne EN 14011, traduite en norme française AFNOR (XP T90-383, mai 2012), intitulée « Echantillonnage des poissons à l'électricité dans le cadre de suivi des peuplements de poissons en lien avec la qualité des cours d'eau »). Le matériel utilisé et le mode opératoire est présenté en (annexe 15). Les individus capturés sont déterminés individuellement, mesurés (longueur totale en millimètres) et pesés (poids exprimé en grammes). A la fin de l'opération,

les poissons sont remis à l'eau sauf les espèces classées invasives tels les poissons-chats, perches soleils, pseudorasbora ...

Selon les années, un unique passage ou plusieurs passages successifs, sans remise à l'eau des poissons, sont effectués. Pour chaque station, 2 passages ont été réalisés en 2020 et en 2024, contre seulement 1 lors des autres années.

Interprétation des données

L'analyse piscicole a pour objectif de déterminer pour chaque station : le contexte piscicole avant et après les travaux, l'influence des travaux sur les densités par espèces, les communautés piscicoles les plus altérées (espèces lithophiles, rhéophiles, invertivores ...) et les altérations liées à l'habitat et à la qualité de l'eau.

A partir de recherches bibliographiques sur l'interprétation des données de pêche électrique, le choix a été fait de construire l'analyse en 3 temps pour chaque station :

- **Une expertise des notes et des métriques de l'Indice Poisson Rivière (IPR) ;**
- **Une analyse structurelle des peuplements via le calcul du score ichtyologique d'intégrité globale (SI₂G) ;**
- **Un calcul des densités d'individus par espèces ;**

L'Indice Poisson Rivière (IPR) est normalisé depuis 2004 (AFNOR, NF T90-344). Il consiste à mesurer l'écart entre le peuplement attendu en situation de référence pour une station donnée, avec le peuplement réellement observé. L'écart mesuré permet de calculer un indice dont la valeur varie entre 0 (conforme à la référence) et l'infini (au-delà de 36, la classe de qualité est considérée comme très mauvaise). L'indice prend en compte 7 métriques différentes. Un score est associé à chaque métrique en fonction de l'écart (déviations) par rapport à la valeur de cette métrique attendue en situation de référence. L'écart est évalué non pas de manière brute, mais en termes probabilistes, c'est-à-dire qu'il est d'autant plus important que la probabilité d'occurrence de la valeur observée pour la métrique considérée est faible en situation de référence. Les métriques sont : le Nombre total d'espèces (NTE), le nombre d'espèces rhéophiles (NER), le Nombre d'espèces lithophiles (NEL), la Densité d'individus tolérants (DIT), la Densité d'individus invertivores (DII), la Densité d'individus omnivores (DIO), la Densité totale d'individus (DTI).

L'utilisation de l'IPR permet une description, standardisée et conforme à la DCE, de l'état écologique du cours d'eau ; ainsi qu'un discernement rapide des guildes d'espèces les plus touchées. Néanmoins, le choix a été fait de calculer également le SI₂G afin d'observer si les deux indices peuvent relever des altérations différentes.

L'approche par SI₂G a été développée par le Conseil Supérieur de la Pêche en 1994 (*Conseil supérieur de la Pêche et al., 2000*), elle est fondée sur la prise en compte de la structure longitudinale des cours d'eau approché à l'aide du modèle biotypologique élaborée par VERNEAUX. Bien que son calcul soit plus long et plus complexe que celui de l'IPR car chaque étape de calcul est effectuée par l'opérateur, il se distingue par une plus grande transparence dans sa construction. De manière simplifiée, il consiste à calculer le niveau typologique du site considéré, construire la structure du peuplement optimal, puis comparer les structures quantitatives des peuplements observé et optimal. Le détail de ces étapes est à retrouver en ([annexe 16](#)).

Enfin, l'analyse comportera un calcul des densités d'individus par espèces afin de détecter des éventuels déséquilibres fonctionnels masqués par les indices, et de suivre spécifiquement l'évolution des espèces cibles. Le mode de calcul des densités est à retrouver en ([annexe 17](#)).

RESULTATS

Le chapitre résultats présente successivement les données CARHYCE et pêche en débutant par la station témoin puis restaurée amont et aval.

CARHYCE

Station témoin

Les notes de l'IMG et de l'IHC, à la station témoin sont les suivantes (tableau 3) :

Tableau 3 : Notes de l'IMG et de l'IHC à la station témoin

Paramètres			2012	2016	2024
Valeurs des résidus standardisés	Largeur à plein bord		-2,02	-0,87	0,44
	Rapport Lpb/Ppb		-2,11	-1,33	-1,12
	Profondeur des mouilles		-9,51	1,07	0,42
	Profondeur plein bord maximum		0,87	0,82	1,47
	Pente de la ligne d'eau		1,09	1,76	0,96
	Surface mouillée à plein bord		0,44	-0,04	1,32
IMG			16,03	5,88	5,74
			Écart très fort	Écart faible	Écart faible
Score des métriques	Géométrie du lit (GH)		25/25	6/25	6/25
	Diversité des formes (Dfor)	Nb alt	12/15	0/15	2/15
		Nb s/m	5/5	0/5	1/5
	Diversité du substrat (Dsub)	Mob sub	10/15	10/15	15/15
		Tx fines	2/5	5/5	5/5
	Présence d'habitats (Hab)		10/10	2/10	8/10
	Ripisylve (Rip)	Sco rip	3/12	3/12	6/12
		Tx vnac	0/3	0/3	0/3
Artificialité des berges (Art)		0/10	0/10	2/10	
IHC			67/100	26/100	45/100
			0,67	0,26	0,45
			Écart très fort	Écart faible	Écart moyen

Lors des relevés antérieurs à 2014, année des travaux, **les deux indices démontrent un écart « très fort » aux références considérées**. Les notes obtenues sont de 16,03 pour l'IMG et 0,67 pour l'IHC.

Pour l'IMG, les métriques les plus altérées sont : la profondeur des mouilles (score -9,51), puis dans une moindre mesure le rapport Lpb/Ppb (-2,11) et la largeur plein bord (-2,02). Les autres métriques apparaissent beaucoup plus proches du référentiel (notes comprises entre 1,09 et 0,44).

Concernant l'IHC, l'indice démontre une situation éloignée aux modèles de références pour :

- La géométrie du lit (GH) car elle intègre en sous-métrique, la note de l'IMG, dans son calcul. Il s'agit de la métrique qui impacte le plus la note finale avec un score de 25/25.
- La métrique « Présence d'habitats » (Dhab) avec également le score maximal (10/10). La diversité des habitats est nulle (seulement des chevelus racinaires), ils n'occupent que 3 berges sur les 30 observées (annexe 18);
- La métrique « Diversité des formes » (Dfor) avec un score de 17/20. La diversité des faciès et leurs fréquences d'alternance n'apparaissent pas suffisantes. Seuls des radiers et des plats lents ont été relevés et leurs alternances se limite à 2 fois (annexe 19);

- La métrique « Diversité du substrat » (Dsub) avec un score de 12/20. Bien que le taux de particules fines soit moyen (score Tx fines 2/5), le substrat est difficilement mobilisable pour des crues légèrement inférieures à la crue annuelle (score mob sub 10/15).

Lors des relevés postérieurs à 2014, les notes des deux indices s'améliorent nettement. L'IMG indique chaque année un écart faible à la référence et l'IHC un écart faible en 2016 et moyen en 2024.

Pour l'IMG, l'amélioration de la note s'explique par une très forte augmentation de la métrique sur la profondeur des mouilles. La note est passée de -9,51 en 2012 à 1,07 en 2016 puis 0,42 en 2024. Dans une moindre mesure, les notes des métriques sur la largeur à plein bord et sur le rapport Lpb/Ppb se sont également rapproché de la référence (rapprochement entre 1,58 et 0,69 point, selon les années, par rapport à la valeur de référence 0). Les évolutions des autres métriques sont moins marquées.

Concernant l'IHC, l'amélioration de la note s'explique par une nette diminution du score associé à la géométrie du lit (GH) (25/25 en 2016 puis 6/25 en 2016 et 2024) ainsi qu'à la Diversité des formes (Dfor) (17/20 en 2012, 0/20 en 2016 et 3/20 en 2024). Les scores des autres métriques (Art, Rip, Dsub et Hab) évoluent moins intensément.

Tableau 4 : Paramètres hydromorphologiques mesurés et calculés à la station témoin

Paramètres	2012	2016	2024
Nombre de transects	15	15	15
Débit jaugé (L/s)	69	/	78
Profondeur moyenne en eau Pm (cm)	1	18	17
Largeur plein bord moyenne LpBm (m)	3,6	6,2	6,9
Profondeur plein bord moyenne Ppbm (m)	1,5	1,2	1,6
Hauteur plein bord moyenne Hpbm (m)	1,3	1,0	1,4
Largeur mouillée moyenne Lmm (m)	2,1	2,5	2,7
Rapport lpb/ppb	2,4	5,2	4,4
Coefficient de variation de la profondeur en eau (%)	49,3	94,5	84,4
Coefficient de variation de la largeur plein bord (%)	14,0	37,5	22,7
Coefficient de variation de la largeur mouillée (%)	23,3	31,7	34,4
Coefficient de variation de la hauteur plein bord (%)	7,7	24,2	9,1
Profondeur moyenne de colmatage	/	/	4,3
Pente de la ligne d'eau (‰)	8,9	14,5	8,1
Puissance spécifique à pleins bords (w/m ²)	246647,0	67,9	40,4
Débit à plein bord (m ³ /s)	10283,1	2,1	3,4

Les conditions hydrologiques lors des relevés de 2012 et 2024 sont proches (augmentation du débit de +13 %) et légèrement inférieures au débit annuel moyen (0,09 m³/s) donné par (Jugie et al., 2007) (tableau 4). Aucune donnée n'est fournie sur l'IED concernant le débit lors de l'opération de 2016¹.

La profondeur moyenne en eau relevée en 2012 semble fausse. Elle est d'1 cm contre respectivement 18 et 17 cm en 2016 et 2024. Après vérification sur webCARHYCE, une erreur de saisie d'hydrosphère, a été relevée. Les profondeurs ont été saisies en centimètres et non en mètres. La profondeur réelle, recalculée, est de 12 cm. La note calculée pour la métrique « profondeur des mouilles » de l'IMG est donc erronée, ce qui affecte les notes finales de l'IMG et l'IHC de 2012 qui s'en trouvent faussées.

¹ Cette opération a été réalisée par Hydrosphère et le débit n'a pas été saisi sur webCARHYCE.

En ce qui concerne les paramètres géométriques, peu d'évolutions sont constatées hormis une augmentation de la largeur plein bord moyenne (3,6 m en 2012 ; 6,2 m en 2016 puis 6,9 m en 2024) et du rapport lpb/ppb (2,4 en 2012 ; 5,2 en 2016 et 4,4 en 2024).

Les pentes de la ligne d'eau mesurées en 2012 et en 2024 sont proches (respectivement 8,9 ‰ et 8,1 ‰), néanmoins une étrange augmentation est observée en 2016 (14,5 ‰). Il est possible que la pente ait augmenté sur une courte durée, mais également qu'une erreur de mesure ou de saisie ait été effectuée par l'opérateur.

Le colmatage n'a été évalué qu'une fois en 2024, il est important, la profondeur d'oxygénation du substrat est faible (4 cm).

Enfin, la puissance spécifique et le débit à plein bord calculés pour 2012 sont faussés en lien avec la sous-estimation de la profondeur moyenne en eau. Les puissances spécifiques calculées pour 2016 (67,9 w/m²) et 2024 (40,4 w/m²) indiquent que sur la station, la Mérantaise possède une bonne capacité à éroder ses berges, transporter des sédiments et donc se réajuster sur le plan morphologique. Au vu de la valeur des débits à plein bord calculés (2,1 m³/s en 2016 et 3,4 m³/s en 2024), elle semble posséder également une forte capacité de débordement. Bien qu'aucune chronique de débit ne soit disponible afin d'observer la période de retour de tels débits, il est probable qu'ils soient régulièrement atteints lors de périodes de fortes précipitations, en lien avec l'urbanisation du bassin.

Station restaurée amont

Les notes de l'IMG et de l'IHC, à la station restaurée amont sont les suivantes (tableau 5):

Tableau 5 : Valeurs des métriques de l'IMG et de l'IHC calculées pour la station restaurée amont

			État initial	Post-travaux	
			2012 (bief perché)	2016	2024
Valeurs des résidus standardisés	Largeur à plein bord		-0,76	-2,54	-1,28
	Rapport Lpb/Ppb		-0,19	-1,07	-0,31
	Profondeur des mouilles		-2,43	-0,43	-0,7
	Profondeur plein bord maximum		-0,39	-0,58	-0,59
	Pente de la ligne d'eau		-1,21	0,73	0,35
	Surface mouillée à plein bord		-0,4	-2	-1,14
IMG			5,38	7,36	4,37
			Écart faible	Écart moyen	Écart très faible
Score des métriques	Géométrie du lit (GH)		6/25	12/25	0/25
	Diversité des formes (Dfor)	Nb alt	8/15	0/15	2/15
		Nb s/m	5/5	0/5	5/5
	Diversité du substrat (Dsub)	Mob sub	15/15	6/15	15/15
		Tx fines	5/5	5/5	2/5
	Présence d'habitats (Hab)		10/10	10/10	2/10
	Ripisylve (Rip)	Sco rip	3/12	9/12	6/12
		Tx vnat	0/3	0/3	0/3
Artificialité des berges (Art)			5/10	0/10	8/10
IHC			57/100	42/100	40/100
			0,57	0,42	0,40
			Écart fort	Écart moyen	Écart moyen

Lors des relevés pré-travaux effectués dans le bief perché, les deux indices donnent des écarts aux références considérées très différents. La note de l'IMG est de 5,38, elle correspond à un « écart

faible », la note de l'IHC est de 0,57, elle correspond à un « écart fort ». La géométrie du lit semble donc moins altérée que les autres compartiments physiques du lit (ripisylve, substrat, habitats ...).

Pour l'IMG, les métriques les plus altérées sont la profondeur des mouilles (score -2,43) et dans une moindre intensité, la pente de la ligne d'eau (-1,21). Les autres métriques sont proches du référentiel (notes fluctuantes entre -0,76 et -0,19).

Concernant l'IHC, l'indice démontre une situation éloignée aux modèles de références pour :

- La métrique « Diversité du substrat » (Dsub), avec le score maximal possible (20/20). La charge caillouteuse n'est pas mobilisable lors des crues légèrement inférieures à la crue annuelle (Mob sub 15/15) et le taux de particules fines est très élevé (Tx fines 5/5).
- La métrique « Présence d'habitats » (Dhab) possède également le score maximal (10/10). La diversité des habitats est nulle (seulement 4 sous-berges présentes) ([annexe 20](#));
- La métrique « Diversité des formes » (Dfor) présente un score total de 13/20. La diversité des faciès et leurs fréquences d'alternance n'apparaissent pas suffisantes. Aucun faciès de type « mouille » n'a été observé et seulement 3 alternances sont présentes ([annexe 21](#));
- La métrique « Artificialité des berges (Art) » avec un score de 5/10. 2 berges sur les 29 renseignées ont présenté des matériaux artificiels ([annexe 22](#)).

Concernant les relevés post-travaux, effectués dans le nouveau bras créé, la note de l'IMG diminue entre 2016 (7,36) et 2024 (4,37), **passant d'un écart aux références « moyen » à un écart « très faible »**. La largeur à plein bord (-2,54 en 2016 et -1,28 en 2024) et la surface mouillée à plein bord (-2,0 en 2016 et -1,14 en 2024) sont les 2 métriques les plus déclassantes en 2016 et en 2024. Il s'agit également des 2 métriques dont l'évolution vers l'état de référence (valeur 0) est le plus intense (1,26 et 0,86 point). Les autres métriques sont plus proches de l'état de référence (fluctuation entre -1,07 et 0,73) et évoluent moins fortement entre les 2 relevés.

Pour l'IHC, les deux relevés post-travaux présentent des notes quasiment identiques (0,42 en 2016 et 0,40 en 2024) **définissant l'écart aux références comme « moyen »**. En lien avec l'évolution des notes de l'IMG, la métrique GH diminue fortement entre 2016 (12/25) et 2024 (0/20). La métrique Dsub est globalement la plus altérée avec un score de 11/20 en 2016 et 17/20 en 2024. La métrique Dfor présente chaque année une note moins importante que lors de l'état initial, dans le bief perché (13/20 en 2012 dans le bief perché contre 0/20 en 2016 et 7/20 en 2024 dans le nouveau bras). Le relevé de 2024 démontre une augmentation des habitats par rapport à celui de 2016 (Hab : 10/10 en 2016 et 2/10 en 2024), néanmoins, il relève la présence d'une artificialisation plus importante des berges (Art : 0/10 en 2016 et 8/10 en 2024).

Tableau 6 : Valeurs des paramètres du protocole CARHYCE à la station restaurée amont

Paramètres	État initial	Post-travaux	
	2012 (bief perché)	2016	2024
Nombre de transects	15	15	15
Débit jaugé (L/s)	82	1140	90
Profondeur moyenne en eau Pm (cm)	15	17	16
Largeur plein bord moyenne LpBm (m)	4,4	3,4	4,5
Profondeur plein bord moyenne Ppbm (m)	15,7	17,5	16,5
Hauteur plein bord moyenne Hpbm (m)	0,7	0,5	0,5
Largeur mouillée moyenne Lmm (m)	3,6	2,1	2,7
Rapport lpb/ppb	0,3	0,2	0,3
Coefficient de variation de la profondeur en eau (%)	26,5	44,0	33,4
Coefficient de variation de la largeur plein bord (%)	9,2	4,0	15,1

Coefficient de variation de la largeur mouillée (%)	15,2		12,5	22,9
Coefficient de variation de la hauteur plein bord (%)	18,4		12,1	21,6
Profondeur moyenne de colmatage	/		/	5,7
Pente de la ligne d'eau (‰)	1,6		6,6	5,0
Puissance spécifique à pleins bords (w/m ²)	3,8		217,1	11,9
Débit à plein bord (m ³ /s)	1,3		11,0	1,1

Les conditions hydrologiques lors des relevés de 2012 et de 2024 sont très proches (respectivement 82 et 90 L/s) (tableau 6), elles correspondent au débit annuel moyen (0,09 m³/s) donné par (Jugie et al., 2007). Le débit renseigné pour l'opération de 2016 est beaucoup plus important (1140 L/s). Cette valeur apparaît très surprenante, car la profondeur moyenne en eau et la largeur mouillée moyenne de ce relevé sont proches de 2024. Il est probable que le débit réel était de 114 L/s. Cette erreur impacte la puissance spécifique et le débit à plein bord qui seraient donc surestimés pour 2016.

Certains paramètres (géométriques, profondeur, hauteur) évoluent peu entre l'état initial dans le bief perché et les états post-travaux dans le nouveau lit. À l'inverse, une importante évolution de la largeur plein bord moyenne et de la largeur mouillée moyenne s'observe entre l'état initial et le premier relevé post-travaux ; ainsi qu'entre le premier et le second relevé post-travaux. Lors du relevé de 2016, le nouveau lit créé présente des largeurs plein bord et mouillées (respectivement 3,4 m et 2,1 m) bien inférieures à celles du bief perché (4,4 m et 3,6 m). En 2024, la largeur mouillée évolue (2,7 m), elle se rapproche de celle de l'état initial dans le bief perché.

Le colmatage n'a été évalué qu'une fois, en 2024. Il est important, car la profondeur d'oxygénation du substrat est faible (5,7 cm).

Lors du relevé dans le bief perché, la pente de la ligne d'eau était très faible (1,6 ‰), la construction d'un nouveau lit a permis d'augmenter ce paramètre (6,6 ‰ en 2016 et 5,0 ‰ en 2024).

La puissance spécifique calculée pour 2012 (3,8 w/m²) est très faible, elle indique que dans le bief perché, la Mérantaise ne possédait pas la capacité à éroder ses berges, transporter des sédiments et donc s'auto ajuster. Bien que la création du nouveau lit a permis d'augmenter légèrement la puissance spécifique (11,9 w/m²), le cours d'eau semble toujours limité dans ces processus d'érosion des berges et/ou du lit. La valeur calculée pour 2016 ne peut pas être exploitée à cause du doute sur la valeur du débit jaugé.

Au vu de la valeur des débits à plein bord calculés (1,3 m³/s en 2012 et 1,1 m³/s en 2024), la Mérantaise semble posséder une bonne capacité de débordement (voir explications du débit à plein bord, partie « Matériels et méthodes, hydromorphologie »). Bien qu'aucune chronique de débit ne soit disponible afin d'observer la période de retour de tels débits, il est probable qu'ils soient régulièrement atteints lors de périodes de fortes précipitations, en lien avec l'urbanisation du bassin.

Station restaurée aval

Les notes de l'IMG et de l'IHC, à la station restaurée aval sont les suivantes (tableau 7) :

Tableau 7 : Valeurs des métriques de l'IMG et de l'IHC calculées pour la station restaurée aval

		État initial	Post-travaux	
Paramètres		2012	2016	2024
Valeurs des résidus standardisés	Largeur à plein bord	-1,17	0,06	0,42
	Rapport Lpb/Ppb	-0,65	-0,92	-0,81
	Profondeur des mouilles	-9,53	-0,73	0,55
	Profondeur plein bord maximum	-0,16	1	1,12

Pente de la ligne d'eau			-3,67	0,5	-0,73
Surface mouillée à plein bord			0,02	0,46	0,86
IMG			15,22	3,68	4,48
			Écart très fort	Écart très faible	Écart très faible
Score des métriques	Géométrie du lit (GH)		25/25	0/25	0/25
	Diversité des formes (Dfor)	Nb alt	8/15	2/15	0/15
		Nb s/m	5/5	0/5	1/5
	Diversité du substrat (Dsub)	Mob sub	NA	15/15	15/15
		Tx fines	NA	5/5	5/5
	Présence d'habitats (Hab)		10/10	2/10	0/10
	Ripisylve (Rip)	Sco rip	9/12	3/12	9/12
		Tx vnat	3/3	0/3	3/3
Artificiliaté des berges (Art)			5/10	10/10	2/10
IHC			65/80	37/100	35/100
			0,81	0,37	0,35
			Écart très fort	Écart moyen	Écart moyen

Lors des relevés pré-travaux (2012), les deux indices démontrent un écart « très fort » aux références considérées. Les notes obtenues sont de 15,22 pour l'IMG et 0,81 pour l'IHC.

Pour l'IMG, les métriques les plus altérées sont : la profondeur des mouilles (-9,53), la pente de la ligne d'eau (-3,67) et dans une moindre mesure la largeur plein bords (-1,17). Les autres métriques apparaissent proches du référentiel (notes comprises entre -0,65 et 0,02).

Concernant l'IHC, l'indice démontre une situation éloignée aux modèles de références pour :

- La géométrie du lit (GH). Il s'agit de la métrique qui impacte le plus la note finale avec un score de 25/25. Elle intègre en sous-métrique, la note de l'IMG, dans son calcul.
- La métrique « Présence d'habitats » (Hab) avec également le score maximal (10/10). La diversité des habitats est pauvre (seulement des chevelus racinaires), ils n'occupent que 3 berges sur les 30 observées ([annexe 23](#)) ;
- La métrique « Diversité des formes » (Dfor) présente un score de 13/20. La diversité des faciès et leurs fréquences d'alternance n'apparaît pas suffisante. Seuls des plats lents et des mouilles ont été relevés et leurs alternances se limite à 3 fois ([annexe 24](#)) ;
- La ripisylve avec un score de 12/15. Elle est présente uniquement sous forme d'un rideau (épaisseur <5m). Les herbacées constituent la strate dominante sur 60% des berges et le taux de végétation naturelle est faible (50%) ([annexe 25](#)).

La métrique « Diversité du substrat » (Dsub) n'a pas été calculée car aucunes données granulométriques n'ont été saisies sur web CARHYCE.

Lors des relevés post-travaux, les notes des deux indices s'améliorent nettement. L'IMG indique chaque année un écart « très faible » à la référence et l'IHC un écart « moyen ».

Pour l'IMG, l'amélioration de la note s'explique par une très forte augmentation de la métrique sur la profondeur des mouilles. La note est passée de -9,53 en 2012 à -0,73 en 2016 puis 0,55 en 2024. Dans une moindre mesure, les notes des métriques sur la largeur à plein bord et sur la pente de la ligne d'eau se sont également améliorées. Les notes associées autres métriques ont peu évolué.

Concernant l'IHC, l'amélioration de la note s'explique par une diminution du score de l'ensemble des métriques. La géométrie du lit (GH) a atteint le score de 0/25 en 2016 et 2024. Les scores des métriques Dfor (2/20 en 2016 et 1/20 en 2024) et Hab (2/10 en 2016 et 0/10 en 2024) ont également chuté par

rapport à l'état initial. A l'inverse, le score de la ripisylve a peu évolué (score identique entre 2012 et 2024 avec 12/15).

La métrique « diversité du substrat » (Dsub) a pu être calculée. Elle présente largement le score le plus impactant avec 20/20 en 2016 et 2024.

Tableau 8 : Valeurs des paramètres du protocole CARHYCE à la station restaurée aval

Paramètres	État initial	Post-travaux	
	2012	2016	2024
Nombre de transects	15	15	15
Débit jaugé (L/s)	82	463	123
Profondeur moyenne en eau Pm (cm)	0,4	21	23
Largeur plein bord moyenne LpBm (m)	4,7	7,2	7,1
Profondeur plein bord moyenne Ppbm (m)	1,3	1,3	1,4
Hauteur plein bord moyenne Hpbm (m)	0,9	1,1	1,2
Largeur mouillée moyenne Lmm (m)	3,6	2,6	2,9
Rapport lpb/ppb	3,5	5,3	5,1
Coefficient de variation de la profondeur en eau (%)	51,9	69,7	71,5
Coefficient de variation de la largeur plein bord (%)	7,9	25,0	12,8
Coefficient de variation de la largeur mouillée (%)	9,7	16,6	17,5
Coefficient de variation de la hauteur plein bord (%)	15,3	23,8	21,8
Profondeur moyenne de colmatage (cm)	/	/	2,9
Pente de la ligne d'eau (‰)	0,3	5,6	2,3
Puissance spécifique à pleins bords (w/m²)	462,6	102,9	8,7
Débit à plein bord (m³/s)	823,6	11,8	2,7

Les conditions hydrologiques lors des 3 relevés diffèrent (tableau 8). Le débit donné lors du relevé de 2016 est beaucoup plus important (463 L/s). Cette valeur semble douteuse car la profondeur moyenne en eau et la largeur mouillée moyenne de ce relevé sont proches de 2024. Cette erreur impacte la puissance spécifique et le débit à plein bord calculés qui sont surestimés pour 2016.

La profondeur moyenne en eau relevée en 2012 semble également surprenante. Elle est de 0,4 cm contre respectivement 21 et 23 cm en 2016 et 2024. Après vérification sur webCARHYCE, une erreur de saisie a été identifiée. Les profondeurs ont à nouveau été saisies en centimètres et non en mètres. La profondeur réelle, recalculée, est de 37 cm. La note calculée pour la métrique « profondeur des mouilles » de l'IMG est donc erronée et les notes finales de l'IMG et l'IHC faussées.

En ce qui concerne les paramètres géométriques, d'importantes évolutions sont constatées. La largeur plein bord moyenne (4,7 m en 2012 ; 7,2 m en 2016 puis 7,1 m en 2024), le rapport lpb/ppb (3,5 en 2012 ; 5,3 en 2016 puis 5,1 en 2024) et la pente de la ligne d'eau (0,3 ‰ en 2012, 5,6 ‰ en 2016 et 2,3 ‰ en 2024) ont fortement augmentés. A l'inverse, la profondeur moyenne en eau (37 cm en 2012 ; 21 cm en 2016 puis 23 cm en 2024) et la largeur mouillée moyenne (3,6 m en 2012 ; 2,6 m en 2016 puis 2,9 m en 2024) ont diminués.

Le colmatage n'a été évalué qu'une fois, en 2024. Il est important car la profondeur d'oxygénation du substrat est faible (2,9 cm).

Enfin, la puissance spécifique et le débit à plein bord calculés pour 2012 sont faussés en lien avec la sous-estimation de la profondeur moyenne en eau. Un doute persiste également quant aux valeurs de

2016 puisque le débit jaugé semble surestimé. La puissance spécifique calculée pour 2024 (8,7 w/m²) indique que le cours d'eau ne posséderait pas la capacité à éroder ses berges, transporter des sédiments et in fine s'ajuster naturellement. Au vu de la valeur du débit à plein bords calculé (2,7 m³/s en 2024), il semble néanmoins posséder une forte capacité de débordement (*voir explications du débit à plein bord, partie « Matériels et méthodes »*).

INVENTAIRES PISCICOLES

Station témoin

6 opérations de pêche ont été réalisées à la station témoin amont : 1 pêche pré-travaux en 2012 (N-2) et 5 pêches post-travaux entre 2016 (N+2) et 2024 (N+10). Les valeurs de l'IPR calculées à chaque pêche sont les suivantes ([tableau 9](#)) :

Tableau 9 : Notes IPR à la station témoin

Métriques		2012		2016	2017	2018	2020	2024
Occurrence	Nombre d'espèces rhéophiles (NER)	2,92		3,04	3	2,9	3,01	3,01
	Nombre d'espèces lithophiles (NEL)	4,78		2,59	5,2	4,71	5,24	5,24
	Nombre total d'espèces (NTE)	2,91		0,44	0,48	2,84	0,47	0,47
Abondance	Densité d'individus tolérants (DIT)	0,82		1,5	2,73	3,05	2,43	2,43
	Densité d'individus omnivores (DIO)	0,69		1,45	3,17	0,66	2,33	2,33
	Densité d'individus invertivores (DII)	1,99		0,75	0,27	0,97	1,62	1,62
	Densité totale d'individus (DTI)	2,34		0,21	1,32	1	0,01	0,01
IPR		16,45		9,98	16,17	16,13	15,11	15,11
État écologique correspondant		Médiocre		Bon	Médiocre	Médiocre	Bon	Bon

L'état du peuplement piscicole de la station en 2012 est défini comme « médiocre » par l'IPR (note 16,45). Les métriques d'occurrence sont les plus pénalisantes, elles démontrent un déficit important du nombre d'espèces lithophiles (NEL = 4,78 ; valeur observée 1 ; valeur théorique 2,53) et du nombre d'espèces rhéophiles (NER = 2,92 ; valeur observée 1 ; valeur théorique 1,67) qui engendrent un déficit du nombre total d'espèces (NTE = 2,91 ; valeur observée 4 ; valeur théorique 7,09). La densité d'individu invertivores est trop faible par rapport à la référence (DII = 1,99 ; valeur observée 0,07, valeur théorique 0,1) et provoque une sous-densité globale à l'échelle de la station (DTI = 2,34 ; valeur observée 0,13, valeur théorique 0,36).

Pour les pêches postérieures aux travaux, les notes IPR calculées sont globalement proches de celle de 2012 (en limite de classe médiocre/bon aux alentours de 16). Seule l'année 2016 démontre une note nettement inférieure (9,98). Un déficit important du nombre d'espèces lithophiles (NEL) et du nombre d'espèces rhéophiles (NER) est de nouveau constaté (les valeurs des métriques varient entre 2,59 et 5,24 ; la valeur observée est constamment inférieure à la valeur théorique). A l'inverse, le nombre total d'espèces et la densité totale d'individus semblent s'être rapprochés de la référence (DTI ≤ 1 pour 4 années sur les 5) (NTE ≤ 0,5 pour 4 années sur les 5). Enfin, une augmentation des densités d'individus tolérants et omnivores s'observe par rapport à 2012. Les individus de ces types sont surdensité par rapport aux peuplements théoriques (DIT et DIO > 2,3 respectivement lors de 4 et 3 années sur 5).

Le graphique comparatif du peuplement théorique aux peuplements réels, construit dans le cadre du calcul du SI₂G confirme les altérations du peuplement relevées par l'IPR ([annexe 26](#)). **Le peuplement de la station correspond à celui d'un contexte salmonicole perturbé** où la truite fario est présente, mais certaines de ses espèces accompagnatrices sont absentes (chabot, vairon et lamproie de planer), ce qui explique le manque d'espèces lithophiles (NEL) et rhéophiles (NER). De plus, la surdensité d'espèces tolérantes (DIT) et omnivores (DIO) constatée depuis 2016 peut être assimilée à la présence

de certaines espèces théoriquement absente comme la carpe, le chevesne ou le carassin, théoriquement inféodées à des cours d'eau de niveaux typologiques plus importants.

Malheureusement, l'approche via l'indice SI₂G ne permet d'obtenir davantage d'informations pour cette station. Le score calculé pour la métrique SI₂H est supérieur à 20/20 pour de nombreuses années (annexe 27). Il est probable que l'erreur provienne du niveau typologique considéré (à partir du PDPG des Yvelines (*Fédération Départementale pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques d'Yvelines, s. d.*) qui ne doit pas être adapté au site.

Enfin, l'expertise des densités d'individus par espèce (annexe 28) ne fait que confirmer les constats déjà réalisés sur le type de peuplement observé (salmonicole perturbé) et la dynamique récente du peuplement (développement d'espèces inféodées aux zones cyprinicoles). Les densités de truite (espèce repère) sont faibles et fluctuent légèrement, atteignant au maximum 1032 ind/ha en 2020, et 201 ind/ha au minimum en 2018. Pour ce qui est de la loche franche, une tendance à l'augmentation des densités est observée depuis 2012. La densité maximum observée était de 4502 ind/ha en 2018, soit plus de 8 fois la densité de 2012 (555 ind/ha). Enfin, relevons la présence de l'écrevisse à pied blanc en 2024. Cette espèce, protégée et patrimoniale, n'avait pas été recensée lors des précédentes pêches.

Station restaurée amont

6 opérations de pêche ont aussi été réalisées à la station restaurée amont : 1 pêche pré-travaux en 2012 dans le bief perché et 5 pêches post-travaux entre 2016 et 2024. Les valeurs de l'IPR calculées à chaque pêche sont les suivantes (tableau 10) :

Tableau 10 : Notes IPR à la station restaurée amont

		Avant travaux	Après travaux				
Métriques		2012	2016	2017	2018	2020	2024
Occurrence	Nombre d'espèces rhéophiles	3,04	3,01	3,03	3,02	3,37	3,03
	Nombre d'espèces lithophiles	5,51	5,38	5,64	5,62	5,58	5,67
	Nombre total d'espèces	1,23	0,22	2,95	0,06	1,72	1,81
Abondance	Densité d'individus tolérants	2,45	8,1	3,65	4,96	1,44	3,36
	Densité d'individus omnivores	2,08	13,31	1,72	4,32	5,5	0,94
	Densité d'individus invertivores	1,08	1,87	1,66	0,64	0,12	1,03
	Densité totale d'individus	0,53	5,48	0,43	2,16	1,28	0,36
IPR		15,92	37,37	19,08	20,78	19,01	16,2
État écologique correspondant		Bon	Très mauvais	Médiocre	Médiocre	Médiocre	Médiocre

L'état du peuplement piscicole du bief perché, en 2012, est défini comme « bon » par l'IPR, avec une note de 15,92 à la limite de la classe « médiocre » qui débute à 16. Les métriques d'occurrence sont les plus pénalisantes, elles démontrent un déficit important du nombre d'espèces lithophiles (NEL = 5,51 ; valeur observée 1 ; valeur théorique 2,65) et rhéophiles (NER = 3,04 ; valeur observée 1 ; valeur théorique 1,63). La métrique sur le nombre total d'espèces n'est pas aussi altérée (NTE = 1,23 ; valeur observée 5 ; valeur théorique 6,49), cela suggère la présence d'espèces d'autres espèces (potentiellement non attendues), qui ne sont pas rhéophiles ou lithophiles. Il est probable que ces espèces soient tolérantes ou omnivores, car les 2 métriques associées à ces guildes présentes des valeurs observées plus importantes que les valeurs théoriques (DIT = 2,45 ; valeur observée 0,17 ; valeur théorique 0,07) (DIO = 2,08 ; valeur observée 0,03 ; valeur théorique 0,02).

Lors de la première pêche post-travaux, l'état du peuplement piscicole du nouveau lit créé en fond de vallée, est défini comme « Très mauvais » par l'IPR avec une note de 37,37. Les espèces tolérantes et omnivores sont en surdensité et semblent dominer largement le peuplement (DIT = 8,1 ; valeur observée 2,13 ; valeur théorique 0,06) (DIO = 13,31 ; valeur observée 1,57 ; valeur théorique 0,02). Bien qu'elle reste importante, cette dominance est moins extrême lors des inventaires suivants où les métriques DIO et DIT ainsi que la note globale de l'indice diminuent (note IPR à 20,78 en 2018 et 16,2 en 2024). La création du nouveau bief ne semble pas avoir entraîné la présence d'autres espèces rhéophiles et lithophiles toujours sous-représentées (NEL aux alentours de 5) (NER aux alentours de 3).

Le graphique comparatif du peuplement théorique aux peuplements réels, construit dans le cadre du calcul du SI₂G confirme les altérations du peuplement relevées par l'IPR (annexe 29). Le peuplement de la station correspond à celui d'un contexte salmonicole perturbé où la truite fario est présente, mais certaines de ses espèces accompagnatrices sont absentes (chabot, vairon et lamproie de planer), ce qui explique le manque d'espèces lithophiles (NEL) et rhéophiles (NER) avant et après les travaux. De plus, la surdensité d'espèces tolérantes (DIT) et omnivores (DIO) constatée continuellement depuis l'état initial, peut être assimilée à la présence de certaines espèces théoriquement absente comme le chevesne, l'épinochette ou l'épinoche.

Comme pour la station témoin, les notes du SI₂G calculées ne seront pas exploitées, car le score de la métrique SI₂H dépasse 20/20 en 2018 (24,3) (annexe 30).

L'expertise des densités d'individus par espèce (annexe 31) confirme le type de peuplement observé (salmonicole perturbé) ainsi que la faible influence des travaux sur le peuplement. La loche est l'espèce attendue pour laquelle les travaux ont été les plus bénéfiques. Sa densité a été multipliée par 5 entre 2012 (1378 ind/ha) et les années 2016 (6808 ind/ha), 2018 (7249 ind/ha) et 2020 (6819 ind/ha). A l'inverse, les densités de truite (espèce repère) sont restées constamment faibles. La densité maximale a été observée lors de l'état initial, dans le bief perché (543 ind/ha), et la densité minimale lors de la première pêche à la suite des travaux (2016 avec 70 ind/ha). L'augmentation de l'IPR en 2016 semble être liée à une surdensité d'épinoches (14468 ind/ha, soit plus de 60 % du nombre d'individu total échantillonnés cette année-là). Enfin, relevons la présence de l'écrevisse à pied blanc en 2024. Comme pour la station témoin, cette espèce n'avait pas été recensée lors des précédentes pêches.

Station restaurée aval

6 opérations de pêche ont été réalisées à la station restaurée aval : 1 pêche pré-travaux en 2012 dans le remous du « vannage de la copropriété » puis 5 pêches post-travaux entre 2016 et 2024. Les valeurs de l'IPR calculées à chaque pêche sont les suivantes (tableau 11) :

Tableau 11 : Notes IPR à la station restaurée aval

		Avant travaux	Après travaux				
Métriques		2012	2016	2017	2018	2020	2024
Occurrence	Nombre d'espèces rhéophiles (NER)	7,08	2,99	3	3,01	3,02	3,01
	Nombre d'espèces lithophiles (NEL)	9,91	5,59	5,41	5,62	5,61	5,53
	Nombre total d'espèces (NTE)	1,23	2,63	1,46	0,27	1,03	0,53
Abondance	Densité d'individus tolérants (DIT)	2,33	3,58	5,11	2,39	3,16	3,24
	Densité d'individus omnivores (DIO)	5,77	4,23	2,25	2,63	4,36	2,19
	Densité d'individus invertivores (DII)	1,06	0,41	1,2	0,48	0,15	0,38
	Densité totale d'individus (DTI)	0,21	1,11	3,1	0,34	1,66	1,15
IPR		27,59	20,54	21,53	14,74	18,99	16,03
État écologique correspondant		Mauvais	Médiocre	Médiocre	Bon	Médiocre	Médiocre

Avant les travaux de restauration, la note IPR de la station est de 27,59, elle correspond à la **classe de qualité « mauvais »**. Les métriques NER et NEL sont les plus altérées. Elles démontrent une absence d'espèces rhéophiles et lithophiles (NER = 7,08, valeur observée 0, valeur théorique 1,67) (NEL = 9,91, valeur observée 0, valeur théorique 2,73). A l'inverse, les individus omnivores et tolérants sont présents en surdensité (DIO = 5,77 ; valeur observée 0,24 ; valeur théorique 0,02) (DIT = 5,77 ; valeur observée 0,21 ; valeur théorique 0,09), ce qui compense l'absence d'individus rhéophiles et lithophiles, pour le calcul des métriques sur la densité totale d'individus et le nombre total d'espèce (DTI = 0,21 ; valeur observée 0,13 ; valeur théorique 0,1) (NTE = 1,23 ; valeur observée 9, valeur théorique 7,44).

A la suite des travaux, les notes de l'IPR fluctuent entre 20,54 (2016) et 14,74 (2018), **appartenant aux classes de qualité « médiocre » et « bon »**. Les espèces rhéophiles et lithophiles sont toujours sous-représentées (NER constamment aux alentours de 3) (NEL aux alentours de 5,5), tandis que les individus tolérants et omnivores sont surdensitaires (DIT entre 2,39 et 5,11) (DIO entre 2,25 et 4,36). Le nombre total d'espèces ainsi que la densité totale d'individus varient selon les années. Les plus grands écarts par rapport au peuplement de référence ont été observés en 2016 (NTE = 2,63) et en 2017 (DTI = 3,1). Depuis, les valeurs des métriques se rapprochent des valeurs attendues, avec un NTE compris entre 0,27 et 1,03, et un DTI entre 0,34 et 1,66. Post-travaux, une tendance à une légère diminution de la note IPR est relevée même si cela n'est pas suffisant pour atteindre un bon état, excepté en 2018.

Comme pour les deux autres stations, **le graphique comparatif du peuplement théorique aux peuplements réels**, construit dans le cadre du calcul du SI2G confirme les altérations du peuplement relevées par l'IPR ([annexe 32](#)). Cette approche permet également de mettre en évidence certains bénéfices des travaux, non détectables par l'analyse de l'IPR. En effet, bien que la truite ait été absente lors de l'état initial, elle a été observée lors de chaque campagne de pêche post-travaux (classe d'abondance 1 ou 2). Il semblerait donc que les travaux aient permis l'installation d'une population faible mais stable.

Concernant les notes du SI2G, elles ne seront pas exploitées, car le score de la métrique SI2H dépasse 20/20 en 2012, 2016, 2018 et 2020 ([annexe 33](#)).

L'expertise des densités d'individus par espèce ([annexe 34](#)) confirme le type de peuplement observé (salmonicole perturbé) ainsi que les bénéfices des travaux pour la truite (développement d'une faible population estimée entre 171 et 775 ind/ha selon les années). Elle montre également une augmentation des densités de loches à la suite des travaux. Généralement, les densités sont de l'ordre de 2 à 4 fois celle de l'état initial, atteignant au maximum plus de 12 fois sa valeur en 2017 (12272 ind/ha). D'après le graphique comparatif du peuplement théorique aux peuplements réels ([annexe 32](#)), ces variations de densités sont significativement impactant sur la structure du peuplement. En 2012 la classe d'abondance de l'espèce était de 2 tandis qu'en 2017 et 2024 elle est respectivement de 4 et 3. Pour ce qui est de la métrique DIT, l'obtention d'un score élevé peut être expliqué par la présence en forte densité de la loche. Concernant la métrique DIO, plusieurs espèces sont responsables de la surdensité, dont le chevesne, le gardon et l'épinoche.

Enfin, il est nécessaire de relever l'échantillonnage d'une écrevisse à pied blanc en 2024 et de plusieurs anguilles en 2012 et 2024.

DISCUSSION

HYDROMORPHOLOGIE

Station témoin

Les résultats ont démontré que les valeurs de certaines métriques calculées pour l'état initial sont erronées (*voir partie Résultats, station témoin*).

Dans ce cas, si l'on attribue à la métrique « profondeur des mouilles » de l'état initial, une note semblable à celles obtenues lors des relevés post-travaux ; et que l'on ne tient pas compte de la métrique « Géométrie hydraulique » dans le calcul de l'IHC², **les notes de l'IMG et de l'IHC sont proches entre les années** (IMG recalculé : 7,03 en 2012, 5,88 en 2016 et 5,74 en 2024) (IHC recalculés : 0,48 en 2012, 0,26 en 2016 et 0,45 en 2024) ([annexe 35](#)). **La trajectoire morphologique de la station apparaît donc peu dynamique pour la géométrie (IMG) comme pour les autres compartiments (IHC).**

Seuls les paramètres de largeur plein bord et de diversité de faciès présentent une évolution notable (largeur plein bord 3,6 m en 2012 et plus de 6 m en 2016 et 2020) (Dfor : 17/20 en 2012, 0/20 en 2016 et 3/20 en 2024) ([tableau 3 et 4](#)). Il est probable que ces évolutions soient naturelles, compte tenu de la bonne capacité d'érosion, de transport et d'ajustement naturel du cours d'eau à cette station (puissance spécifique de 67,9 w/m en 2016 et 40,4 w/m² en 2024) ([tableau 4](#)).

Enfin, depuis l'état initial, le substrat et les habitats demeurent les deux composantes de la morphologie les plus altérées (Dsub entre 12 et 20/20) (Hab supérieur à 8/10 à deux reprises) ([tableau 3](#)) ([annexe 18](#)).

Station restaurée amont

Avant les travaux, le bief perché présentait un écart « faible » aux modèles de référence pour la géométrie (IMG 5,38) et un écart « fort » pour les autres compartiments physiques du cours d'eau (diversité des substrats, diversité des faciès, habitats disponibles...) (IHC 0,57) ([tableau 5](#)). La pente de la ligne d'eau était quasiment nulle, les faciès homogènes, la quantité d'habitats disponibles très limitée, la charge caillouteuse pas mobilisable et le taux de particules fines était important. La création d'un nouveau lit était nécessaire, car le bief ne possédait pas la capacité de s'auto ajuster (puissance spécifique à pleins bords 3,8 w/m²) ([tableau 6](#)).

Les travaux ont permis l'atteinte, en 2024, d'un écart « très faible » aux modèles de référence pour la géométrie (IMG 4,37) et un écart « moyen » pour les autres compartiments physiques du cours d'eau (IHC 0,40) ([tableau 5](#)). **La trajectoire morphologique de la station apparaît donc dynamique et positive pour la géométrie (IMG) comme pour les autres compartiments (IHC)** ([annexe 37](#)). La pente de la ligne d'eau est aujourd'hui proche des configurations de référence, les faciès sont plus diversifiés et les habitats plus nombreux et variés ([annexes 20 et 21](#)).

Bien que la puissance spécifique à pleins bords soit faible (11,9 w/m² en 2024), il semblerait que des processus d'auto ajustement du lit ai eu lieu à la suite des travaux. La largeur à plein bord et la largeur mouillée ont fortement augmenté entre 2016 et 2024 (respectivement 3,4 et 2,1 m en 2016 contre 4,5 et 2,7 m en 2024) ([tableau 6](#)).

² Pour l'IMG, il a été décidé d'attribuer le score de 0,51 à la métrique « profondeur des mouilles ». Concernant l'IHC, l'indice est évalué sur 75 au lieu de 100 à cause de la non prise en compte de la métrique « Géométrie hydraulique GH ».

Enfin d'après l'IHC, le substrat est actuellement encore fortement altéré (tableau 5). Le taux de particules fines est important et la charge caillouteuse est peu mobile (Dsub 17/20 en 2024). Cette altération est complexe à réduire puisqu'elle est induite, en partie, par l'occupation du bassin versant (apports d'éléments fins par les monocultures et apports solides limités par l'urbanisation).

Station restaurée aval

À l'instar de la station témoin, certaines métriques calculées pour l'état initial sont erronées (voir partie Résultats station restaurée aval).

Après recalcul de l'IMG et de l'IHC pour l'état initial, **la trajectoire morphologique de la station apparaît toujours nettement positive**, mais d'une intensité moins extrême (IMG recalculés : 6,22 en 2012, 3,68 en 2016 et 4,48 en 2024) (IHC recalculés : 0,65 en 2012, 0,37 en 2016 et 0,35 en 2024) (annexe 12) (tableau 7).

La suppression de plusieurs obstacles à la continuité écologique (dont le vannage « de la copropriété ») a permis d'augmenter la pente (tableau 8), probablement à la suite d'un phénomène d'érosion régressive, permettant le retour à une valeur plus proche des références (tableau 7). En parallèle, le reméandrage a permis une diversification des faciès (annexe 24), et le talutage a engendré une augmentation de largeur plein bord (tableau 8). Enfin, les travaux ont engendré une augmentation du nombre d'habitats (annexe 23), toutefois, ils n'ont pas permis de réduire l'altération du substrat, vraisemblablement déjà effective lors de l'état initial (voir partie « Résultats station restaurée aval »).

POISSONS

Station témoin

Avant et après les travaux, le peuplement observé à cette station reflète un contexte salmonicole perturbé, caractérisé par une faible présence de la truite fario et l'absence de plusieurs de ses espèces accompagnatrices attendues (chabot, vairon, lamproie de planer) (annexe 26). Les espèces rhéophiles et lithophiles, sont sous-représentées, tandis que des espèces omnivores et tolérantes, non-typiques de ce type de milieu, sont en surdensité (tableau 9).

Bien que cette station n'ait pas fait l'objet de travaux, une augmentation franche des densités de loches a été observée à partir de 2014. La densité maximale, enregistrée en 2018, atteint 4 502 individus par hectare, soit plus de huit fois la densité observée en 2012 (555 ind/ha) (annexe 28). Par ailleurs, les suivis postérieurs à 2014 mettent en évidence le développement d'espèces inféodées aux zones cyprinicoles, pour lesquelles la richesse spécifique et les densités augmentent (annexe 26).

Ces constats montrent que des évolutions importantes du peuplement peuvent survenir indépendamment des travaux menés, notamment pour la loche. De nombreux facteurs, autres que la morphologie, influencent les peuplements piscicoles (physico-chimie, apports indirects d'individus depuis des plans d'eau, pathologies, effets de compétitions, prédation, etc). Ainsi, il convient de faire preuve de prudence dans l'interprétation des données, afin de ne pas attribuer aux travaux, des évolutions qui relèveraient en réalité d'autres causes.

Station restaurée amont

À l'instar de la station témoin, le peuplement piscicole observé à la station restaurée amont, avant et après les travaux, reflète un contexte salmonicole perturbé (annexe 29). Ce dernier se caractérise par des faibles densités de truite fario et l'absence persistante de plusieurs de ses espèces accompagnatrices (chabot, vairon, lamproie de Planer). Les espèces rhéophiles et lithophiles, sont

sous-représentées, tandis que des espèces omnivores et tolérantes, non attendues à ce niveau typologique, sont présentes dans des densités anormalement élevées (tableau 10).

À la suite des travaux, l'IPR calculé (37,37 en 2016) met en évidence une sur-dominance de l'épinoche (annexe 31). Selon (Bell et Foster, 1994), cette espèce, dotée d'une forte capacité d'expansion et d'un régime alimentaire très adaptable, colonise rapidement de nouveaux habitats, ce qui explique sa surabondance après les travaux. Cette situation se traduit par des valeurs élevées des métriques DIT (densité d'individus tolérants = 8,1) et DIO (densité d'individus omnivores = 13,31) (tableau 10).

Même si les valeurs de DIT et DIO diminuent par la suite, l'impact des travaux sur le peuplement piscicole peut être qualifié de faible. En effet, les densités de truite (espèce repère) restent faibles même 10 ans après les travaux. La densité maximale a été observée lors de l'état initial, dans le bief perché (543 ind/ha) (annexe 31). Les densités observées lors des inventaires post-travaux, sont stables voire diminuent (moyenne sur la période 2016-2024 : 235 ind/ha). Enfin, une multiplication par cinq des densités de loches est observée entre 2012 (1378 ind/ha) et les années suivantes (plus de 6000 ind/ha en 2016, 2018 et 2020). Ce phénomène ne peut pas être directement attribué aux travaux, puisqu'une évolution similaire est constatée à la station témoin.

En résumé, l'évolution du peuplement piscicole à cette station est limitée et ne montre pas d'amélioration très significative. Avant les travaux, l'IPR qualifie l'état piscicole de la station de « bon » mais en limite de classe médiocre ; après les travaux, l'état piscicole est qualifié de « médiocre » avec une tendance ces dernières années à se rapprocher très progressivement de la limite de classe « bon ». Jusque-là, il semblerait que les travaux n'aient pas engendré de bénéfices notables sur le peuplement. Le fait que des évolutions notables à la dégradation du peuplement aient lieu sur la station témoin, hors zone de travaux, doit inciter à la prudence quant à l'interprétation des résultats et la question de l'impact des travaux.

Station restaurée aval

Comme pour les précédentes stations, le peuplement piscicole observé à la station restaurée aval, avant et après les travaux, reflète un contexte salmonicole perturbé, caractérisé par des faibles densités de truite fario et l'absence de plusieurs de ses espèces accompagnatrices (chabot, vairon, lamproie de Planer) [annexe AF]. Les espèces rhéophiles et lithophiles, sont sous-représentées, tandis que des espèces omnivores et tolérantes, non attendues à ce niveau typologique, sont présentes dans des densités anormalement élevées (tableau 11).

Certains bénéfices sont néanmoins remarqués à la suite des travaux. La truite fario, absente lors de l'état initial, est continuellement observée depuis 2016 (annexe 34). La population présente est faible mais stable (entre 171 et 775 ind/ha selon les années). Pour ce qui est de l'augmentation des densités de loches, il est difficile d'attribuer ce fait aux travaux, car le même phénomène a été observé à la station témoin.

En résumé, le retour d'une population réduite de truite est observé à la suite des travaux, toutefois, certaines de ses espèces accompagnatrices sont toujours absentes. L'état écologique de la station s'est légèrement amélioré. Initialement, l'IPR qualifiait le peuplement de la station de « mauvais » tandis qu'après les travaux, le peuplement est qualifié de « médiocre » ou de « bon » suivant les années.

LIEN ENTRE LES EVOLUTIONS MORPHOLOGIQUES ET PISCICOLES

Aucune évolution importante du peuplement piscicole n'a été constatée à la suite des évolutions morphologiques. Toutefois, la présence d'une population de truites, après les travaux, sur la station restaurée aval ([annexe 32](#)), pourrait être liée à l'amélioration de certaines conditions morphologiques.

La suppression du « vannage de la copropriété » et le reméandrage du secteur ont permis de diminuer la profondeur d'eau, augmenter la pente, diversifier les faciès et d'accroître la disponibilité des habitats. La suppression du vannage a aussi probablement pu engendrer (reste à déterminer) une diminution de la température moyenne de l'eau et une augmentation de la concentration en oxygène.

Ces évolutions semblent avoir été favorables à la truite, qui exige des eaux fraîches (préférence thermique entre 7 et 19 °C), bien oxygénées (> 5,5 mg/L), une diversité de faciès d'écoulement et des habitats abondants (sous-berges, blocs rocheux, chevelus racinaires, etc.) (*Crisp, 1996*) (*Observatoire des Poissons du bassin Seine-Normandie, 2020*). Initialement absente du site, la truite a été observée lors de chaque relevé post-travaux, dans de faibles densités ([annexe 34](#)).

Bien qu'à cette station, les modifications hydro-morphologiques ont eu un impact positif sur la population de truite ; les évolutions morphologiques n'ont pas entraîné synthétiquement des évolutions piscicoles.

À la station restaurée amont, la création du nouveau bras a aussi permis d'augmenter la pente, diversifier les faciès d'écoulements et augmenter le nombre d'habitats, néanmoins, la densité de truites n'a pas augmenté ([tableau 5 et 6](#)) ([annexe 31](#)). Elle est restée stable, voire a diminué. D'autres facteurs, limitants, empêchent vraisemblablement le développement de l'espèce, dont les abondances attendues sont théoriquement plus importantes. Ces facteurs peuvent être de nature variée, relatifs à la physico-chimie, à des relations inter ou intra-spécifiques, aux débits...

À l'inverse, la station témoin démontre certaines évolutions du peuplement sans changements morphologiques. En effet, en l'absence de travaux, seule la diversité des faciès a évolué naturellement avec l'apparition de « mouilles » ([annexe 19](#)). D'après plusieurs sources, les mouilles ne correspondent pas au type de faciès préférentiel des loches, qui affectionnent les zones à courant modéré à fort (plats courants, radiers...) (*Observatoire des Poissons du bassin Seine-Normandie, 2016*) (*Perrin, 2001*). Cependant, une augmentation des densités de loche a été observée simultanément. L'espèce a atteint au maximum, 4 502 individus par hectare en 2018, soit plus de huit fois la densité de 2012 ([annexe 28](#)). Il semblerait donc que l'augmentation des densités de loches a été causé par des facteurs qui ne sont pas morphologiques.

En résumé, les modifications morphologiques survenues sur les stations, ont entraîné peu de changements dans les peuplements piscicoles. Toutefois, cela ne signifie pas qu'il n'existe aucun lien entre la morphologie et la biologie. Lorsqu'un facteur autre que la morphologie est trop limitant, l'évolution du peuplement est faible, voire inexistante, même si du point de vue des espèces la morphologie s'est améliorée.

Aujourd'hui, les scientifiques s'accordent à dire que l'amélioration de la qualité du milieu passe par la prise en compte de la morphologie et de la physico-chimie qui supportent tous les deux le compartiment biologique (*Delannoy et al., 2015*) (*Lespez et al., 2015*) (*Malavoi et Bravard, 2010*). Il est donc difficile de comprendre de manière exhaustive la réponse des peuplements piscicoles aux évolutions morphologiques, car seul le compartiment physique a été étudié. Pour mieux évaluer les effets des aménagements, l'expertise devrait inclure un suivi physico-chimique en complément du suivi morphologique.

RETOUR CRITIQUE SUR L'EXPERTISE REALISEE

Plusieurs critiques peuvent être formulées sur l'expertise réalisée et sur les protocoles dont sont issues les données.

En ce qui concerne le protocole CARHYCE, bien qu'il soit aujourd'hui reconnu par la DCE, comme une méthode standardisée et reproductible pour évaluer l'état hydro morphologique des cours d'eau, son application sur le terrain est soumise à de nombreuses interprétations. Les faciès, le substrat et la ripisylve sont évalués « à l'œil » et ne sont pas mesurés. L'homogénéité des données relevées dépend donc fortement de l'inter calibration entre les opérateurs. De plus, pour certaines stations, le positionnement du « plein bord » n'est pas évident. **Les valeurs relevées peuvent varier d'une opération à l'autre, sans réelles évolutions**, si l'interprétation de l'opérateur diffère.

Dans le cas de cette étude, les relevés ont été effectués par 2 structures (Aquascop et Hydrosphère) ce qui renforce les biais. À la station restaurée amont, les largeurs pleins bords moyennes relevées par Aquascop étaient de 4,4 m en 2012 et de 4,5 m en 2020, tandis qu'en 2016, les mesures effectuées par Hydrosphère indiquaient une largeur plein bord de 3,4 m. Ces biais se répercutent ensuite sur les métriques et les notes finales des indices. Comme pour le protocole CARHYCE, le résultat des pêches électriques est aussi soumis à l'habileté des opérateurs. **Il aurait été préférable que toutes les opérations de terrain soient réalisées par la même structure.**

De plus, **une vérification automatisée des saisies effectuées sur web-CARHYCE pourrait être développée.** Elle pourrait permettre de repérer les valeurs aberrantes avant qu'elles ne soient valorisées sur l'IED, sur la base d'une simple comparaison des données saisies avec les données existantes. Cela renforcerait la robustesse des données communiquées et empêcherait que les notes de certains indices soient inexploitable (exemple : l'IMG de la station témoin en 2012 à cause des profondeurs d'eau).

Le calcul des métriques de l'IPR est également discutable. Chacune d'elles prend en compte une liste d'espèces définies sur la base d'un travail bibliographique, et certaines considérations sont étonnantes. Par exemple, les métriques DIT et DIO, ne prennent pas en compte la perche soleil, pourtant décrite par la littérature comme une espèce tolérante à la dégradation des milieux avec un régime alimentaire opportuniste (*Valente, 2008*) (*Vivier, 1951*).

Enfin, concernant l'ensemble des indices utilisés (IPR, CARHYCE, IHC), la notion « d'état de référence » est discutable. Elle repose sur une idéalisation d'un état que le milieu doit atteindre. Ces idéalisations sont parfois mal évaluées. Elles ne tiennent pas assez compte des spécificités géographiques, climatiques, hydrologiques et de certaines évolutions à plus large échelle (changement climatique par exemple). Ce qui peut conduire à fausser les diagnostics et mal évaluer certaines trajectoires d'évolution.

Comme évoqués précédemment, les compartiments piscicoles et morphologiques ne permettent pas à eux seuls un suivi exhaustif des travaux. Dans le cas de la Mérantaise, le SMM préconise en plus l'étude de la physico-chimie. L'ajout de ce compartiment aurait pu permettre d'expliquer l'absence de réponse piscicole malgré les évolutions morphologiques observées. De plus, pour la biologie, le SSM préconise une analyse du peuplement d'invertébrés benthiques. Ce groupe indicateur est généralement employé pour étudier les altérations de l'habitat (*Mondy et al., 2021*) (*Geffard, 2017*), et associé à une analyse des diatomées, plutôt révélatrices des altérations de la qualité de l'eau (*Boissonneault, 2006*). La prise en compte de ces indicateurs aurait sans doute permis une meilleure compréhension des altérations ainsi qu'une meilleure observation des bénéfices.

Le nombre de stations étudié et leurs localisations correspondent aux recommandations du SSM (1 station témoin en amont et 2 stations restaurées), toutefois, il aurait été préférable de disposer

davantage de suivi pré-travaux. Cela aurait permis de s'affranchir des possibles variations interannuelles et de détecter d'éventuelles tendances évolutives, déjà effectives avant les travaux (exemple : augmentation du colmatage).

L'analyse piscicole construite sur la base de 3 approches est pertinente, toutefois, la note du SI₂G manque pour appréhender la qualité de l'eau. Il aurait été préférable de considérer la Mérantaise à un niveau typologique plus bas, ce qui aurait permis l'obtention d'un score SI₂H correcte et d'un peuplement de référence plus adapté. Réaliser une analyse de la pyramide des âges, des espèces cible, aurait été intéressante. Cette approche aurait pu permettre de mieux comprendre les altérations et évolutions du milieu.

Concernant l'expertise hydromorphologique, un rapport de débit avec un bassin versant voisin, aurait pu être réalisé afin de comparer le débit de crue biennal, quinquennal et décennal avec le débit à plein bord.

Enfin, un aspect essentiel manque à ce travail. Il s'agit d'une bonne connaissance du site et du territoire. Les observations de terrain permettent d'avoir un certain « ressenti » des altérations et des évolutions du milieu. Il est difficile de s'imprégner du contexte aussi fidèlement depuis un bureau. Personnellement, j'ai pu observer la Mérantaise seulement sur une courte période, au détour d'une mission de terrain, et je n'ai pas participé aux différents relevés effectués. Dans ce contexte, l'obtention des documents de diagnostic pré-travaux aurait été bénéfique, or, malgré de nombreuses demandes, aucune réponse de la part du syndicat local n'a été reçue.

CONCLUSION

L'expertise réalisée, à la suite des travaux de restauration de la continuité écologique et de la morphologie de la Mérantaise, a permis d'évaluer de manière globale l'état écologique du cours d'eau ainsi que les bénéfices des travaux, à travers une analyse croisée de données morphologiques et piscicoles.

Pour y parvenir, une méthode d'analyse a été élaborée sur la base de données issues du protocole CARHYCE et de pêches électriques. Elle comprend l'étude des notes et métriques de plusieurs indices (IMG, IHC, SI2G, IPR), à l'état initial et post-travaux, de 3 stations : témoin, restaurée amont et restaurée aval.

En ce qui concerne la morphologie, en l'absence d'intervention humaine, la station témoin présente peu d'évolutions, tandis que pour les stations restaurées, les travaux ont permis une nette amélioration des caractéristiques physiques du cours d'eau. La pente s'est ajustée, retrouvant une valeur plus proche des stations de référence ; les faciès se sont diversifiés et le nombre d'habitats a augmenté.

En lien avec ces évolutions, la réponse piscicole observée est limitée. Les stations présentent globalement un déficit d'espèces rhéophiles et lithophiles, avant et après les travaux. La truite (espèce repère) est présente dans de faibles densités et certaines de ses espèces accompagnatrices sont absentes (chabot, lamproie de planer et vairon). Seul le retour d'une population réduite de truite, à la station restaurée aval, semble pouvoir être assimilé aux bénéfices des travaux.

Pour autant, cela ne signifie pas que les travaux n'ont pas été bénéfiques. Les évolutions notables et la dégradation du peuplement constatées à la station témoin, hors zone de travaux, doivent inciter à la prudence quant à l'interprétation des résultats. Il est possible que d'autres paramètres, notamment physico-chimiques, empêchent le retour à un peuplement adapté ; toutefois, l'expertise telle que réalisée ne permet pas de le démontrer.

BIBLIOGRAPHIE

Agence Française pour la Biodiversité. (2014). Programme de réduction des risques d'inondations et restauration de la continuité écologique de la Mérantaise à Gif-sur-Yvette. Consulté le 17 mars 2025, à l'adresse https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/cnrr17_REXmerantaise.pdf

Bell, M. A., & Foster, S. A. (Eds.). (1994). *The evolutionary biology of the threespine stickleback*. Oxford University Press.

Boissonneault, Y. (2006). *Le suivi écologique des rivières au Québec: comparaison des bioindicateurs basés sur les invertébrés et les diatomées benthiques* (Doctoral dissertation, Université du Québec à Trois-Rivières).

Conseil supérieur de la Pêche, Degiorgi, F., & Raymond, J. C. (2000). Utilisation de l'ichtyofaune pour la détermination de la qualité globale des écosystèmes d'eau courante

Crisp, D. T. (1996). Environmental requirements of common riverine European salmonid fish species in fresh water with particular reference to physical and chemical aspects. *Hydrobiologia*, 323(3), 201-221.

Delannoy, R., Tales, E., & Viel, V. (2015). Evaluer l'efficacité des opérations de restauration des cours d'eau: comment mettre à profit les retours d'expérience?.

Fédération Départementale pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques d'Yvelines. (s. d.). Plan Départemental pour la Protection des Milieux Aquatiques et la Gestion des ressources Piscicoles. Consulté le 17 mars 2025, à l'adresse https://www.federationpeche78.net/_files/ugd/9fc11c_9fd4a73f25f3482abe0f82cbd2089079.pdf

Geffard, A. (2017). Utilisation d'invertébrés aquatiques pour la surveillance des milieux aquatiques. *Les cahiers de la Recherche: Santé, Environnement, Travail*, (10), 50-52.

Jugie, M., Gob, F., & Le Cœur, C. (2007). Restauration de la continuité écologique. Trajectoire hydrosédimentaire d'une rivière aménagée, la Mérantaise.

Knighton, D. (1998). *Fluvial Forms and Processes: A New Perspective* (2nd ed.). London: Arnold.

Légifrance. (2012a, 18 décembre). Arrêté du 4 décembre 2012 établissant la liste des cours d'eau mentionnée au 1° du I de l'article L. 214-17 du code de l'environnement sur le bassin Seine-Normandie. <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGITEXT000026790428/2019-07-31>

Légifrance. (2012b, 18 décembre). Arrêté du 4 décembre 2012 établissant la liste des cours d'eau mentionnée au 2° du I de l'article L. 214-17 du code de l'environnement sur le bassin Seine-Normandie. <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGITEXT000026790428/2019-07-31>

Lespez, L., Viel, V., Rollet, A. J., & Delahaye, D. (2015). The anthropogenic nature of present-day low energy rivers in western France and implications for current restoration projects. *Geomorphology*, 251, 64-76.

Malavoi, J. R., & Bravard, J. P. (2010). *Éléments d'hydromorphologie fluviale*, coll. Comprendre pour agir, ONEMA, 224 p. MEDD, 2002.

Malavoi, J. R., & Souchon, Y. (2002). Description standardisée des principaux faciès d'écoulement observables en rivière: clé de détermination qualitative et mesures physiques. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, (365-366), 357-372.

Mérantaise. (2024, 2 mai). Wikipédia. Consulté le 14 août 2025, à l'adresse <https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9rantaise>

Mondy, C., Villeneuve, B., Archaimbault, V., & Usseglio-Polatera, P. (2021). Une nouvelle génération d'indicateurs: l'exemple de l'indice invertébrés multimétrique I2M2. *Sciences Eaux & Territoires*, (37), 30-37.

Navarro, L., Peress, J., & MALAVOI, J. (2012). Aide à la définition d'une étude de suivi-recommandations pour des opérations de restauration de l'hydromorphologie des cours d'eau. *Onema, Agences de l'eau*.

Observatoire des Poissons du bassin Seine-Normandie. (2016). Loche franche (*Barbatula barbatula*). https://observatoire.shna-ofab.fr/fr/fiches-especes/loche-franche-barbatula-barbatula_45_T67550.html

Observatoire des Poissons du bassin Seine-Normandie. (2020, 24 juillet). *Truite fario (Salmo trutta fario)*. <https://dev.observatoire-poissons-seine-normandie.fr/poissons/la-truite-fario/>

Perrin, J. F. (2001). La Loche franche. *Atlas des poissons d'eau douce de France*, 216-217.

Rolan-Meynard, M., Vivier, A., Reyjol, Y., Boutet-Berry, L., Bouchard, J., Mangeot, P., ... & Kreutzenberger, K. (2019). Guide pour l'élaboration de suivis d'opérations de restauration hydromorphologique en cours d'eau.

Sherwood, J. M., & Huitger, C. A. (2005). *Bankfull characteristics of Ohio streams and their relation to peak streamflows*. Reston, VA: U.S. Geological Survey. Retrieved from the Library of Congress

Valente, E. (2008). *Traits biologiques d'une espèce invasive, la perche soleil (Lepomis gibbosus), dans un réservoir artificiel aux eaux échauffées: reproduction, croissance, longévité* (Doctoral dissertation, Université Paul Verlaine-Metz).

Vivier, P. (1951). Poissons et crustacés d'eau douce acclimatés en France en eaux libres depuis le début du siècle. *Revue d'Écologie*, (2), 57-82.

ANNEXES

Annexe 1 : Territoire d'intervention d'Aquascop

Le territoire d'intervention d'AQUASCOP est vaste. L'entreprise répond à des marchés aussi bien locaux qu'internationaux, comme en Chine ou en Arménie, ainsi que dans les DROM-COM français tels que la Guadeloupe, la Martinique et La Réunion. Pour les études menées en dehors du territoire métropolitain, AQUASCOP s'appuie sur des partenariats avec d'autres bureaux d'études ou structures locales, afin de bénéficier des connaissances spécifiques au terrain et ainsi de garantir la qualité et la pertinence des missions réalisées.

Annexe 2 : Application du SSM

Généralement, un Suivi Scientifique Minimal (SSM) est mis en place pour des projets ambitieux où les retombées attendues sur le milieu ne se limitent pas au linéaire restauré, mais concernent une portion de cours d'eau plus importante pouvant aller de l'échelle du tronçon délimité dans le Système Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau (SYRAH-CE) jusqu'au-delà.

Le SSM est applicable aux très petits à moyens cours d'eau, dès que la largeur mouillée dépasse 1 m et que la prospection peut s'effectuer à pied. Il exclut les petits cours d'eau en tête de bassin, où les protocoles de suivi recommandés ne sont pas adaptés, les cours d'eau intermittents, ainsi que les grands cours d'eau non-accessibles à pied, pour lesquels les protocoles hydromorphologiques ne sont pas standardisés à l'échelle nationale.

7 types de travaux peuvent être suivis au titre du SSM :

- Reméandrage
- Suppression d'ouvrage en travers ;
- Contournement de plan d'eau (hors dispositif de franchissement piscicole type passe à poissons, rustique ou non) ;
- Remise en fond de talweg ;
- Reconstitution du matelas alluvial ;
- Suppression des contraintes latérales (digues, enrochement...) ;
- Modification de la géométrie du lit sans modification de l'emprise foncière.

Pour les restaurations linéaires, il est préconisé que le linéaire restauré mesure au moins 50 fois la largeur naturelle du cours d'eau à pleins bords. Dans le cas des effacements ou contournements d'obstacles transversaux, on préconise que la hauteur de chute minimum effacée en cas d'ouvrage sans plan d'eau en amont soit au minimum de 2 m ; sinon que le linéaire regagné dans l'emprise de l'ouvrage soit d'au moins 50 fois la largeur du lit mineur à pleins bords. À ces préconisations, s'ajoute une limite pour les cours d'eau dont la largeur à pleins bords est inférieure à 6 m, pour lesquels le linéaire restauré ou regagné doit être au minimum de 300 m.

La méthode définit 3 étapes pour déterminer le contenu du suivi. En premier lieu, il convient de déterminer les paramètres à suivre en fonction des altérations hydromorphologiques ciblées par le projet. Dans ce sens, il est nécessaire de posséder une bonne connaissance des altérations identifiées lors de la phase de diagnostic et déterminer pour chacune d'elles les paramètres qui doivent être suivis. Un tableau d'aide est donné par la guide ([tableau 1](#)), il indique les paramètres à suivre par type d'altération.

Les altérations induites par les travaux ne doivent pas être négligées bien qu'elles n'apparaissent pas comme des altérations pré-travaux. Par exemple, dans le cas d'un effacement d'ouvrage, il peut s'opérer des modifications des berges qui jouent sur la quantité d'habitats disponibles.

Tableau 1 : Table d'aide à la détermination des paramètres à suivre en fonction des altérations du milieu

Pression	Altérations hydromorphologiques	Altérations morpho-écologiques	Paramètres à suivre	Compartiment altéré
barrages hydroélectriques ou d'irrigation	modification des caractéristiques hydrodynamiques (crues et/ou étiages)	modification des paramètres d'habitats	quantité et dynamique du débit liquide	hydrologie
recalibrage, rectification, seuils, extractions	homogénéisation des faciès	homogénéisation des habitats aquatiques	Variation de la largeur et de la profondeur, faciès d'écoulement	lit mineur
recalibrage	élargissement du lit mineur	profondeurs limitantes en étiage	variation de la largeur et de la profondeur	lit mineur
recalibrage, rescindement, endiguement étroit	incision du lit mineur	vitesse limitantes en crue	variation de la largeur et de la profondeur	lit mineur
recalibrage, amont seuil	surcharge en MES et/ou ralentissement de l'écoulement favorisant le dépôt des fines	colmatage des substrats grossiers	Structure et substrat du lit, colmatage de surface, colmatage profond	substrat alluvial
protection berges, modif. régime des crues	blocage des processus d'érosion latérale	perte de capacité de recharge alluviale grossière et perte des processus de rajeunissement des milieux	Structure et substrat du lit, linéaire de berge stabilisé, taux d'érosion	substrat alluvial
seuil, barrage, extractions, modif. régime des crues	perturbation fourmure et /ou transit de la charge de fond	perte de charge alluviale grossière et des habitats associés	Transport des sédiments, granulométrie	substrat alluvial
protection berges	modif structure berge	Appauvrissement de la qualité écologique des rives (disparition de l'écotone de rive)	Structure de la rive, linéaire de berge stabilisé	rives
suppression ripisylve + tous travaux se traduisant par une incision du lit mineur	disparition ripisylve	perte des habitats aquatiques liés à la ripisylve (racines)	Structure de la rive, linéaire et épaisseur de la ripisylve	rives
recalibrage, rescindement, endiguement, extractions	incision du lit mineur	perte de fréquence et de durée de submersion du lit majeur et des annexes hydrauliques	Fréquence et durée de connexion et submersion	lit majeur + annexes
recalibrage, rescindement, endiguement, extractions	incision du lit mineur	modification des relations nappe rivière (le cours d'eau draine la nappe en permanence)	Connexion aux masses d'eau souterraines, niveau de la nappe	nappe
déplacement	talweg perché	modification des relations nappe rivière (la nappe draine le cours d'eau en permanence : perte de capacité d'accueil)	Connexion aux masses d'eau souterraines, débit du cours d'eau	nappe
recalibrage, suppression ripisylve	élargissement du lit mineur	réchauffement de l'eau et atteinte de conditions létales pour les biocénoses	température	physico-chimie

recalibrage, suppression ripisylve	élargissement du lit mineur	réchauffement de l'eau et aggravation des effets de l'eutrophisation	Oxygène	physico-chimie
tous les travaux se traduisant par perte de faciès et/ou de substrat alluvial	homogénéisation des faciès et/ou perte de substrat alluvial	réduction capacité auto-épuratoire		physico-chimie
tous les travaux se traduisant par une disparition de la ripisylve	disparition ripisylve	perte des fonctions auto-épuratoires liées à la ripisylve et réchauffement	température	physico-chimie

Dans un second temps, il faut définir l'échelle du suivi, en identifiant la catégorie d'intervention (restauration linéaire ou effacement d'obstacles transversaux) et l'échelle de réponse globale ou locale³. Pour cela, des recommandations d'échelle de suivis sont faites par la méthode, qui définit un SSM et un suivi scientifique amélioré (tableau 2).

Tableau 2 : Tableau d'aide à la détermination de l'échelle du suivi pour un SSM ou un suivi scientifique amélioré

Type d'intervention	Echelle d'intervention et réponse probable	Suivi scientifique minimal (toutes ces mesures sont à mettre en œuvre dans chacun des cas)	Suivi scientifique amélioré (à inclure en plus du suivi minimal, par exemples)
CAS N°1: Effacement d'un seuil ou d'un barrage sur un cours d'eau sur lequel il en existe d'autres	Traitement d'obstacle échelle locale (ie réponse dans la zone dénoyée)	1 ou 2 station(s) ¹ dans l'emprise de la retenue (HM + Bio AVEC état initial + physico-chimie) Faciès d'écoulement sur l'ensemble du linéaire restauré Si déficit sédimentaire identifié ⁴ 1 station en aval (HM + Bio+ physico-chimie) Ou N sites (HM + bio)	Quelques paramètres en plus sur l'ensemble du linéaire restauré (par ex : substrat alluvial) N sites en amont sur réseau hydro.(Bio+ HM) N sites aval pour suivre le transit sédimentaire (HM +bio)
CAS N°2: Suppression de plusieurs seuils ou barrages ou un seul ouvrage bloquant tout ou la plus grande partie du réseau hydrographique.	Traitement d'obstacle échelle globale	1 ou 2 station(s) ¹ dans l'emprise de certaines retenues jugées les plus représentatives (HM + Bio AVEC état initial + physico-chimie) N sites en amont sur réseau hydro.(Bio + HM) Si déficit sédimentaire identifié 1 station en aval de l'ouvrage le + aval (HM+Bio + physico-chimie) et/ou N sites en aval (HM+Bio) Faciès d'écoulement sur l'ensemble du linéaire restauré	1 station dans l'emprise de N retenues supplémentaires (HM + Bio AVEC état initial + physico-chimie) quelques paramètres en plus sur l'ensemble du linéaire restauré (ex : substrat alluvial) Si déficit sédimentaire identifié 1 station en aval de N ouvrages supplémentaires (HM+Bio + physico-chimie) Si pas déficit sédimentaire, N sites en aval pour suivre le transit sédimentaire (HM+bio)
CAS N°3: Restauration "linéaire" sur une longueur inférieure à 100 fois la largeur moy. naturelle du lit pleins bords alors que l'ensemble du tronçon est altéré hydromorphologiquement	Restauration linéaire échelle locale	1 ou 2 station(s) ¹ représentative(s) du linéaire restauré (HM + Bio+ physico-chimie) paramètres sur l'ensemble du linéaire restauré (faciès, berges, nappes, annexes)	quelques paramètres en plus sur l'ensemble du linéaire restauré (ex : substrat alluvial) 1 station témoin ³ (HM + Bio+ physico-chimie) 1 station de référence ⁴ (HM + Bio+ physico-chimie)
CAS N°4: Restauration "linéaire" sur une longueur supérieure à 100 fois la largeur moy. naturelle du lit à pleins bords	Restauration linéaire échelle globale	1 ou 2 station(s) ¹ représentative(s) du linéaire restauré dans chaque tronçon ou sous tronçon hydromorphologique restauré (HM + Bio + physico-chimie) paramètres sur l'ensemble du linéaire restauré (faciès, berges, nappes, annexes) N sites (HM+Bio)	quelques paramètres en plus sur l'ensemble du linéaire restauré (par ex : substrat alluvial, ripisylve) 1 station témoin ³ par tronçon ou sous tronçon hydromorphologique 1 station de référence ⁴ par tronçon ou sous tronçon hydromorphologique

³ Par échelle de réponse locale on entend une intervention sur un seul ouvrage sur un axe avec d'autres ouvrages, ou une restauration d'un linéaire <100 fois la largeur du lit pleins bords. Une échelle globale correspond une intervention sur plusieurs ouvrages sur un même axe ou un ouvrage bloquant, ainsi que les restaurations sur un linéaire >100 fois la largeur du lit à pleins bords.

Enfin, la dernière étape consiste à déterminer les méthodes de mesures et de prélèvements à appliquer. Pour cela, des tableaux d'aide sont utilisés ([tableaux 3 et 4](#)) en se basant sur les paramètres à suivre définis lors de la première étape. Il existe un tableau adapté au suivi à l'échelle de la station et un tableau adapté à l'échelle de l'ensemble du linéaire restauré.

Tableau 3 : Méthodes de mesures et de prélèvements pour le suivi scientifique minimal à la station

	Biologie	Hydromorphologie	physico-chimie
Fréquence , durée, pas de temps Restauration année N	3 états initiaux, N-3, N-2, N-1 ou sur une station témoin sur même tronçon ou similaire suivie après la restauration, 3 états post restauration N+3, N+4, N+5	1 état initial ou sur une station témoin sur même tronçon ou similaire suivie après la restauration, 1 état post restauration juste après les travaux N, puis des suivis post restauration à N+ 3 puis après une crue morphogène de fréquence au moins biennale, cf 2.3.2.	3 états initiaux, N-3, N-2, N-1 ou station témoin sur même tronçon ou similaire suivie après la restauration 3 états post restauration N+3, N+4, N+5

	Biologie: éléments à suivre dans tous les cas	Hydromorphologie: éléments de qualité à suivre dans tous les cas	physico-chimie
Echelle stationnelle: Station de longueur 14 fois la largeur plein bord	Invertébrés: protocole DCE réseau de surveillance, voir fiche méthodologique n°3 Poissons: Pêche au moins 2 passages complets sans remise à l'eau (Carl et Strube, 1978) ou pêche stratifiée par points ou par ambiance en milieux non entièrement prospectables à pied, effectué de préférence en automne cf fiche méthodologique n°4 Poissons: biométrie (taille et poids)	Eléments suivis dans carhyce :largeur pleins bords et mouillée, profondeur, pente ligne d'eau, faciès d'écoulement, débit plein bord, substrat sur radier, sur transect et substrat additionnel, colmatage profond, ripisylve, berge, voir fiche méthodologique n°1. Substrat: Colmatage du substrat grossier de surface: protocole Archambaud, voir fiche méthodologique n°2. Sauf dans la retenue. Ripisylve: Mesure du linéaire et épaisseur sur chaque berge de la station, détermination des essences à partir du terrain ou photo aérienne à basse altitude, voir fiche n°2.	T°: méthode basée sur le protocole du réseau thermie de l'Onema. Mesure journalière petits enregistreurs immergeables, voir fiche n°6 O2 dissous et taux de saturation: mesure de l'O2 dissous sur cycles de 24 h En milieu avec excès de nutriment mesure des substances chimiques: mesurer aussi DBO5, DCO, NKj, NH4+, NO3-, NO2, PO43-, P total, COD, MEST, turbidité hors épisodes de crue Conductivité, pH Débits: Station permanente du réseau de suivi hydrométrique ou/et équipements des stations suivies Débits de crue: mettre une échelle pour mesurer les crues

Tableau 4 : Méthodes de mesures et de prélèvements pour le suivi scientifique minimal sur l'ensemble du linéaire restauré

	Hydromorphologie
Fréquence , durée, pas de temps Restauration année N	1 état initial ou sur une station témoin sur même tronçon ou similaire suivie après la restauration, 1 état post restauration juste après les travaux N, puis des suivis post restauration à N+ 3 puis après une crue morphogène de fréquence au moins biennale cf 2.3.2.

	Hydromorphologie: éléments de qualité à suivre en fonction des altérations observées (voir tableau 1)
Echelle de l'ensemble du linéaire restauré	Dans tous les cas : Faciès d'écoulement: Cartographie de la succession des longueurs des faciès sur l'ensemble du linéaire restauré, à pieds ou en bateau avec topofil ou GPS, photointerprétation de la Bdortho, voir fiche n°2bis.
	Berges: mesure au topofil ou au GPS du linéaire stabilisé par des protections .
	Berges: mesure du taux d'érosion in situ par mesure topographique ou par photos aériennes IGN à pas de temps de 5 ans par exemple voir fiche n°2bis.
	Connexion annexes hydrauliques et lit majeur: observations de terrain de la fréquence et durée de submersion du lit majeur et de connexion des annexes hydrauliques. voir fiche n°2bis
	Connexion nappe et cours d'eau, pour les cours d'eau incisés: mesures des cotes en lit mineur et dans les piézomètres pour diverses gammes de débit, voir fiche n°2bis. Connexion nappe et cours d'eau, pour les cours déplacés en limite de leur lit majeur : jaugeages en amont de la zone qui a été déplacée et dans la zone déplacée, voir fiche n°2bis.

Dans le cas du suivi des travaux de restauration de Mérantaise traités dans ce rapport, les opérations de suivi ont débuté depuis plus de 10 ans. Mon travail n'a pas consisté à prendre part aux décisions quant à la construction du suivi, néanmoins cet aspect pourra faire l'objet de critique dans la partie « discussion ».

Annexe 3 : Sources de données utilisées pour la compilation des données piscicoles et morphologiques disponibles

Les sources de données utilisées sont :

- La base de données interne à Aquascop : elle comprend les études passées, en cours et programmées pour 2025 sur le bassin Seine Normandie. Dans ces études figurent les relevés piscicoles et hydromorphologiques effectués par Aquascop.
- Le site internet Naïades : ce site centralise les données hydrobiologiques, hydromorphologiques, physicochimiques et de températures, de diverses banques de données (OFB, agences de l'eau, INRAE, etc.). Ce site est utilisé pour relever les données piscicoles externes à Aquascop et disponibles sur le bassin.
- L'Application de Saisie des Données Piscicoles et Environnementales (ASPE) : cette application permet aux producteurs de données de saisir les résultats des inventaires piscicoles et aux maîtres d'ouvrages de consulter les données. Les informations collectées sont ensuite transmises sur le site Naïades. Par mesure de sécurité, pour assurer la collecte de l'ensemble des données piscicoles du bassin, les données disponibles sur l'ASPE sont relevés en plus des données de naïades.
- L'Interface d'Exploitations des Données CARHYCE (IED) : cet outil fournit, pour la station souhaitée, les caractéristiques hydromorphologiques relevés selon le protocole CARHYCE. Il permet de connaître les données morphologiques disponibles dont Aquascop n'est pas le producteur.

Annexe 4 : Regroupement des 9 stations « restantes » en 3 groupes

Groupe	Cours d'eau	Code station	Nom de la Station	Motif du suivis
1	Le Sauzay	03025330	Le Sauzay à La-Chapelle-Saint-Andre 1	Restauration morphologique (remise en fond de vallée et reméandrage)
		03025340	Le Sauzay à La-Chapelle-Saint-Andre 3	
		03025345	La rivière des forges à La-Chapelle-Saint-Andre 1	
		03025368	Le Sauzay à Corvol-L'Orgueilleux 1	
2	La Mérantaise	03076410	La Mérantaise à Villiers-le-Bâcle 1	Restauration de la continuité (effacement d'ouvrages) et restauration morphologique (remise en fond de vallée, reméandrage et recharge granulométrique)
		03076435	La Mérantaise à Gif-sur-Yvette 4	
		03076440	La Mérantaise à Gif-sur-Yvette 2	
3	L'Yerres	03077645	L'Yerres au Plessis-Feu-Aussoux 1	Restauration de la continuité (effacement d'ouvrages) et restauration morphologique (recharge granulométrique, mise en place de banquettes plantées en hélophyte et terrassement des berges)
		03078739	L'Yerres à Evry-Grégy-sur-Yerre 2	

Annexe 5 : Choix du groupe de station à analyser

Le choix du groupe de station à analyser a été effectué en concertation avec mes tuteurs sur la base de plusieurs critères :

- Le nombre de suivis piscicoles et hydromorphologiques pré-travaux et post-travaux disponibles ;
- La date des suivis par rapport à la date de réalisation des travaux de restauration ;
- Le type de travaux de restauration effectué ;
- Le type de station de suivis disponible (restaurée, témoin altéré, témoin non altéré ...) et leur nombre.

Au vu des critères pris en compte, chaque groupe de station présente ses avantages et ses inconvénients.

Les stations sur le Sauzay ont l'avantage de fournir un nombre important de suivi pré-travaux, notamment piscicoles. Il en existe 2 pour les stations restaurées et la station témoin amont, et 9 pour la station témoin aval. Posséder des nombreuses données piscicoles pré-travaux est intéressant, cela permet de dresser un état initial qui tient compte des variabilités interannuelles. Néanmoins pour ces stations, les suivis piscicoles et hydromorphologiques post-travaux sont peu nombreux. On en dénombre qu'un seul par station à l'année N+1. Cela ne permet pas une évaluation précise des évolutions piscicoles et morphologiques engendrées par les travaux de restauration, car les ajustements physiques et biologiques du milieu ne sont pas encore achevés. Avec si peu de données, il est donc difficile d'évaluer fidèlement la trajectoire d'évolution du milieu en conséquence des travaux.

À l'inverse, les stations sur la Mérantaise présentent peu de suivi pré-travaux, mais de nombreuses données post-travaux. Elles sont compatibles avec une expertise précise des évolutions hydromorphologiques et piscicoles post-travaux, car les ajustements ont eu le temps de se réaliser (données disponibles jusqu'à 12 ans après les travaux). Toutefois, il n'est pas possible de prendre en compte les variabilités interannuelles dans l'état initial par manque de données pré-travaux.

Pour ce qui est des stations sur l'Yerres, peu de données pré-travaux et post-travaux sont disponibles. Cela limite la robustesse de l'expertise. Ces stations sont donc éliminées, elles ne sont pas retenues.

Afin de trancher entre les stations sur la Mérantaise ou sur le Sauzay, le type de travaux effectué est pris en compte. Dans le cas du Sauzay, seule une restauration morphologique a été réalisée tandis que pour la Mérantaise une restauration morphologique et une restauration de la continuité a eu lieu. Les changements morphologiques et piscicoles attendus sont logiquement plus importants sur la Mérantaise, car l'ampleur des travaux est plus importante. Les stations sur la Mérantaise sont donc retenues pour l'analyse.

Annexe 6 : Principe des hydro-écorégions

Les Hydro-ÉcoRégions (HER) correspondent à des territoires qui regroupent des cours d'eau où portions de cours d'eau sur la base de critères qui combinent la géologie, le relief et le climat, considérés comme déterminants primaires du fonctionnement des écosystèmes d'eaux courantes. Les HER de niveau 1 ont été définies afin de déterminer, par grands territoires, des conditions écologiques de références qui permettent d'évaluer l'état écologique des milieux ([Wasson et al., 2002](#)) (figure 1).



Figure 1 : Carte des HER de niveau 1 (source : Wasson et al., 2002)

Les HER de niveau 2 ont pour but d'affiner la précision de ces conditions de références en décrivant la variabilité interne d'une région de premier niveau. Elles constituent des unités spatiales adéquates pour regrouper des ensembles de masses d'eau de type « petit cours d'eau » qui pourront être traités de manière statistique. ([Wasson et al., 2002](#)) (figure 2).

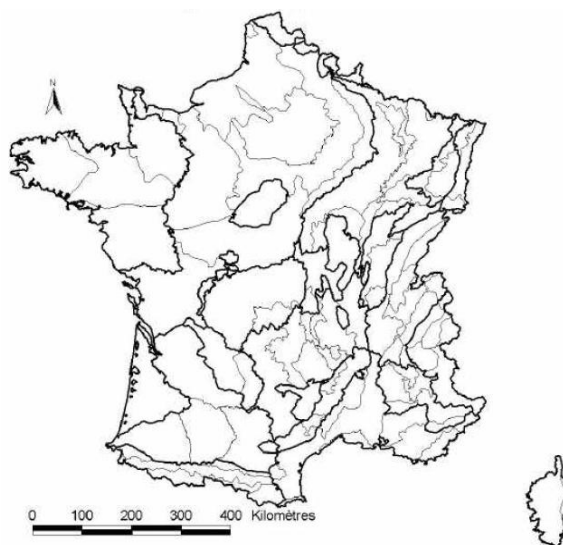
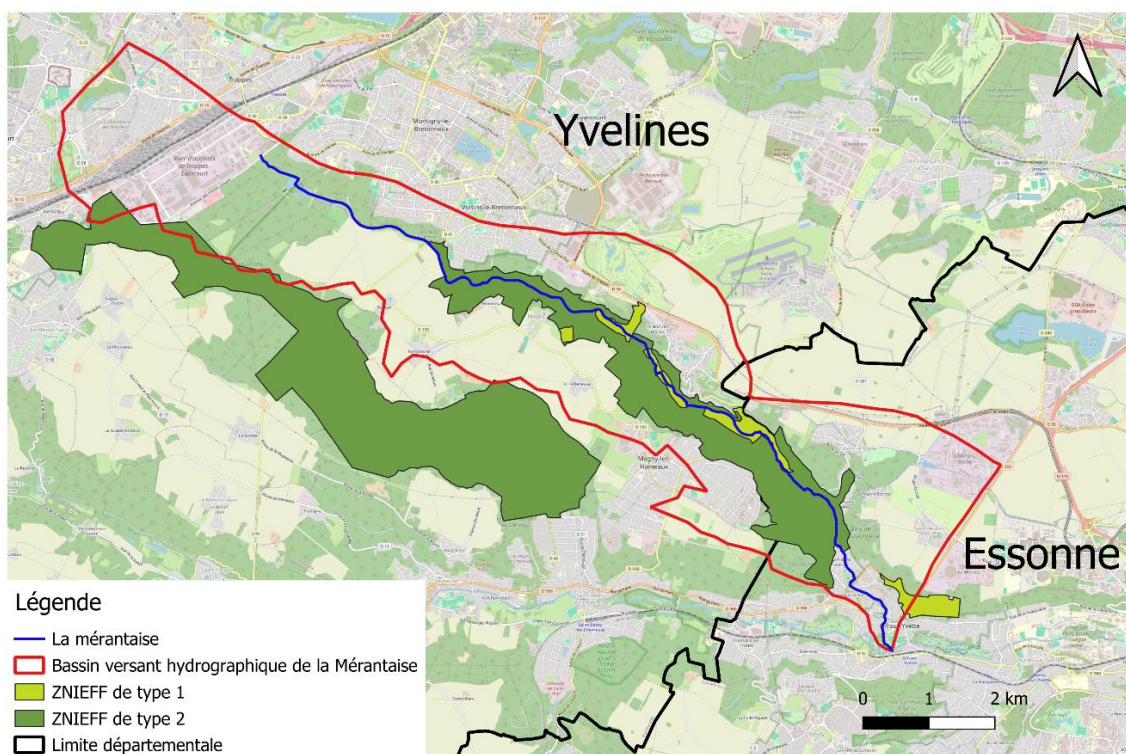


Figure 2 : Carte des HER de niveau 2 (source : Wasson et al., 2002)

Annexe 7 : Localisation du bassin versant de la Mérantaise et des ZNIEFF proches



Annexe 8 : Descriptions des travaux réalisés sur le secteur 3

Le troisième secteur, situé en aval du lavoir de Gibeciaux dans la propriété du moulin, était composé de deux bras très rectilignes et homogènes. Les deux bras ont été comblés et un nouveau lit a été créé, avec des berges en pentes douces, stabilisées à l'aide de techniques végétales (figures 1 et 2).



Figure 1 : Ancien bras rectiligne comblé dans la propriété du moulin de Gibeciaux (Source : SIAHVY)



Figure 2 : Nouveau lit créé dans la propriété du moulin de Gibeciaux (Source : SIAHVY)

Les vannes associées au moulin ont été supprimées (ROE55555, ROE55554 et ROE55556) et une succession de 2 rampes en blocs ont été créées afin de rattraper la pente.

Annexe 9 : Conditions d'application du protocole CARHYCE

Le protocole CARHYCE s'applique à tous les types de cours d'eau (en tresses, méandriformes, rectilignes...) lorsque la majeure partie de la station est prospectable à pied.

Les conditions hydrologiques au moment de l'opération doivent être favorables à l'observation des différentes composantes morphologiques du cours d'eau (substrat, berge, végétation), à l'installation du matériel de mesure (bâtons de colmatage, courantomètre...) et à la sécurité des opérateurs.

Il est nécessaire de travailler à un débit compris entre le débit moyen mensuel minimum interannuel (Q_{mna}) et le module, l'idéal étant d'être au plus près du Q_{mna} , car cela permet de mieux discerner les faciès d'écoulements (à des débits plus élevés, les faciès d'écoulements ont tendance à se « lisser »). Le protocole ne peut pas être appliqué en cas de variation du débit pendant les mesures, le régime hydraulique doit être permanent pendant toute la durée de l'opération. Dans le cas de l'application du protocole lors d'un suivi de travaux de restauration, l'idéal est de réaliser les mesures pré et post-travaux au même endroit afin de rendre la comparaison plus robuste.

Enfin, il est recommandé de travailler lorsque la végétation est développée, afin de décrire au mieux les habitats et la ripisylve.

Annexe 10 : Application du protocole CARHYCE sur le terrain

La première étape à réaliser sur le terrain consiste à fixer la limite aval de la station (transect n°1), déterminer l'espace inter-transects et l'espace inter-points.

Tout d'abord, la limite aval est positionnée en tête d'un faciès de type courant (radier ou plat courant), dans la partie à restaurer pour un état initial, ou au même endroit que l'état initial lors d'un suivi post-travaux. La largeur plein bord et la largeur mouillée y sont mesurées.

Ensuite, ces mêmes caractéristiques sont mesurées au droit de 2 autres transects, éloignés de 2 et 4 fois la largeur plein bord mesurée à la limite aval, vers l'amont. La moyenne des 3 largeurs plein bord relevées correspond à la distance inter-transects, et la moyenne des largeurs mouillées est divisée par 7 pour obtenir la distance inter-points. L'emprise de la station s'étend donc du transect n°1 (limite aval) jusqu'au transect n°15 (limite amont), distant de 14 fois la largeur plein bord évaluée.

D'après le guide, la station ainsi délimitée doit permettre de décrire fidèlement la morphologie et les processus hydrauliques d'érosion ou de dépôts dominants sur le tronçon, en incluant généralement au moins deux séquences de faciès (idéalement lentique/lotique).

Ensuite, des mesures sont effectuées à l'échelle des transects (espacés d'une fois la largeur plein bord évaluée) et à l'échelle de la station (tableaux 1 et 2).

Tableau 1 : Mesures effectuées à l'échelle des transects

Paramètre	Unité	Mesure	Objectif / calculs
Géométrie de plein bord	m	Largeur du lit à plein bord (Lpb)	Suivre la dynamique du cours d'eau dans le temps. Calculer le rapport Lpb/Hpb
		Hauteur du lit à plein bord (Hpb)	
Largeur du lit mouillé	m	Largeur du lit entre les limites en eau (Lm)	Connaître les caractéristiques de la ligne d'eau à un débit donné
Profondeur	cm	Mesure de la profondeur en eau ou de la profondeur plein bord (pour les points hors d'eau). Précision centimétrique, mesure à intervalles réguliers sur le transect (distance inter-points calculée précédemment)	Avoir une image du cours d'eau à un débit donné
Type de faciès	-	Appréciation visuelle pour l'ensemble du transect selon la typologie de (Malavoi et Souchon, 2002). 11 modalités possibles dont radier, plat lentique, mouille de concavité, chenal lotique ...	Connaître les modalités d'écoulements à un débit donné
Granulométrie (principale et accessoire)	-	Appréciation visuelle selon l'échelle de Wentworth à chaque point de mesure de la profondeur. 15 modalités possibles dont dalles, blocs, cailloux fins, sables, terre végétale...	Avoir une image de la granulométrie et suivre son évolution dans le temps. Déterminer la rugosité granulométrique, donner une indication « d'habitat » pour la faune aquatique
Habitats et substrats additionnels	-	Appréciation visuelle des divers habitats et/ou substrats à chaque point de mesure de la profondeur. 6 modalités possibles : chevelu racinaire, végétation surplombante, débris ligneux grossiers, végétation aquatique, pool détritique, concrétion calcaire.	Déterminer les potentialités d'accueil pour la faune aquatique et suivre son évolution dans le temps
Nature des matériaux en berge	-	Appréciation visuelle des matériaux constitutifs des berges. 4 modalités possibles : matériaux naturels, aménagement végétalisé, enrochement, matériaux artificiels.	Suivre dans le temps l'évolution des caractéristiques des berges
Ripisylve	-	Appréciation visuelle du type, de l'épaisseur, du recouvrement et de l'état de la ripisylve	Avoir une image de la ripisylve du cours d'eau et pouvoir suivre son évolution dans le temps

Tableau 2 : Mesures effectuées à l'échelle de la station

Paramètre	Unité	Mesure	Objectif / calculs
Débit	m ³ /s	Sur un transect, jaugeage avec un courantomètre en réalisant au moins 8 verticales de mesures	Connaître les conditions hydrologiques lors de l'application du protocole
Pente	‰	A l'aide d'un niveau optique et d'une mire, au moins trois reports de hauteur entre l'amont et l'aval de la station (entre T1 et T15). Mesure de la distance réelle entre chaque report à l'aide d'un décamètre. Calcul de la pente à partir de la distance et de la différence d'altitude entre les des points.	Connaître l'un des paramètres contribuant à évaluer l'énergie du cours d'eau, identifier les évolutions du profil en long du cours d'eau
Granulométrie du faciès courant le plus grossier	mm	Mesure de 100 éléments au niveau du faciès courant qui présente la granulométrie la plus grossière. La mesure est réalisée au pied à coulisse sur l'axe perpendiculaire à la plus grande longueur du sédiment.	Caractériser la granulométrie et suivre son évolution
Aspect de la ripisylve	-	Appréciation visuelle de la continuité de la ripisylve sur l'ensemble de la station, en différenciant les 2 berges.	Analyser dans le temps l'évolution globale de la ripisylve
Colmatage	cm	Insertion dans le substrat de 8 bâtonnets en pin, en tête de 2 faciès courants. Le relevé des bâtonnets est effectué un mois après la pose.	Estimer la profondeur d'oxygénation du substrat et en déduire l'importance du colmatage

Annexe 11 : Seuils définis par l'OFB pour caractériser l'écart aux modèles de références pour l'IMG

- $IMG < 4,5$: écart très faible à la situation de référence, la géométrie est conforme aux cours d'eau peu anthropisés de la région considérée
- $4,5 \leq IMG < 6$: écart faible
- $6 \leq IMG < 7,5$: écart moyen
- $7,5 \leq IMG < 9$: écart fort
- $IMG > 9$ écart très fort, caractérisant une géométrie qui s'éloigne fortement des références régionales.

Annexe 12 : Seuils définis par l'OFB pour caractériser l'écart aux modèles de références pour l'IHC

- $0.65 \leq IHC$: Ecart très fort
- $0.50 \leq IHC < 0.65$: Ecart fort
- $0.35 \leq IHC < 0.50$: Ecart moyen
- $0.20 \leq IHC < 0.35$: Ecart faible
- $IHC < 0.20$: Ecart très faible

Annexe 13 : Méthode de calcul de l'IMG

Le calcul de l'IMG consiste à déterminer, pour chaque paramètre, l'écart à la droite de référence régionale (le résidu), à standardisés le résidu puis à l'additionner à ceux des autres métriques.

Pour cela, une droite de référence régionale est construite, par métrique, à partir d'un ensemble de stations localisées dans l'HER et n'ayant pas ou peu subi d'altérations hydromorphologiques. Il s'agit d'une courbe de tendance, d'une série de données, qui comporte en entrée la valeur du paramètre considéré (ici la largeur moyenne) et en abscisse la taille du bassin versant (figure 1).

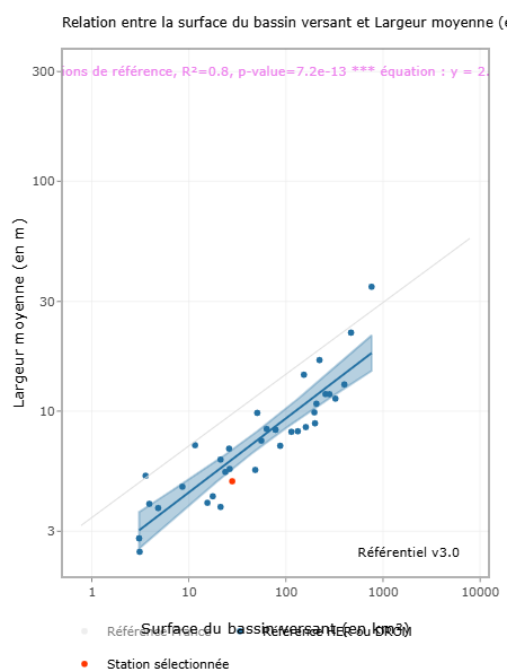


Figure 1 : Relation entre la surface du bassin versant et la largeur plein bord moyenne, pour les cours d'eau de l'HER « tables calcaires »

Le résidu standardisé correspond à l'écart à la droite de référence régionale, auquel est soustraite la valeur moyenne des résidus des stations de référence de l'HER considérée, divisé par l'écart type des résidus des stations de référence de l'HER (équation 1).

Équation 1 : Standardisation d'un résidu calculé

$$\text{Résidu standardisé } i_p = \frac{\text{résidu } i_p - m_{\text{référence}}}{\sigma_{\text{référence}}}$$

L'étape de standardisation est primordiale puisque les différents paramètres n'ont pas les mêmes d'unités. Les résidus standardisés de chacune des métriques sont ensuite sommés pour obtenir la valeur de l'IMG (équation 2).

Équation 2 : Calcul de la note finale de l'IMG

$$\text{IMG} = |\text{LPB}_{\text{res stand}}| + |\text{HPB}_{\text{res stand}}| + |\text{L/P}_{\text{res stand}}| + |\text{SmpB}_{\text{res stand}}| \\ + |\text{ProfMouille}_{\text{res stand}}| + |\text{Pente}_{\text{res stand}}|$$

Annexe 14 : Principe de calcul de l'IHC

Le calcul de l'IHC repose sur l'addition de 6 sous-métriques, décrivant l'écart à une référence théorique, pour 3 paramètres élémentaires : la géométrie hydraulique des lits, la structure et les substrats des lits et enfin la structure des rives (berges et végétations rivulaires comprises). Les métriques n'ont pas toutes le même poids dans l'indicateur, certaines étant plus structurantes que d'autres et plus révélatrices du bon fonctionnement hydromorphologique de la station.

La Géométrie Hydraulique :

- **Métrique Géométrie du lit (GH)** : la situation de référence est définie par les modèles régionaux de CARHYCE (référence = IMG minimum). Le score de cette métrique est compris entre 0 et 25. La valeur de la métrique GH correspond à la valeur $\widetilde{IMG}$ qui est une conversion de la note de l'IMG (figure 1).

IMG	$\widetilde{IMG}$
$9 \leq n$	25
$7,5 \leq n < 9$	18
$6 \leq n < 7,5$	12
$4,5 \leq n < 6$	6
$n < 4,5$	0

Figure 1 : conversion de l'IMG en $\widetilde{IMG}$

Structure et substrat du lit :

- **Métrique Diversité des formes (Dfor)** : la situation de référence correspond à un lit présentant une alternance maximale de formes du lit et de faciès d'écoulement. Le score de cette métrique est compris entre 0 et 20.

Cette métrique est évaluée différemment en fonction de la pente, car pour les cours d'eau à relativement faible pente, les lits présentent en théorie des alternances de seuils et de mouilles alors que, lorsque la pente s'accroît, on trouve plutôt des lits plats ou des lits à step-pool. Les 3 limites de pentes définies sont : $s < 0,02$ m/m pour les lits à seuil-mouille ; $0,02 \leq s < 0,05$ m/m pour les lits plats ; $s \geq 0,05$ m/m pour les lits à step-pool⁴.

En plaine ($s < 0,02$ m/m), $D_{for} = \widetilde{Nb}_{alt} + \widetilde{Nb}_{s/m}$.

$\widetilde{Nb}_{alt}$ est le score associé à la valeur de Nb_{alt} (figure 2), elle-même égal au nombre total d'alternance des faciès. Une alternance de faciès est comptabilisée lorsque le faciès simplifié du transect n est différent de celui du transect n+1.

Nb_{alt}	$\widetilde{Nb}_{alt}$
$x \geq 9$	0
7 ou 8	2
5 ou 6	5
3 ou 4	8
1 ou 2	12
0	15

Figure 2 : conversion de Nb_{alt} en $\widetilde{Nb}_{alt}$

⁴ Un step-pool est une succession régulière de « steps », des seuils rocheux ou blocs qui créent une rupture de pente, et de « pools », des mouilles ou zones plus calmes et plus profondes qui se forment en aval des « steps ». C'est une alternance typique des cours d'eau très dynamique avec une forte pente, généralement en zone de montagne ou de piémont.

$\widetilde{Nb}_{s/m}$ est le score associé à la valeur de $Nb_{s/m}$ (figure 3), elle-même égale au plus petit nombre commun de mouilles et de seuils. Les seuils et mouilles sont repérés à partir des faciès affinés relevés dans le cadre de méthode CARHYCE. Sont considérés comme seuils : les plats courants, les plats lentiques, les radiers et les rapides ; et comme mouilles : les fosses de dissipation, les fosses d'affouillement, les mouilles de concavité, les chenaux lentiques et les chenaux lotiques.

$Nb_{s/m}$	$\widetilde{Nb}_{s/m}$
$x \geq 3$	0
2	1
1	3
0	5

Figure 3 : conversion de $Nb_{s/m}$ en $\widetilde{Nb}_{s/m}$

Pour les stations de pente plus forte ($0,02 \leq s < 0,05$ m/m), dont le lit se caractérise en théorie par un lit plat, $D_{for} = \widetilde{sub}_{rel} + \widetilde{Tx}_{rap}$.

$\widetilde{sub}_{rel}$ est le score associé à la valeur de Sub_{rel} (figure 4), elle-même égal au rapport entre le rayon hydraulique (en m) et le D84 tiré de l'application du Wolman (en m).

Sub_{rel}	$\widetilde{Sub}_{rel}$
$x \leq 5$	0
$5 < x \leq 10$	2
$10 < x \leq 15$	8
$x > 15$	10

Figure 4 : conversion de Sub_{rel} en $\widetilde{sub}_{rel}$

$\widetilde{Tx}_{rap}$ est le score associé à la valeur de Tx_{rap} (figure 5), elle-même égal nombre de transects pour lesquels le faciès affiné correspond à un rapide (i.e. radier, rapide, chute, cascade) par rapport au nombre total de transects.

Tx_{rap}	$\widetilde{Tx}_{rap}$
$x > 0,75$	0
$0,50 < x \leq 0,75$	2
$0,25 < x \leq 0,50$	8
$x \leq 0,25$	10

Figure 5 : conversion de Tx_{rap} en $\widetilde{Tx}_{rap}$

Enfin, pour les stations à pente très forte ($\geq 0,05$ m/m) dont le lit présente des faciès à step-pool, $D_{for} = \widetilde{sub}_{rel} + \widetilde{Tx}_{chU}$.

La submergence relative $\widetilde{sub}_{rel}$ est calculée de la même façon que pour les stations de pente forte.

$\widetilde{Tx}_{chU}$ est le score associé à la valeur de Tx_{chU} (figure 6), elle-même égal au nombre de transects pour lesquels le faciès affiné correspond à une chute (fosse de dissipation, fosse d'affouillement, chute et cascade) par rapport au nombre total de transects.

Tx_{chu}	$\widetilde{T}x_{chu}$
$x > 0,27$	0
$0,14 < x \leq 0,27$	2
$0,06 < x \leq 0,14$	8
$0 \leq x \leq 0,06$	10

Figure 6 : conversion de Tx_{chu} en $\widetilde{T}x_{chu}$

- **Diversité du substrat (D_{sub})** : la situation de référence correspond à un lit avec une charge caillouteuse mobile et un taux de fines peu important. Une charge mobile et abondante sur le fond de lit traduit en effet un apport continu de sédiments depuis l'amont, les berges ou les versants permettant le maintien des formes fluviales et indique que les continuités sédimentaires, latérales comme longitudinales, ne sont pas altérées. Le taux de fines est, quant à lui, considéré pour prendre en compte les apports parfois importants de charges sablo-limoneuses depuis les versants. Le score de cette métrique est compris entre 0 et 20.

$$D_{sub} = \widetilde{MOB}_{SUB} + \widetilde{Tx}_{fines}$$

Le score attribué à $\widetilde{MOB}_{SUB}$ dépend de la mobilité potentielle des 3 fractions granulométriques (D16, D50 et D84), issus de l'échantillonnage granulométrique de Wolman, au débit $Q_{0,01}$ qui correspond à une crue légèrement inférieure à la crue annuelle (figure 7).

	D ₈₄	D ₅₀	D ₁₆	$\widetilde{MOB}_{sub}$
	+	+	+	0
	~	+	+	0
	~	~	+	2
	-	+	+	2
+ mobile	~	~	~	6
~ possiblement mobile	-	~	+	6
- immobile	-	~	~	10
	-	-	+	10
	-	-	~	15
	-	-	-	15

Figure 7 : calcul de $\widetilde{MOB}_{SUB}$

$\widetilde{Tx}_{fines}$ est le score associé à Tx_{fines} (figure 8), elle-même égale au nombre de points de la station dont la taille du substrat renseignée est inférieure à 2 mm (vase, argile, limon et sable) divisé par le nombre total de points d'observation (hors points de berge caractérisés par la présence de dalles et de terre végétale).

Tx_{fines}	$\widetilde{T}x_{fines}$
$x < 0,2$	0
$0,2 \leq x < 0,4$	2
$0,4 \leq x < 0,8$	5
$x \geq 0,8$	0
= rivières sableuses	

Figure 8 : conversion de Tx_{fines} en $\widetilde{T}x_{fines}$

Berges et végétation rivulaires :

- **Habitats caractéristiques aux abords immédiats des berges (Hab)** : la situation de référence correspond à un chenal dont les berges présentent une occupation spatiale et une diversité d'habitats caractéristiques maximales. Le score de cette métrique est compris entre 0 et 10.

$$Hab = Div_{hab} \times O_{cc_{hab}}$$

Div_{hab} est l'indice de diversité de Shannon qui repose sur le nombre d'occurrences d'un habitat spécifique (hc_i) par rapport au nombre total d'habitats caractéristiques observés sur la station (hc_{tot}) (équation 1). Quatre habitats caractéristiques sont considérés : chevelus racinaires, débris ligneux grossiers ou embâcles, sous berges et blocs rocheux. Une valeur de Div_{hab} proche de 0 correspond à une faible diversité des habitats sur la station. Au contraire, une station présentant des habitats hétérogènes prendra une valeur proche de 2.

Équation 1 : Calcul de Div_{hab}

$$Div_{hab} = - \sum_{i=1}^4 \frac{hc_i}{hc_{tot}} \times \log_2 \left(\frac{hc_i}{hc_{tot}} \right)$$

L'indice d'occupation repose lui sur un taux d'occupation (tx_{occ}) correspondant au rapport entre le nombre de berges par transect ayant au moins un habitat caractéristique renseigné, et le nombre total d'observations de berges renseignées.

Équation 2 : Calcul de $O_{cc_{hab}}$

$$O_{cc_{hab}} = - tx_{occ} \times \log_2 (1 - tx_{occ})$$

La valeur de Hab est convertie en un score $\widetilde{Hab}$ (figure 9).

Hab	$\widetilde{Hab}$
$x \geq 2$	0
$1 \leq x < 2$	2
$0,5 \leq x < 1$	5
$0,1 \leq x < 0,5$	8
$x < 0,1$	10

Figure 9 : conversion de Hab en $\widetilde{Hab}$

- **Ripisylve (Rip)** : la situation de référence correspond à un lit présentant une ripisylve la plus couvrante possible avec des espèces autochtones. Elle est considérée à partir du score Ripisylve, déjà renseigné dans l'IED, associé d'un paramètre tenant compte de la naturalité de la végétation. Le score de cette métrique est compris entre 0 et 15. $R_{ip} = \widetilde{SCO_{rip}} + \widetilde{Tx_{vnat}}$

$\widetilde{SCO_{rip}}$ est un paramètre permettant d'évaluer un volume théorique de végétation autour du lit de la rivière. Il est calculé à partir SCO_{rip} (figure 10), lui-même calculer à partir de la strate la plus recouvrante, de la continuité longitudinale de la ripisylve et de son épaisseur transversale.

SCO_{rip}	$\widetilde{SCO_{rip}}$
$x \geq 0,7$	0
$0,5 \leq x < 0,7$	3
$0,3 \leq x < 0,5$	6
$0,1 \leq x < 0,3$	9
$x < 0,1$	12

Figure 10 : conversion de SCO_{rip} en $\widetilde{SCO_{rip}}$

$\widetilde{TX}_{vnat}$ est une conversion de TX_{vnat} (figure 11), lui-même calculé en faisant le rapport entre le nombre de berges par transect ne comptant pas de végétation plantée et exotique, et le nombre total d'observations de berges renseignées.

TX_{vnat}	$\widetilde{TX}_{vnat}$
1	0
$0,95 \leq x < 1$	1
$0,8 \leq x < 0,95$	2
$x < 0,8$	3

Figure 11 : conversion de TX_{vnat} en $\widetilde{TX}_{vnat}$

- **Artificialité des berges (Art)** : la situation de référence correspond à un chenal dont les berges ne présentent aucun matériau artificiel, d'origine anthropique. « Art » est calculé en faisant le rapport entre le nombre de berges renseignant des matériaux anthropiques (aménagements végétalisés, enrochements ou matériaux artificiels) et le nombre total d'observations de berges renseignées. Le score de cette métrique est compris entre 0 et 10. Art est ensuite converti en $\widetilde{Art}$ (figure 12) qui donne le score de la métrique.

Art	$\widetilde{Art}$
0	0
$0,05 \geq n > 0$	2
$0,1 \geq n > 0,05$	5
$0,25 \geq n > 0,1$	8
$n > 0,25$	10

Figure 12 : conversion de Art en $\widetilde{Art}$

Les métriques sont calculées de façon indépendante les unes des autres, puis additionnées et leur somme est divisée par la valeur maximale que peut atteindre chaque métrique (100 si aucune métrique ne manque) (Figure 13).

$$IHC = \frac{GH + Dfor + Dsub + Hab + Rip + Art}{GH_{max} + Dfor_{max} + Dsub_{max} + Hab_{max} + Rip_{max} + Art_{max}}$$

Figure 13 : calcul de la note finale de l'IHC

La note finale de l'IHC varie entre 0 et 1. Plus sa note est proche de 0, plus les caractéristiques hydromorphologiques du tronçon de cours d'eau évalué sont proches de la situation théorique de référence. L'indice n'est pas calculé si plus de 25 % de la note maximale n'est pas disponible pour cause de données manquantes.

Annexe 15 : Méthode de la pêche électrique

Les inventaires piscicoles sont réalisés par pêche électrique. Cette méthode repose sur l'utilisation d'un courant continu (redressé) fourni par un groupe électrogène (puissance nécessaire de 1 à 12 kva). Le voltage et l'intensité fournis peuvent atteindre respectivement 150 à 800 V et 0,5 à 10 A suivant les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (minéralisation, appréhendée par la conductivité).

La cathode (tresse en acier) joue le rôle du pôle négatif. Elle est immergée à proximité du groupe. L'anode (cercle en acier positionné au bout d'une perche isolante) est mobile. Elle est reliée au groupe par une bobine de fil de longueur adaptée et est déplacée par l'opérateur. Lorsque l'opérateur immerge l'anode dans l'eau, une différence de potentiel s'établit entre les deux électrodes, et les poissons situés dans un rayon de 0,5 à 2 m autour de l'anode (suivant le courant utilisé et la conductivité de l'eau) subissent l'action du courant électrique (galvanonarcose) : stimulation des fibres nerveuses, stimulation directe des muscles, nage forcée vers l'anode, tétanie, dérive vers l'opérateur.

Le porteur de l'anode progresse de l'aval de la station vers l'amont et des équipiers sont présents à ses côtés pour capturer les poissons à l'aide d'épuisettes. Un filet à l'aval et un filet à l'amont marquent les limites de la station et empêchent les poissons de s'échapper.

Annexe 16 : Méthode de calcul du SI2G

La première étape consiste à déterminer le niveau typologique du site considéré. Pour cela, une équation développée par Verneaux est utilisée préférentiellement. Elle est basée sur des données physico-chimiques et physiques (Équation 1).

Équation 1 : Formule de Verneaux pour le calcul du niveau typologique théorique du site considéré

$T_{th} = 0,45 T_1 + 0,30 T_2 + 0,25 T_3$	
Où $T_1 = 0,55 \theta_{max} - 4,34$	
$T_2 = 1,17 [\ln (d_o * D/100)] + 1,50$	
$T_3 = 1,75 [\ln (S_m/(p * l_2) * 100)] + 3,92$	
Avec θ_{max} : moyenne des températures maximales des 30 jours consécutifs les plus chauds	
d_o : distance à la source en km	D : dureté calco-magnésienne, en mg/l
S_m : section mouillée à l'étiage	p : pente du lit en ‰
l : largeur du lit mineur	

En l'absence de données thermiques, une alternative à l'équation est possible. Cette méthode se base sur un abaque « poisson » développé par verneaux (figure 1) et sur les espèces recensées lors des pêches électriques.

Les groupements "socio-écologiques" turquoises de l'abaque, sont passés en revue en suivant la flèche oblique turquoise, depuis le coin inférieur droit jusqu'au coin supérieur gauche. La première association comportant une ou plusieurs des espèces représentatives de l'échantillon (espèce qui se reproduit sur le site et dont les densités ne sont pas marginales) est adoptée comme repère. Ce groupe, par le biais des flèches verticales mauves ou oranges qui le bornent, renvoie à une gamme de types écologiques indiquée sur les graduations bleues de l'axe des abscisses. Au sein de cet intervalle, le type ichtyologique approché est déterminé par la graduation rouge de l'axe des abscisses correspondant au nombre total d'espèces capturées.

En s'appuyant sur le peuplement piscicole en place, cette alternative permet, in fine, de déterminer le niveau biotypologique du site au moment de la pêche (niveau biotypologique réel). Elle ne permet pas l'obtention du niveau biotypologique optimal en théorie puisque le peuplement en place ne correspond pas forcément au peuplement en place sur le cours d'eau avant qu'il ne subisse à des altérations. C'est pourquoi l'utilisation de l'équation de verneaux, pour la détermination du niveau biotypologique est privilégié.

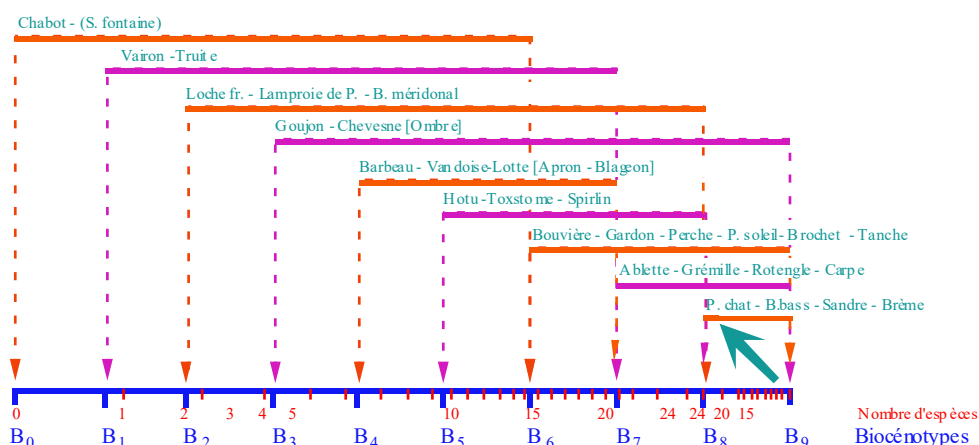


Figure P=1 : Abaque typologique développé par VERNEAUX

Dans le cas de cette étude, en l'absence de données thermiques sur la Mérantaise, il n'est pas possible de calculer le niveau typologique à partir de l'équation de Verneaux et compte tenu des limites de l'utilisation de l'abaque, il a été jugé préférable d'utiliser le niveau typologique défini dans le PDPG de la fédération de pêche des Yvelines (mérantaise classée en niveau B2-B3). Pour la suite de l'étude, il est pertinent de considérer le niveau typologique donné le plus élevé, car les stations étudiées sont localisées dans l'Essonne, quelques kilomètres en aval de la limite départementale avec les Yvelines. Les 3 stations étudiées seront donc considérées au niveau typologique B3.

La seconde étape de l'approche consiste à calculer le peuplement théorique optimal sur la base du niveau typologique considéré. Pour cela, le tableau de répartition longitudinale des abondances optimales potentielles de 40 espèces développé par Verneaux est utilisé (tableau 1). Il donne les espèces potentiellement rencontrées par niveau typologique ainsi que le nombre d'espèces optimal. Ainsi, pour la Mérantaise (considérée au niveau biotypologie B3 aux stations), les espèces potentiellement présentes sont la truite fario, le saumon de fontaine, le chabot, la lamproie de planer, la loche franche, le barbeau méridional, le vairon, l'ombre commun et l'épinoche. Le nombre d'espèces optimal est de 5.

Tableau 1 : Répartition longitudinale des abondances optimales potentielles de 40 espèces

APP	DISP	AMPL	Ordre	ESP	IS	IH	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	
1	4,0	4	1	SDF	70	88	2	3	5	3	2	1	1											
1,5	7,0	7	2	CHA	70	91	2	3	4	4	5	5	5	4	3	2	1	1	1	0,1				
1,5	8,0	8	3	TRF	45	88	1	2	3	4	5	5	5	4	4	4	2	1	1	1	1			
2	7,5	6	4	LPP	75	85			1	2	3	3	4	4	5	5	4	3	2	1				
2	8,0	7	5	VAI	55	77			0,1	1	3	4	5	4	3	3	2	1	1	1	1			
2,5	7,0	5	6	BAM	70	98				0,1	1	1	3	5	5	4	3	1	1					
2,5	8,5	7	7	LOF	30	85				1	2	3	4	5	5	4	3	3	2	1	1	1		
2,5	1,0	6	8	OBR	70	88			0,1	1	2	3	4	5	5	4	3	2	1	1	1			
3	9,0	7	9	EPI	25	45					0,1	1	3	4	5	5	4	3	3	2	2	1	1	
3,5	8,0	5	10	BLN	60	79					0,1	1	2	3	4	5	3	1	1	1				
3,5	8,0	6	11	CHE	30	39					0,1	1	3	3	3	4	4	5	3	3	2	1		
3,5	9,0	6	12	GOU	45	74					0,1	1	2	3	3	4	5	5	3	3	2	1		
3,5	9,0	5	13	APR	85	95						0,1	1	3	4	5	4	3	1	1				
3,5	8,0	5	14	BLE	45	75						0,1	1	3	4	5	4	2	1	1				
4,5	8,5	5	15	HOT	40	83							0,1	1	3	5	4	3	2	1	1			
4,5	8,5	5	16	TOX	40	82								0,1	1	3	5	4	3	2	1			
4,5	9,0	5	17	BAF	50	69								0,1	1	2	3	4	5	5	3	2	1	
4,5	8,5	5	18	LOT	60	85								0,1	1	2	3	4	5	3	2	1		
4,5	9,0	5	19	SPI	50	74								0,1	1	2	3	4	5	3	2	1	0,1	
4,5	9,0	5	20	VAN	55	63								0,1	1	2	3	4	5	3	2	1	1	
5	9,0	5	21	EPT	25	45									0,1	1	2	3	5	5	4	3	3	
5,5	9,0	4	22	BOU	45	88									0,1	1	4	3	5	5	4	4		
5,5	9,0	4	23	BRO	45	85									0,1	1	2	3	5	5	4	3		
5,5	9,0	4	24	PER	50	76									0,1	1	2	3	5	5	4	3		
5,5	9,0	4	25	GAR	20	46									0,1	1	2	3	4	5	4	3		
5,5	9,0	4	26	TAN	35	81									0,1	1	2	3	4	4	5	5		
6,5	9,0	4	27	ABL	25	46										0,1	1	3	4	5	4	4		
6	9,0	4	28	CAR	40	81										0,1	1	2	3	5	5	4		
6	9,0	4	29	PSR	15	35										0,1	1	3	4	5	5	4		
6,5	9,0	3	30	OCO	40	84										0,1	1	3	5	4	4	3		
6,5	9,0	3	31	SAN	30	73										0,1	1	3	5	4	4	5		
6,5	9,0	3	32	BRB	25	71										0,1	1	3	4	4	4	5		
6,5	9,0	3	33	BRE	30	74										0,1	1	3	4	4	4	5		
7	9,0	3	34	GRE	30	54											0,1	3	5	4	3			
7	9,0	3	35	PES	45	70											0,1	3	4	5	5			
7	9,0	3	36	ROT	40	89											0,1	2	3	4	5			
7,5	9,0	3	37	BBG	55	95											0,1	1	3	5	5			
7,5	9,0	2	38	PCH	35	80												0,1	3	5	5			
7,5	9,0	2	39	SIL	30	80												0,1	3	5	5			
4	9,0	6	40	ANG	31	55								0,1	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5
IAD 1450																								
SCORE D'ABONDANCE OPTIMAL							2	5	8	12	14	16	20	22	24	36	48	56	60	76	84	80	76	
VARIÉTÉ OPTIMALE OBSERVÉE							1	1	2	3	3	4	5	7	9	12	15	18	21	23	25	23	17	
VARIÉTÉ OPTIMALE THÉORIQUE							1	2	3	4	5	6	7	9	12	15	18	21	24	27	30	28	28	
Ie max							140	220	415	635	695	815	1040	1180	1420	1975	2290	2640	2750	2920	3495	3145	2590	
Ih max							176	358	628	889	1038	1367	1702	1871	2146	3099	3763	4291	4529	5380	6739	6358	5411	

Les 5 espèces qui présentent théoriquement la plus forte classe d'abondance pour ce type écologique sont retenues pour constituer le peuplement théorique optimal. Pour un niveau B3, il s'agit du chabot, de la truite fario, du vairon, de la lamproie de planer et de la loche franche. Les classes d'abondances de ces espèces sont respectivement 5, 5, 3, 3 et 2. Il est important de vérifier que ces espèces sont présentes actuellement ou historiquement sur le bassin, sinon elles ne peuvent pas constituer le peuplement théorique. C'est pourquoi, le saumon de fontaine n'a pas été retenu dans la liste des espèces qui composent le peuplement théorique optimal des stations, alors qu'il présente

une classe d'abondance égale à la Loche franche (2), pour le niveau biotypologique B3. Le site de l'observatoire des poissons de la Seine, a été utilisé pour identifier les espèces présentes.

Ainsi, le peuplement optimal théorique, en classes d'abondance par espèce, pour la Mérantaise considérée au niveau typologique B3 est le suivant (figure 2) :

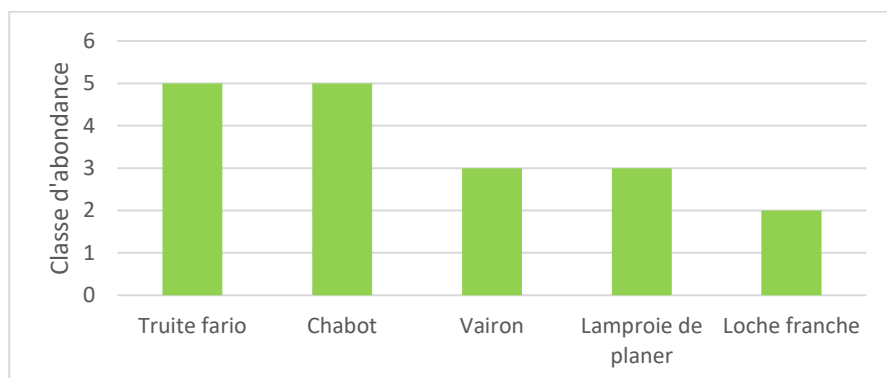


Figure 2 : Peuplement optimal théorique déterminé pour les stations sur la Mérantaise

Le peuplement optimal construit suivant ces règles peut être considéré comme une approche a minima de la véritable référence. En effet, la variété optimale utilisée est une valeur statistique inférieure à la valeur théorique (VERNEAUX 1981). En outre, les abondances optimales ont elles aussi été déterminées récemment, en l'absence d'un nombre suffisant de situations intactes. La comparaison entre ce peuplement "sub-référentiel" et le peuplement ne sanctionnera donc que les altérations nettes subies par l'ichtyofaune et non des minoration de potentiels associés à des variations locales.

Pour pouvoir comparer le peuplement réel et le peuplement théorique, les densités calculées (uniquement sur le premier passage) sont converties en classes d'abondance. Pour cela, un tableau élaboré par Verneaux (tableau 2) est utilisé. La comparaison sera effectuée à l'aide d'un histogramme 3D qui représentera pour chaque espèce la classe d'abondance théorique ainsi que les classes d'abondances réelles par année.

Tableau 2 : Limites des classes d'abondances numériques et pondérales pour les densités estimées du stock en place

	Inf1	SUP 1	SUP 2	SUP 3	SUP 4	SUP 1	SUP 2	SUP 3	SUP 4
cha	8	75	150	300	600	5,00	10,00	20,00	40,00
trf	5	50	100	200	400	25,50	51,00	102,00	204,00
tac	1	3	5	10	20	2,75	5,50	11,00	22,00
vai	15	175	350	700	1400	4,50	9,00	18,00	36,00
lot	20	200	400	800	1600	8,00	16,00	32,00	64,00
obr	2	6	13	25	50	8,25	16,50	33,00	66,00
lpp	2	10	20	40	80	0,13	0,25	0,50	1,00
bln	6	38	76	152	304	8,00	16,00	32,00	64,00
hot	10	96	193	385	770	25,00	50,00	100,00	200,00
tox	3	17	35	69	138	12,50	25,00	50,00	100,00
van	5	28	55	110	220	10,00	20,00	40,00	80,00
che	5	28	55	110	220	19,00	38,00	76,00	152,00
baf	3	13	25	50	100	7,50	15,00	30,00	60,00
lot	0,5	2	4	8	16	6,25	12,50	25,00	50,00
spi	2	6	13	25	50	0,30	0,60	1,20	2,40
gou	6	58	115	230	460	5,00	10,00	20,00	40,00
bro	0,5	2	5	9	18	7,50	15,00	30,00	60,00
per	1	3	6	12	24	0,50	1,00	2,00	4,00

bou	3	18	35	70	140	0,40	0,80	1,60	3,20
pes	1	3	6	12	24	0,25	0,50	1,00	2,00
rot	1	4	8	15	30	0,50	1,00	2,00	4,00
cco	0,5	2	5	9	18	6,25	12,50	25,00	50,00
car	0,5	2	4	8	16	2,50	5,00	10,00	20,00
tan	0,5	3	5	10	20	3,75	7,50	15,00	30,00
bre	1	5	9	16	36	4,50	9,00	18,00	36,00
pch	1	4	8	15	30	1,00	2,00	4,00	8,00
gre	6	63	125	250	500	3,25	6,50	13,00	26,00
gar	15	170	340	680	1360	27,50	55,00	110,00	220,00
brb	5	30	60	120	240	2,75	5,50	11,00	22,00
abl	25	500	1000	2000	4000	15,75	31,50	63,00	126,00
ang	0,5	1	3	5	10	5,00	10,00	20,00	40,00
san	0,5	2	5	9	18	3,75	7,50	15,00	30,00
bbg	0,5	2	4	8	16	1,25	2,50	5,00	10,00
epi	4	23	46	92	184	0,30	0,60	1,20	2,40
ept	2	8	15	30	60	0,10	0,20	0,40	0,80
pst	5	25	50	100	200	0,03	0,06	0,12	0,24
ble	2	10	20	40	80	0,16	0,32	0,64	1,28
sdf	3	15	30	60	120	15,50	31,00	62,00	124,00

Classes de densités numériques :
nb Ind/10ares

Classes de densités pondérales :
kg/ha

Enfin, dans l'objectif de chiffrer l'écart entre la communauté en place et celle qui a été construite pour le peuplement optimal, l'indice SI2G est calculé (équation 1). Il s'agit d'un indice bâti pour caractériser les éventuels déficits d'abondance de l'ensemble des composantes de l'ichtyofaune, en tenant compte des différences de sensibilité de chaque espèce à la qualité de l'eau et à celle de l'habitat.

Équation 1 : Formule pour le calcul du SI2G

$$SI2G = \frac{SI2E + SI2H}{2}$$

Il intègre le score ichtyologique d'intégrité de la qualité de l'eau (SI2E) et le score ichtyologique d'intégrité de l'habitat aquatique (SI2H), calculés selon les équations suivantes (équation 2 et 3) :

Équation 2 : Formule pour le calcul du SI2E

$$SI2E = \frac{\sum_{i=1}^t a_i \times s_i}{\sum_{j=1}^n a_j \times s_j} \times 20$$

Pour la ième espèce du peuplement réel ou pour la jème espèce du référentiel :

S est le complément à 10 de l'indice de sensibilité défini par Verneaux

A est la classe d'abondance optimale, pour le type considéré

Équation 3 : Formule pour le calcul du SI2H

$$SI2H = \frac{t}{n} \times \frac{\sum_{i=1}^t a_i \times h_i}{\sum_{j=1}^n a_j \times h_j} \times 20$$

Pour la ième espèce du peuplement réel ou pour la jème espèce du référentiel :

h vaut 10 fois le complément à 1 de l'indice d'euryécie "e" (GRANDMOTTET (1983))

a est la classe d'abondance optimale pour le type considéré de la ième espèce du peuplement réel ou de la jème espèce du référentiel

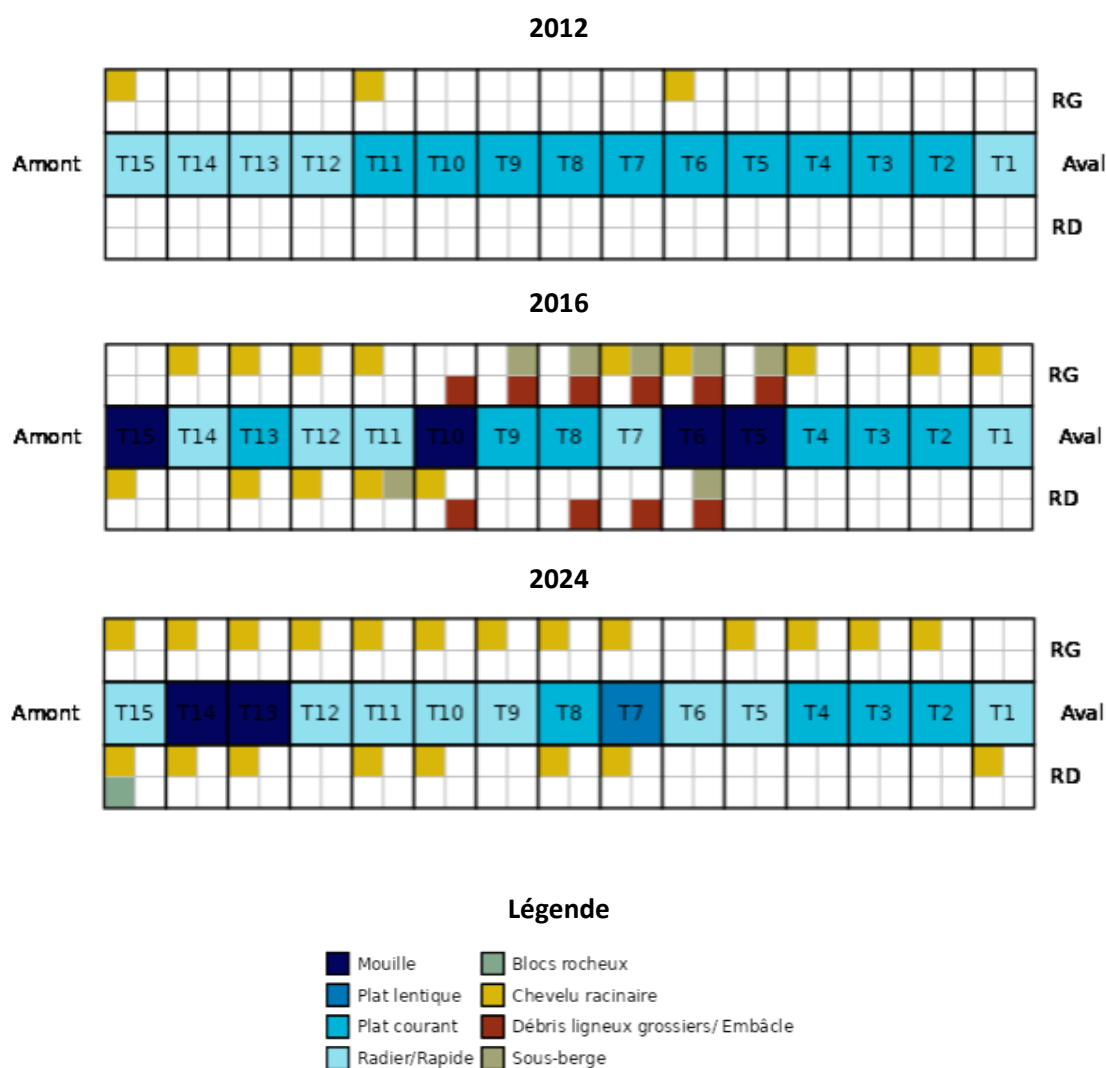
Les 2 scores, SI2E et SI2H seront comparés afin de discerner la composante la plus altérée (qualité de l'eau ou habitat).

Annexe 17 : Méthode d'analyse des densités par espèces

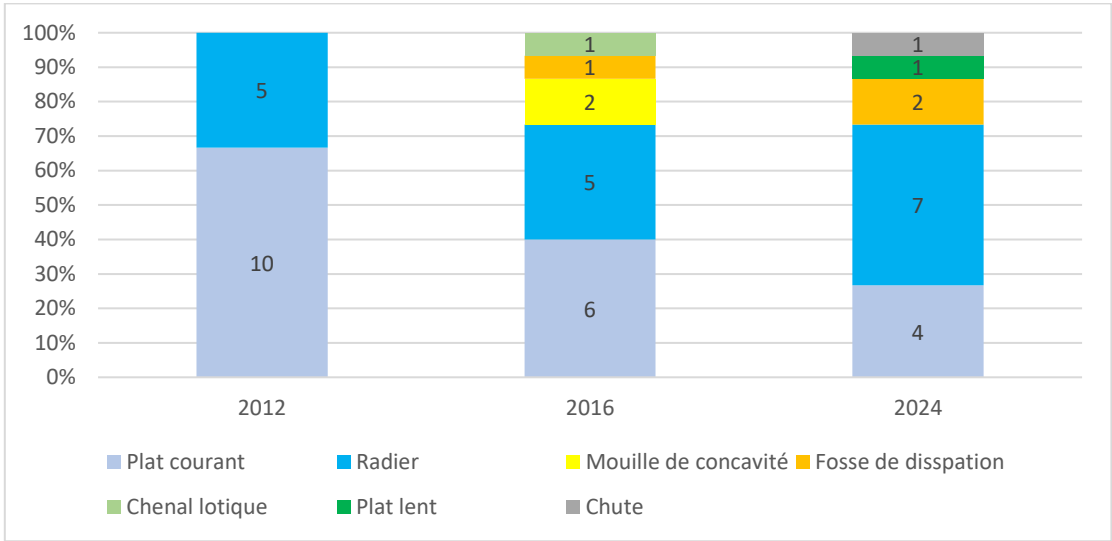
Pour étudier l'estimation des densités d'individus par espèces, un histogramme empilé des densité d'individu par espèce, par années, est construit. Afin de garantir une comparaison robuste et identique entre les années, seul le premier passage est pris en compte. Les données des deuxièmes passages, en 2020 et 2024, ne sont pas utilisées pour le calcul. Les densités sont exprimées en nombre d'individus par hectare. Elles sont calculées à partir du nombre d'individu capturé par espèces, de la largeur et de la longueur de la station.

Exemple : À une année X, 2 truites sont capturées sur une station de 2 m de large et 100 m de longueur. La superficie de la station est de $2 \times 100 = 200\text{m}^2$. La densité d'individus ramenée à l'hectare est de : $2 \times 50 = 100 \text{ ind/ha}$.

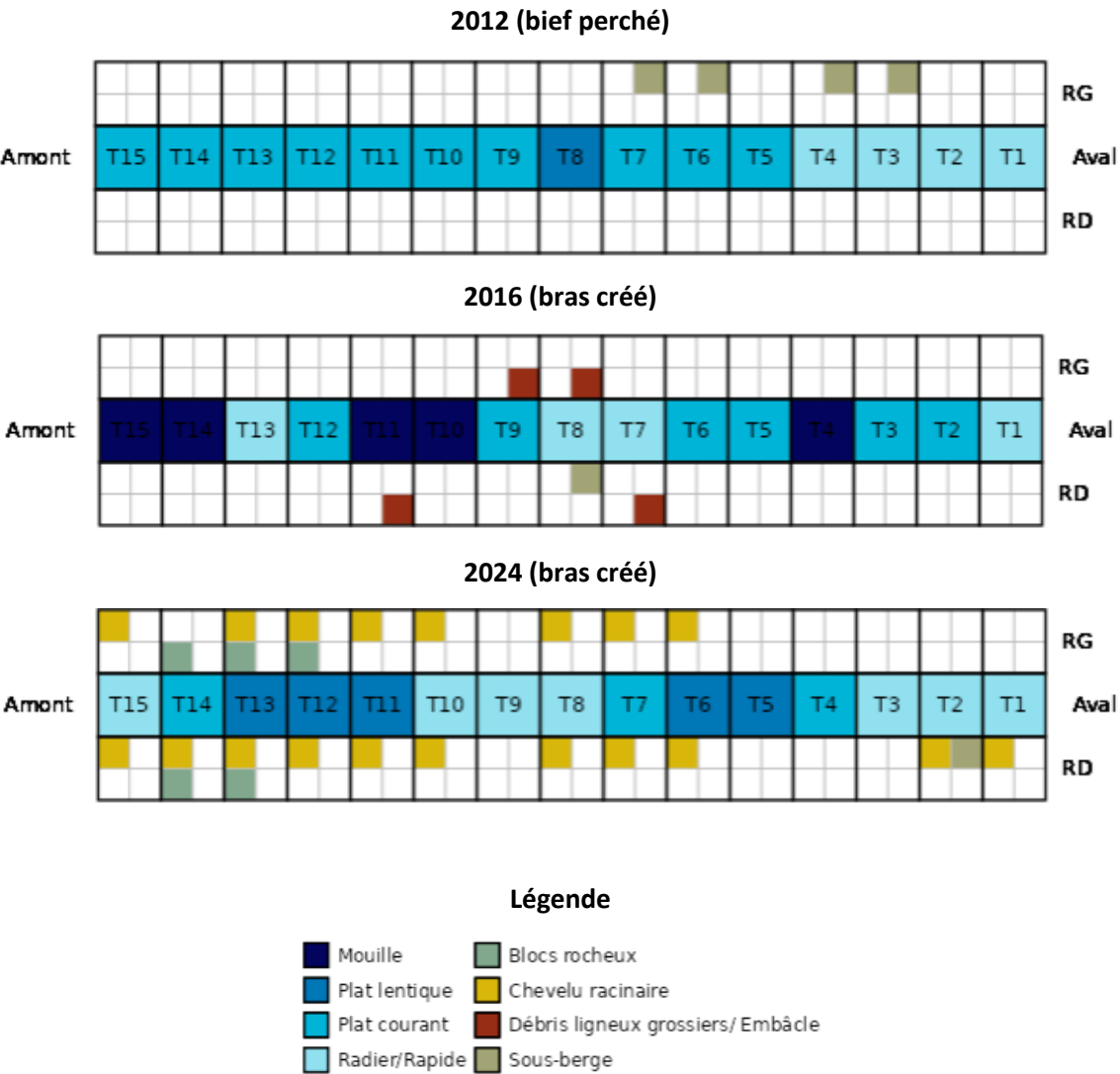
Annexe 18 : Diversité des habitats observés à la station témoin (source : IED CARHYCE)



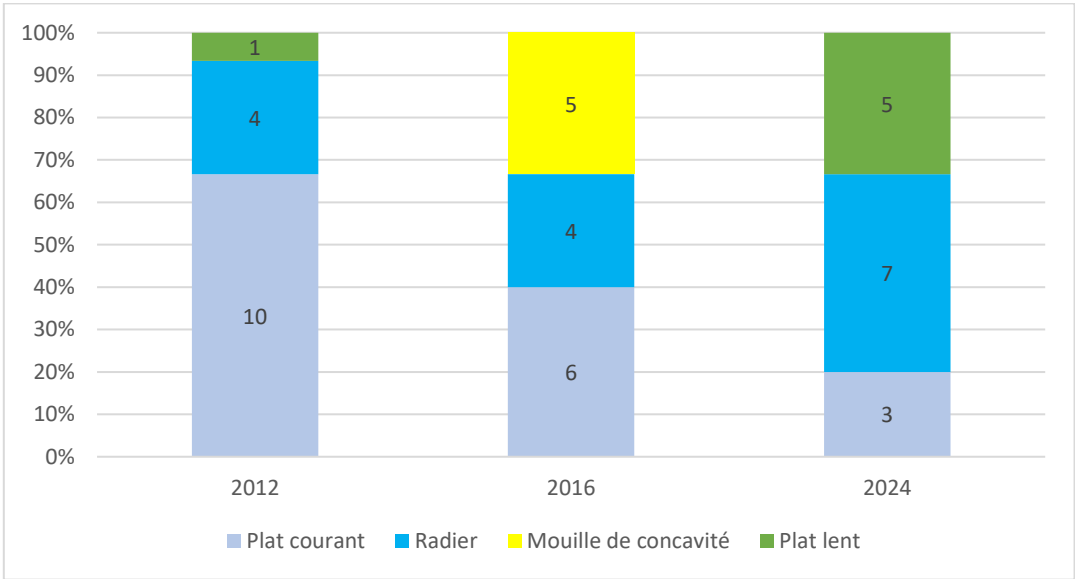
Annexe 19 : Diversité des faciès relevés à la station témoin



Annexe 20 : Habitats relevés à la station restaurée amont (source : IED CARHYCE)

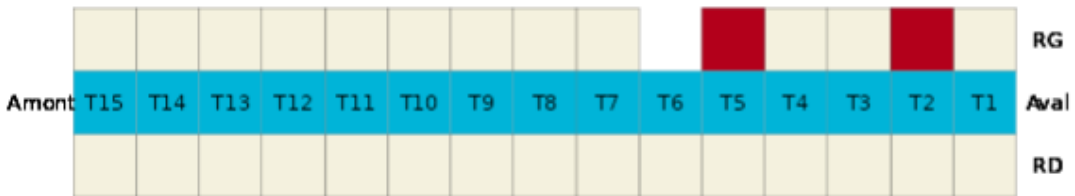


Annexe 21 : Diversité de faciès relevés à la station restaurée amont



Annexe 22 : Artificialité des berges à la station restaurée amont (source : IED CARHYCE)

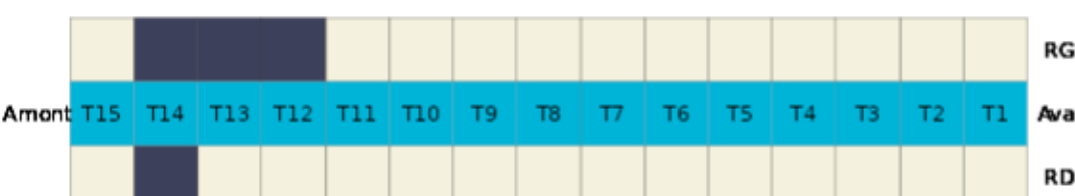
2012 (bief perché)



2016 (bras créé)



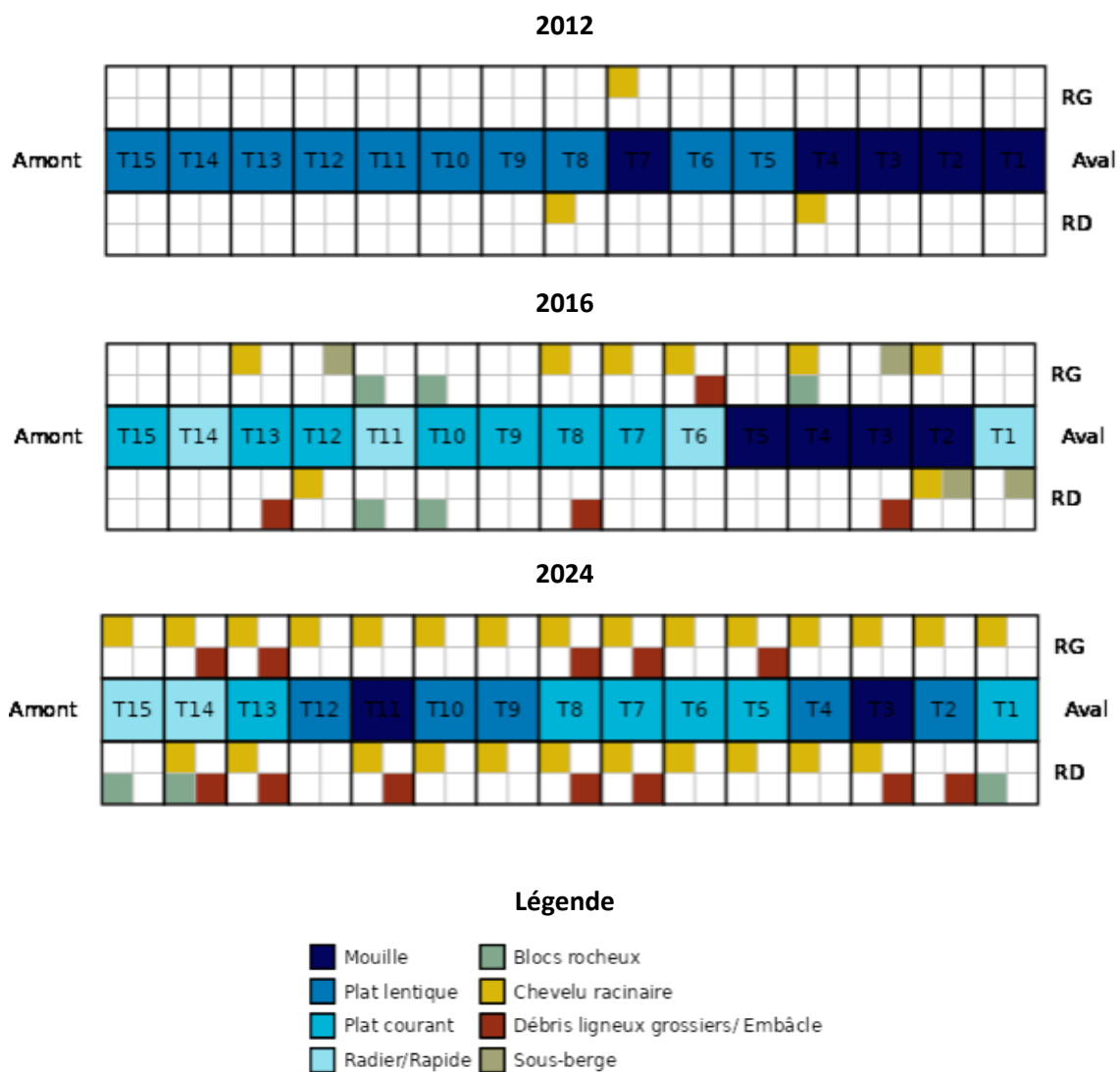
2024 (bras créé)



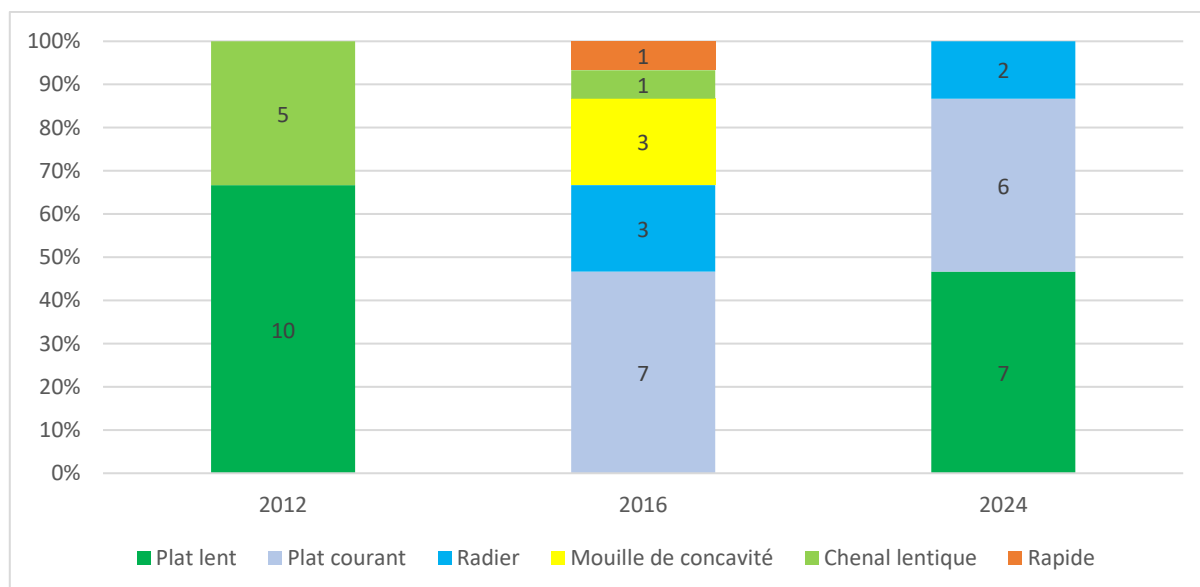
Légende



Annexe 23 : Habitats relevés à la station restaurée aval (source : IED CARHYCE)

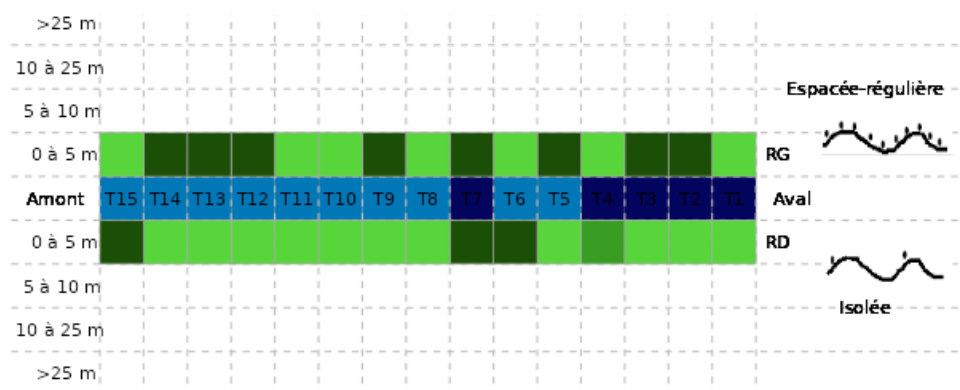


Annexe 24 : Diversité de faciès relevés à la station restaurée aval

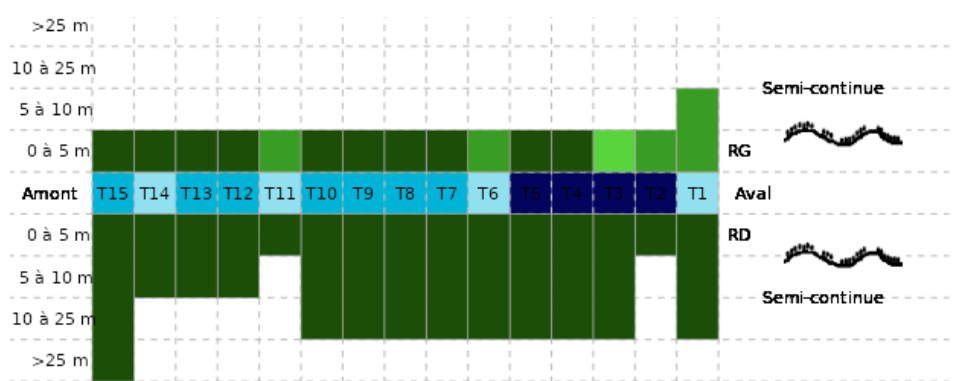


Annexe 25 : Strate arbustive relevées à la station restaurée aval (source : IED CARHYCE)

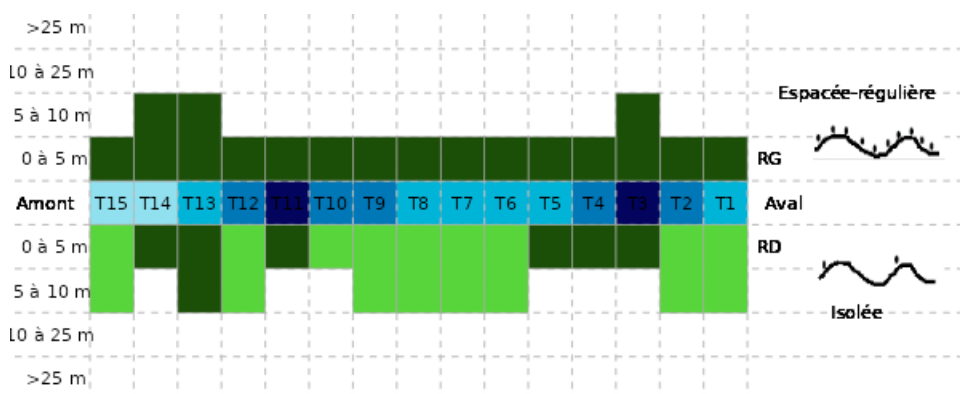
2012



2016



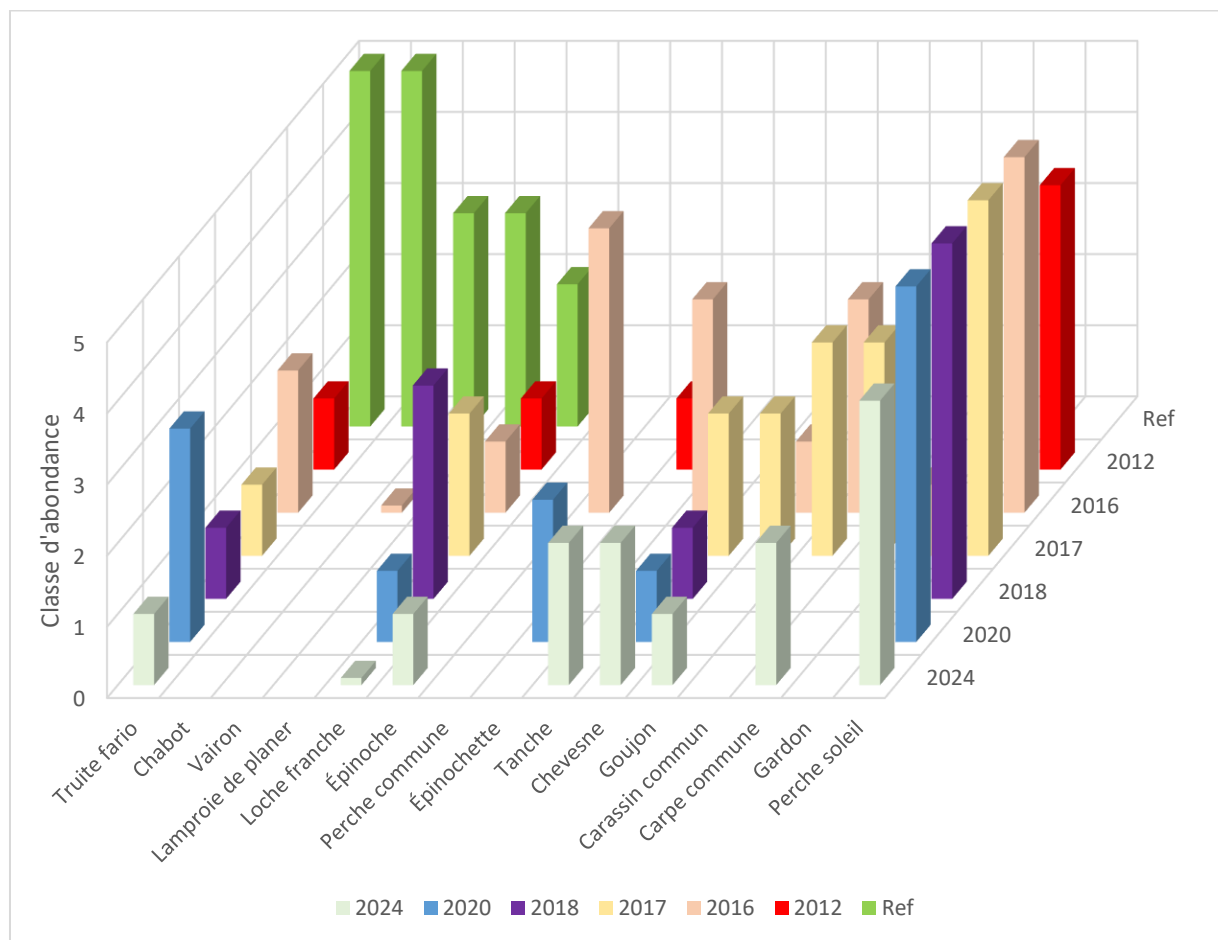
2024



Légende



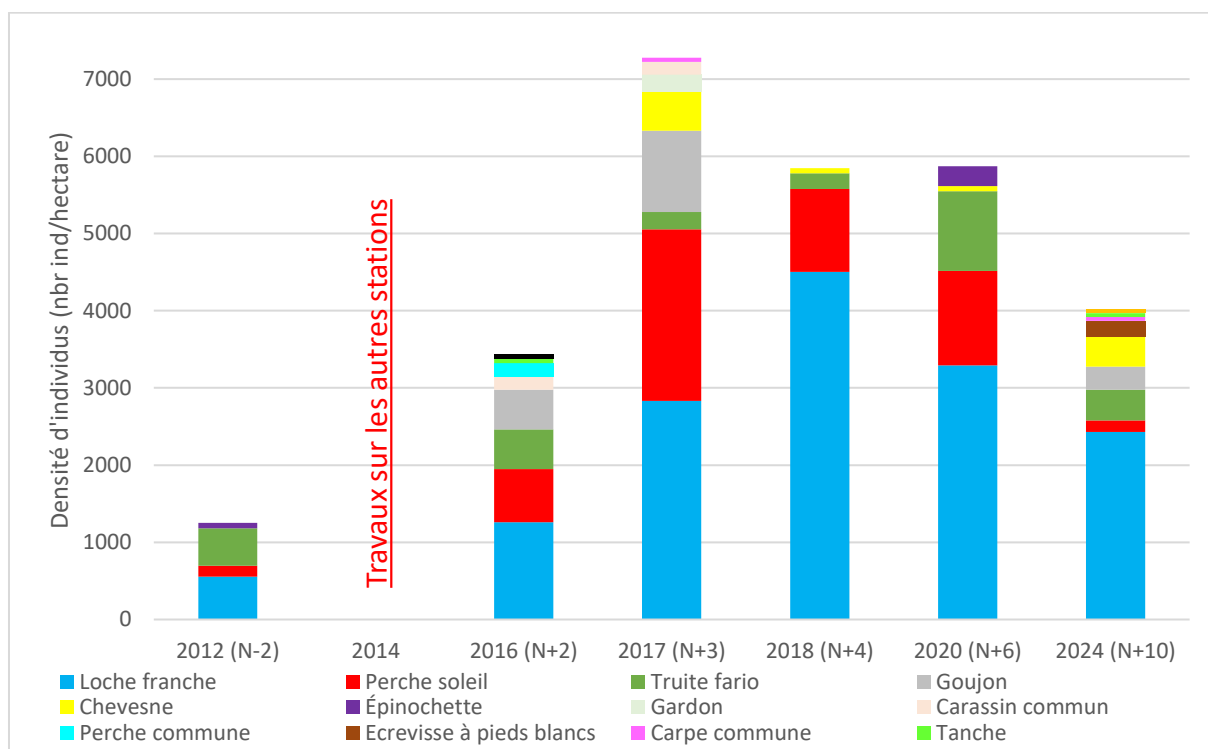
Annexe 26 : Comparaison du peuplement optimal théorique (déterminé dans le cadre du calcul du SI₂G) aux peuplements observés à la station témoin



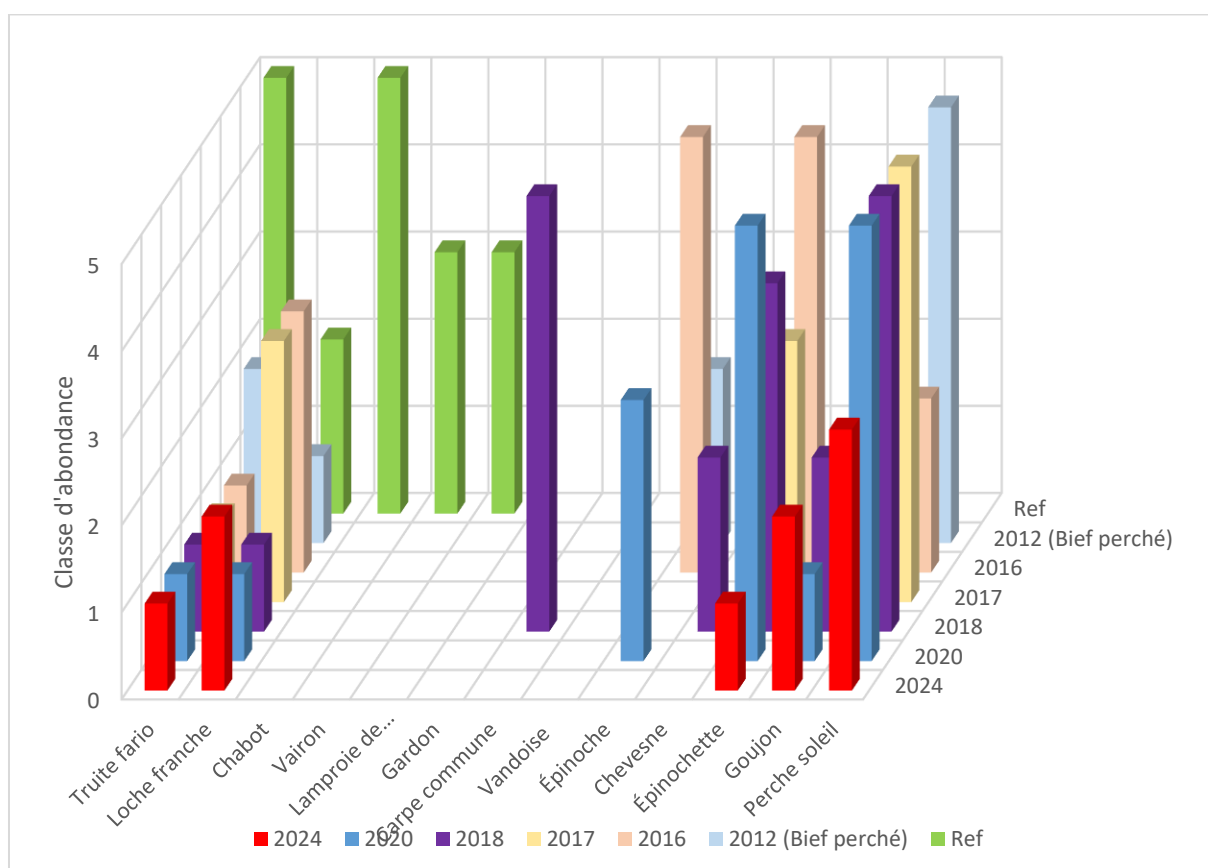
Annexe 27 : Notes du SI₂G calculées à la station témoin amont

	2012		2016	2017	2018	2020	2024
SI2E	5,46		16,0	16,8	8,8	10,3	13,1
SI2H	5,14		30,6	28,3	7,5	10,7	19,5
SI2G	5,30		23,3	22,6	8,2	10,5	16,3

Annexe 28 : Densités d'individus à l'hectare des espèces piscicoles échantillonnées à la station témoin



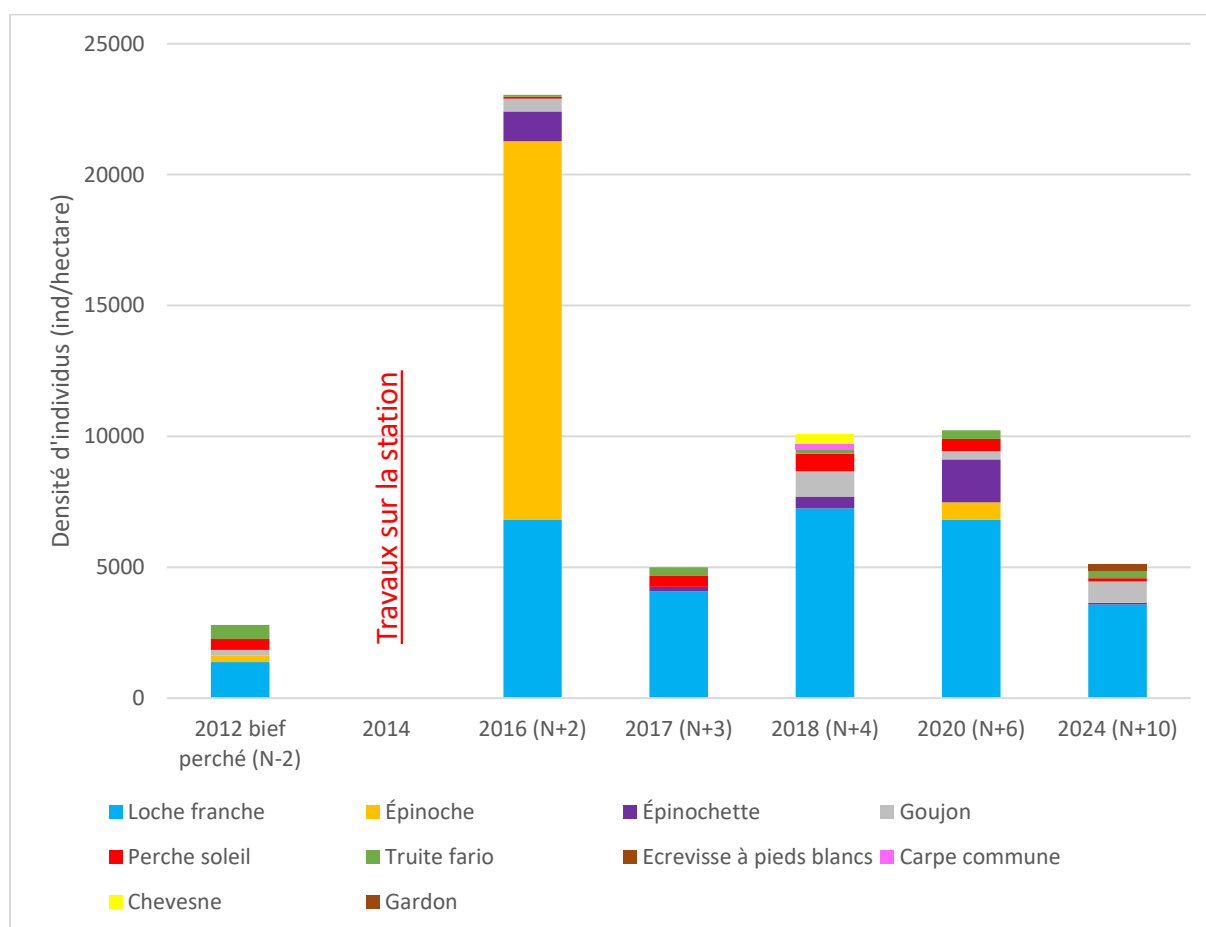
Annexe 29 : Comparaison du peuplement optimal théorique (déterminé dans le cadre du calcul du SI2G) aux peuplements observés à la station restaurée amont



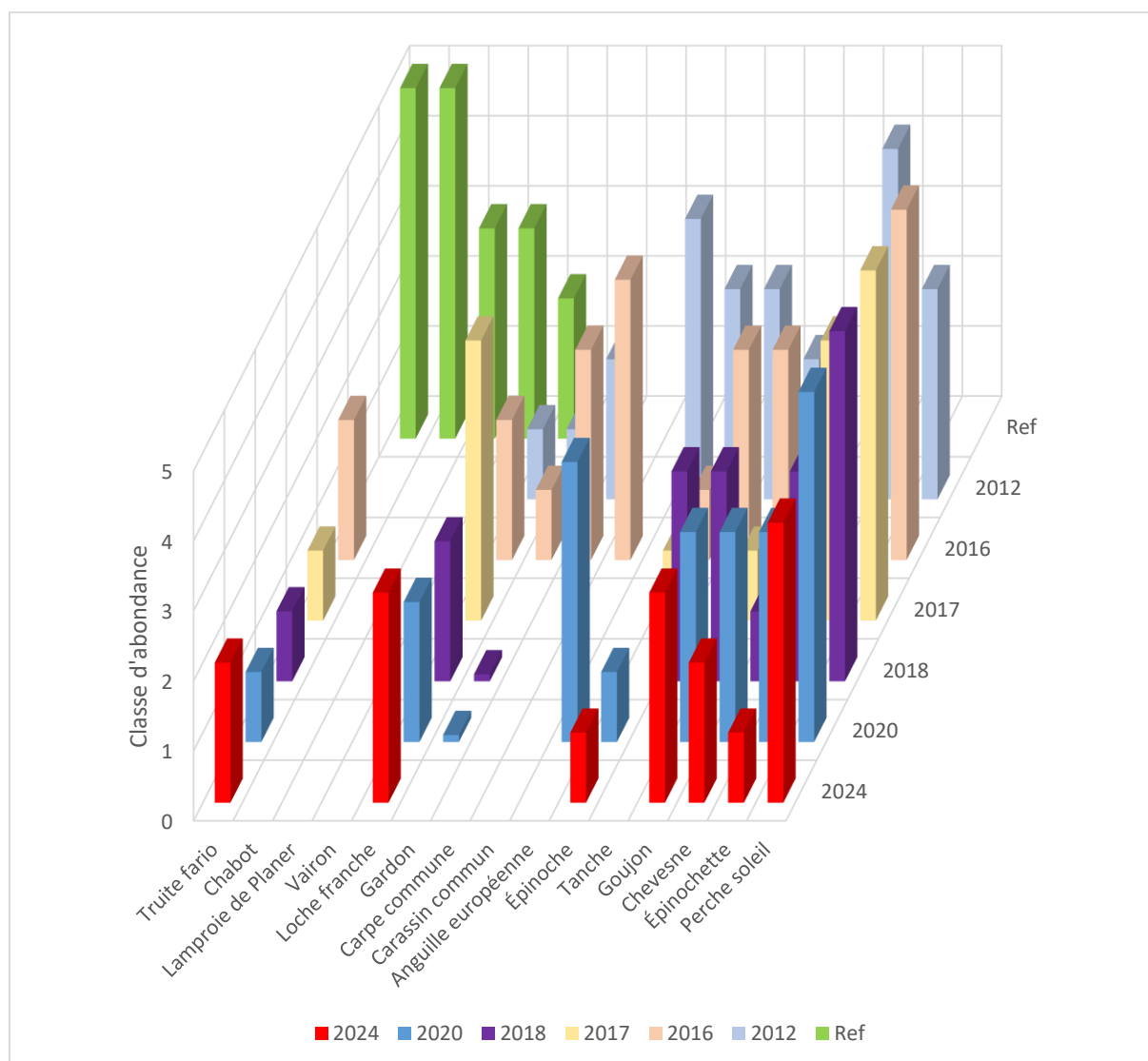
Annexe 30 : Notes du SI2G calculées à la station restaurée amont

	Pré-travaux	Post-travaux				
	2012 Bief perché	2016	2017	2018	2020	2024
SI2E	8,6	10,1	8,5	14,6	10,6	6,9
SI2H	10,0	15,6	8,5	24,3	14,8	8,5
SI2G	9,3	12,9	8,5	19,5	12,7	7,7

Annexe 31 : Densités d'individus à l'hectare des espèces piscicoles échantillonnées à la station restaurée amont



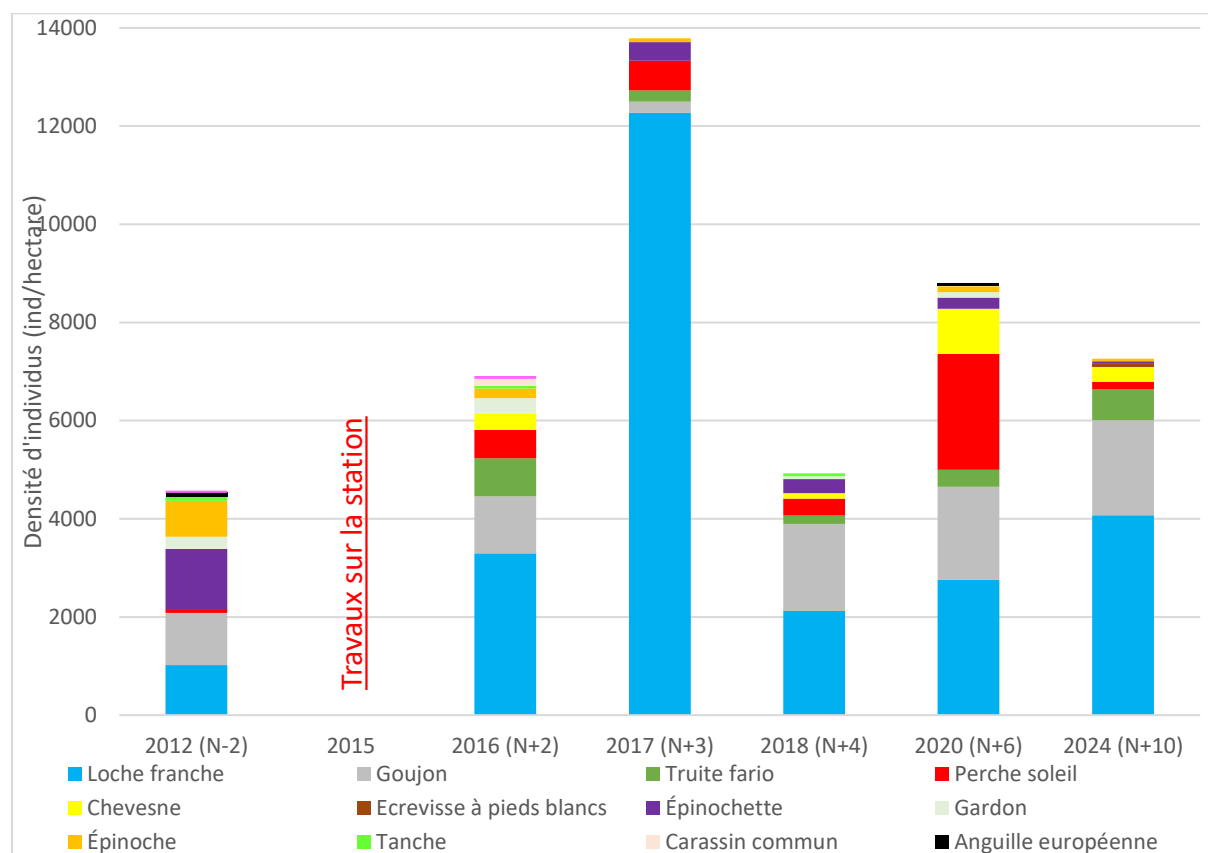
Annexe 32 : Comparaison du peuplement optimal théorique (déterminé dans le cadre du calcul du SI2G) aux peuplements observés à la station restaurée aval



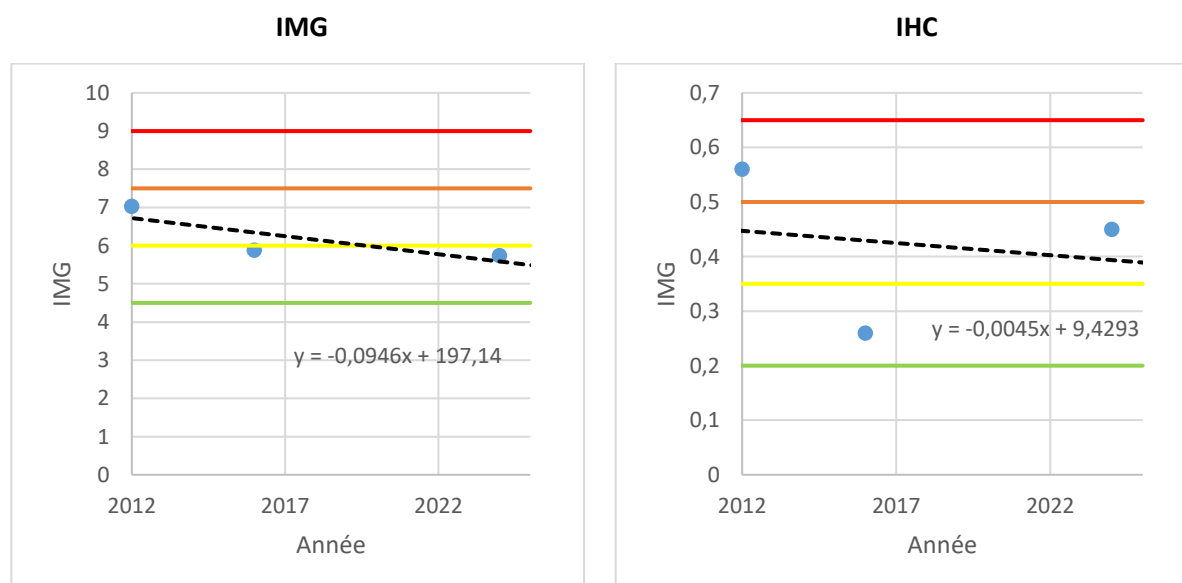
Annexe 33 : Notes du SI2G calculées à la station restaurée aval

	Pré-travaux	Post-travaux				
	2012	2016	2017	2018	2020	2024
SI2E	15,3	19,5	10,9	13,2	15,2	11,8
SI2H	34,4	49,1	16,7	25,8	31,3	19,8
SI2G	24,8	34,3	13,8	19,5	23,3	15,8

Annexe 34 : Densités d'individus à l'hectare des espèces piscicoles échantillonnées à la station restaurée aval

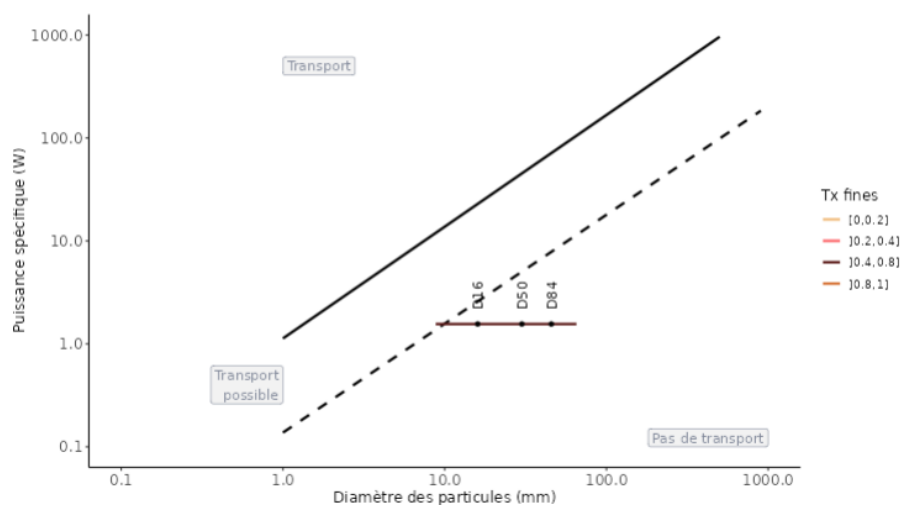


Annexe 35 : Évolution des notes de l'IMG et de l'IHC recalculées, à la station témoin

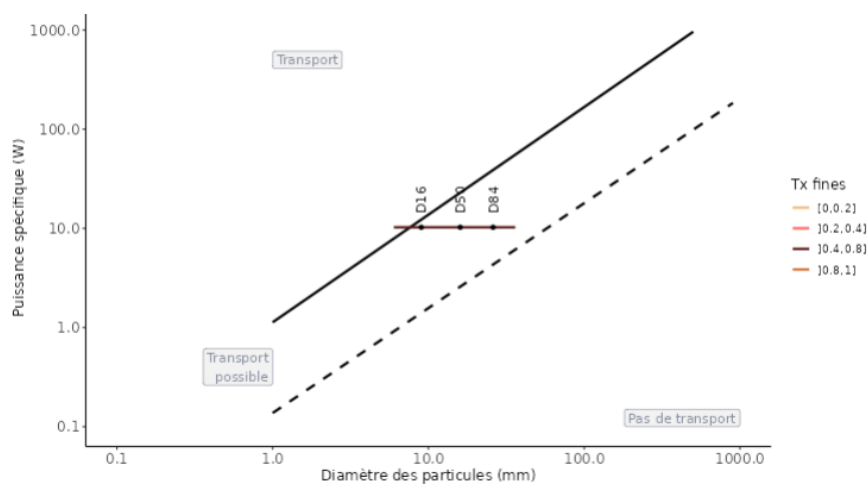


Annexe 36 : Évolution du transport sédimentaire à la station restaurée amont (source : IED CARHYCE)

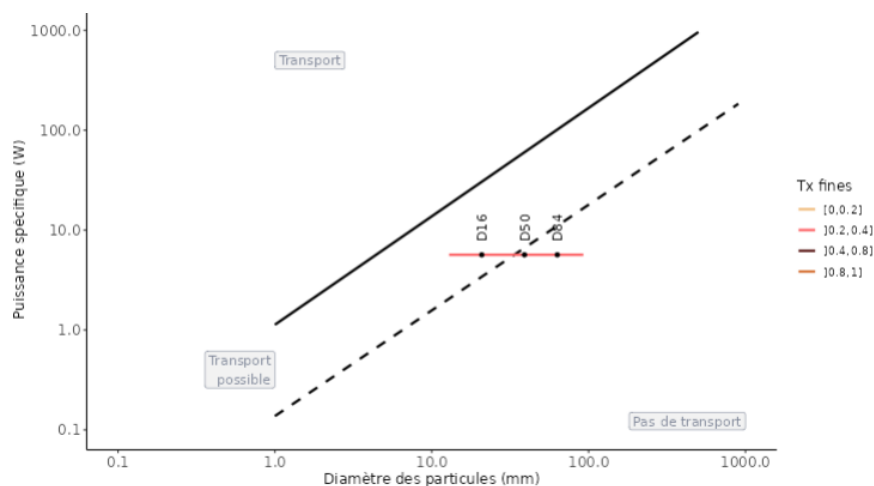
2012 (Bief perché)



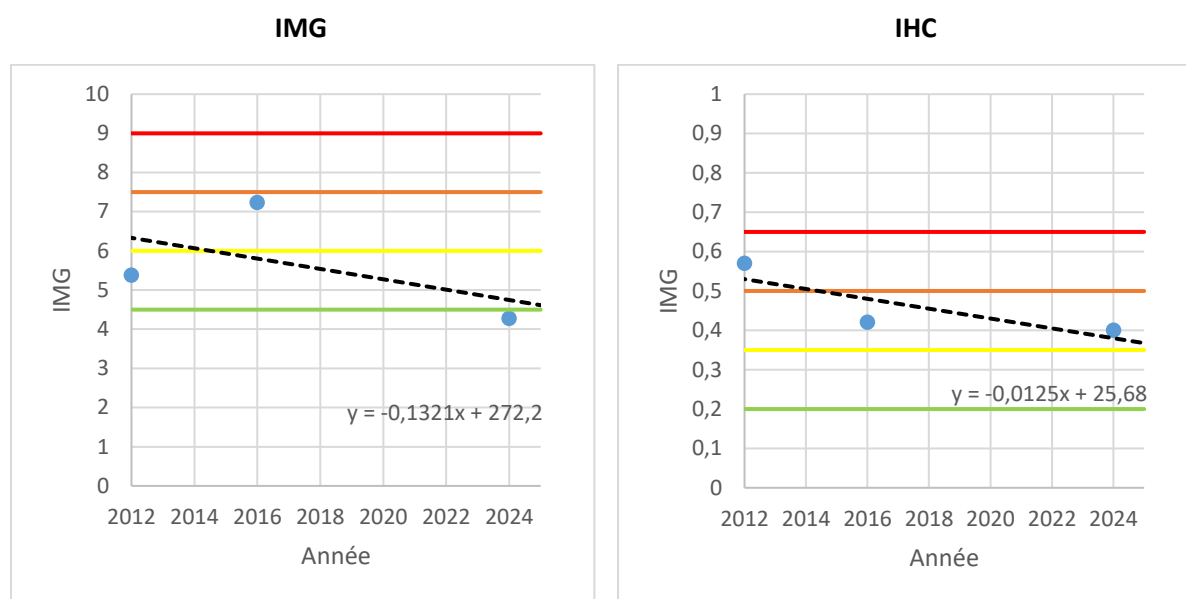
2016 (Nouveau bras)



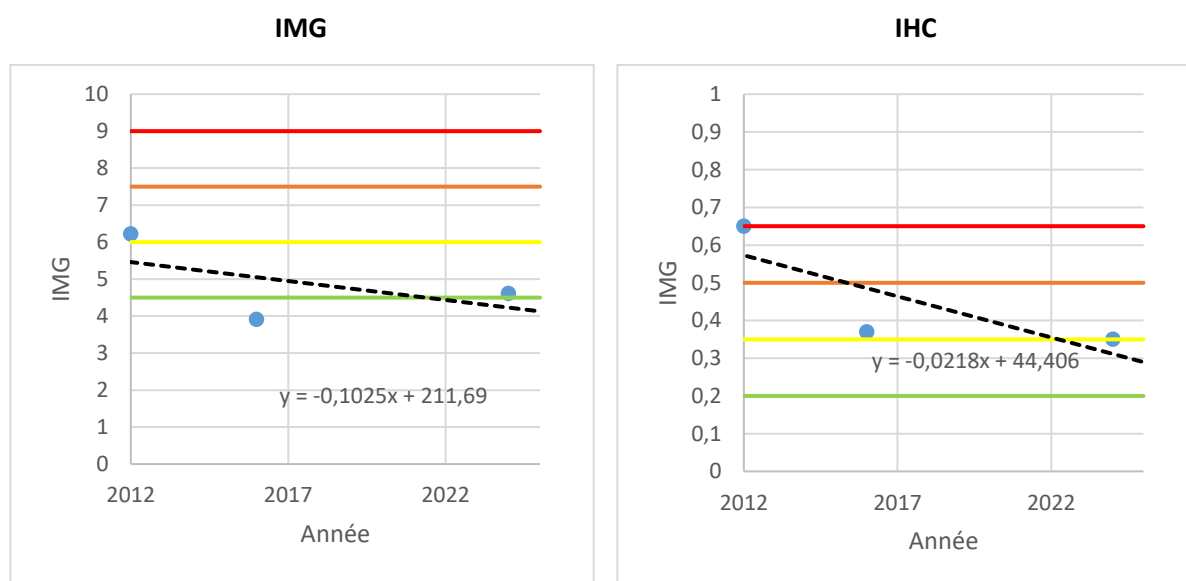
2024 (Nouveau bras)



Annexe 37 : Évolution des notes de l'IMG et de l'IHC recalculées, à la station restaurée amont



Annexe 38 : Évolution des notes de l'IMG et de l'IHC recalculées, à la station restaurée aval





Antonin CESBRON
Étudiant
2024-2025

Expertise de données piscicoles et hydromorphologiques avant et après travaux de restauration, sur le Mérantaise

Abstract: This report presents the evolution of the morphology and fish population of the Mérantaise following restoration work. The analysis is based on data from the CARHYCE protocol and electrofishing surveys conducted at three stations (control, restored upstream and restored downstream). Overall, the results show a notable improvement in the morphology of the restored stations, with a diversification of facies, an increase in habitats and a restoration of the slope close to reference values. However, the fish response is limited. A persistent deficit of rheophilic and lithophilic species is observed, and trout densities are not increasing. Observations at the control site also indicate a decline in fish populations outside the work area. These findings suggest that other parameters (including physico-chemistry) could be hindering the return of a suitable fish population.

Mots Clés : biologie, hydromorphologie, suivi, travaux, restauration, poissons, CARHYCE, milieu, évolution

Aquascop :

1 Avenue du bois l'Abbé, 49070 Beaucouzé

Tuteur entreprise :

Yannick Gelineau

Chef de service ingénierie

Tuteur académique :

Stéphane Rodrigues