

Département Aménagement et Environnement

Filière Ingénierie des Milieux Aquatiques

Année universitaire 2019-2020

Intégration de la méthode IPR dans la démarche qualité du laboratoire, développements et optimisations méthodologiques

Rapport de stage présenté par Marceau COUDERT

Sous la direction de Monsieur Jérémie SAUVANET

Août 2020

REMERCIEMENTS

Je voudrais tout d'abord remercier mon maître de stage, M. Jérémy SAUVANET, Chef de Service Hydrobiologie à Eurofins. Son accueil, son encadrement, sa confiance et l'autonomie qu'il m'a offerte m'ont permis d'effectuer mon stage de fin d'étude dans les meilleures conditions.

Je tiens également à remercier les professeurs et l'administration de l'Ecole d'Ingénieurs Polytechnique de l'Université de Tours et plus particulièrement M. Michel BACCHI, Docteur en Hydrobiologie, qui a été mon enseignant référent durant ce stage. Ils ont toujours été à mon écoute et m'ont aidé dans les démarches administratives liées au stage.

Je désire aussi remercier Pierre-Jean THOMAS et Julien BARTHES, Chargés de Projet à Eurofins Hydrobiologie France. Ils ont su partager leur grande expérience en pêche électrique de manière très pédagogique. Leur disponibilité et leurs conseils m'ont permis d'acquérir de l'expérience dans le domaine des pêches électriques.

Enfin je souhaite remercier tous les membres d'Eurofins et plus particulièrement, les membres d'Eurofins Hydrobiologie France pour leur accueil chaleureux. Ils m'ont intégré et accompagné tous le long de mon stage et m'ont permis de travailler dans d'excellentes conditions.

Table des matières

REMERCIEMENTS	2
INTRODUCTION	4
1. PRESENTATION DU GROUPE EUROFINS SCIENTIFICS.....	5
1.1 Eurofins.....	5
1.2 Eurofins Environnement France	5
1.3 Eurofins Hydrobiologie France	5
2. GESTION DU PROJET DE STAGE	6
3. PHASE 1 : MISE EN PLACE DE LA DEMARCHE QUALITE	8
3.1. Normes et références.....	8
3.1.1 Les normes de base de l'organisation d'une activité de laboratoire d'analyse : ISO 17025 et programme LAB GTA 41 du COFRAC.....	8
3.1.2 Les normes IPR et pêche électrique	8
3.1.3 Les guides d'application de l'OFB.....	8
3.2. Rédaction des documents et intégration dans l'architecture existante	9
3.2.1 Les documents d'habilitation	9
3.2.2 Les modes opératoires (MOP).....	10
3.2.3 Les fiches instruction (INS)	11
3.2.4 Les fiches enregistrement (ENR)	12
3.3. Utilisation du logiciel métier « D4 »	13
4. PHASE 2 : Mise en œuvre opérationnel dans le cadre d'une étude d'impact.....	14
4.1 Contexte de l'étude de cas	14
4.2. Sites d'étude	15
4.3. Matériels et méthodes.....	15
4.3.1. Echantillonnage	15
4.3.2. Biométrie	15
4.3.3. Calcul des indices et métriques biologiques	16
4.4 Résultats	17
4.4.1. La Boissière à la Martyre.....	17
4.4.2 Le ruisseau de Kéropartz au Tréhou	21
4.5. Conclusion et interprétation	26
CONCLUSION	27
BIBLIOGRAPHIE.....	28

INTRODUCTION

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE) impose à tous les Etats-membres de l'Union Européenne de protéger et de restaurer la qualité des eaux et des milieux aquatiques dans l'objectif d'atteindre le bon état des eaux. L'état des eaux de surface se base sur l'état écologique (paramètres biologiques, physico-chimiques et hydromorphologiques) et l'état chimique (substances polluantes) des cours d'eau et plans d'eau. L'état des eaux souterraines se base lui sur l'état chimique et l'état quantitatif (niveau des nappes).

L'hydrobiologie permet grâce à l'étude de la faune et de la flore aquatique, d'évaluer l'état écologique des cours d'eau. Les différentes espèces présentes (poissons, invertébrés, plantes et algues aquatiques) jouent le rôle d'indicateurs biologiques de la qualité des cours d'eau car elles présentent une sensibilité et un temps de réaction qui dépend des perturbations que subit le milieu aquatique.

Le laboratoire Eurofins Hydrobiologie France réalise pour ses clients (Conseils départementaux, Agences de l'Eau, Collectivités, Bureaux d'études, etc.) des évaluations de la qualité des cours d'eau et des suivis environnementaux des milieux aquatiques dans le cadre de la DCE. Le laboratoire a récemment intégré à ses prestations les inventaires piscicoles, en proposant des prestations de pêche à l'électricité selon la méthode de l'Indice Poisson Rivière (IPR). L'IPR est un indicateur biologique élaboré par l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatique (ONEMA), aujourd'hui Office Français de la Biodiversité (OFB) qui permet d'évaluer l'écart entre le peuplement piscicole présent sur un cours d'eau et le peuplement en situation théorique de référence (non perturbé par les activités humaines).

Le laboratoire souhaite désormais intégrer cette méthode normalisée dans sa démarche qualité accréditée par le COFRAC (Comité Français d'Accréditation) selon la norme ISO 17025 « Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais » et le programme LAB GTA 41 « Analyses biologiques des milieux aquatiques ».

Le premier objectif de mon stage a donc été d'intégrer la méthode IPR (Indice Poisson Rivière) dans cette démarche qualité existante par la mise en place de la documentation qualité spécifique à cet indicateur biologique. La seconde phase de mon projet de stage a été de mettre en application cette démarche qualité dans le cadre d'une étude de cas, et d'apporter les ajustements nécessaires à l'amélioration des procédures mises en place.

En parallèle des missions spécifiques de mon stage, j'ai participé activement à vingt-cinq pêches électriques dans la cadre d'un contrat sur le réseau de suivi de l'OFB. J'ai aidé à la réalisation des démarches administratives préalables (demande d'autorisation préfectorale et communication avec les propriétaires riverains), à la préparation logistique du matériel de pêche, et aux opérations de saisie de données. Dans des proportions plus faibles, j'ai également participé à d'autres missions terrain sur différents compartiments biologiques (diatomées, invertébrés) et à des prélèvements d'eau et mesures physico-chimiques *in-situ*.

1. PRESENTATION DU GROUPE EUROFINS SCIENTIFICS

1.1 Eurofins

Crée en 1987 à Nantes par Gilles MARTIN, la société Eurofins Scientifics propose des services analytiques dans les secteurs pharmaceutiques, de l'alimentation, de l'environnement et de la biologie médicale. Elle est aujourd'hui constituée d'un effectif de 47 000 personnes travaillant dans un réseau de plus de 800 laboratoires répartis dans 45 pays (Europe, Océanie, Amérique du Nord, Amérique du Sud et région Asie-Pacifique).

1.2 Eurofins Environnement France

Eurofins Environnement France réalise des analyses environnementales dans les domaines de l'eau, des sites et sols pollués, de l'air et de l'expertise environnementale.

Eurofins Expertises Environnementales intervient sur plusieurs domaines d'expertise tels que les dispositifs au contact de l'eau, la chimie de spécialité (déchets et bioaccessibilité), l'écotoxicologie (écotoxicité, biodégradabilité, critères HP et perturbateurs endocriniens), la microbiologie (virologie, parasitologie) et l'hydrobiologie.

1.3 Eurofins Hydrobiologie France

Eurofins Hydrobiologie France est composé de quatre laboratoires situés à Maxéville (54), Moulins (03), Gradignan (33), Aix-en-Provence (13), et d'une antenne située à Toulouse (31). Ce réseau réalise des suivis d'impact de rejet sur les milieux aquatiques et caractérise l'état des masses d'eau grâce à l'étude de leur état physico-chimique et biologique.

Le laboratoire d'Aix-en-Provence réalise des analyses sur les écosystèmes marins (microalgues, phanérogames, invertébrés, eau et sédiment). Les trois autres laboratoires, dont celui de Moulins qui m'a accueilli durant mes six mois de stage, réalisent des analyses sur les écosystèmes aquatiques continentaux. Leurs principales prestations se basent sur le prélèvement et l'analyse des microalgues avec l'Indice Biologique Diatomées (IBD, NF T90-354), des macrophytes avec l'Indice Biologique Macrophytique en Rivières (IBMR, NF T90-395), des macroinvertébrés avec l'Indice Invertébrés Multi-Métriques (I2M2, NF T90-388), des poissons avec l'Indice Poissons Rivière (IPR, NF T90-344) ainsi que de l'eau et des sédiments.

2. GESTION DU PROJET DE STAGE

En gestion de projet, plusieurs outils sont disponibles pour permettre le bon déroulement du projet et l'atteinte des objectifs fixés. Afin d'organiser et de planifier dans le temps les différentes tâches constituant le projet, un diagramme de Gantt (Figure 1) a été mis en place. La colonne de gauche recense toutes les tâches à réaliser et l'en-tête représente l'unité de temps (ici en mois et semaines). La durée des tâches à réaliser est matérialisée par une barre horizontale qui indique le début et la fin de la tâche. Ce diagramme permet de visualiser et de communiquer rapidement l'avancement des travaux.

Le projet d'intégration de la méthode IPR dans la démarche qualité du laboratoire s'est articulé en deux grandes étapes. La première étape, qui initie le projet, correspond à la mise en place de la documentation qualité et s'étend de Mars à Juillet. La deuxième étape qui s'étend de Juin à Août correspond à la réalisation des pêches électriques et à la mise à l'épreuve des améliorations techniques.

Durant le projet, l'ordre chronologique des tâches n'a pas tout le temps été respecté. En effet, après avoir lu les normes et documents de référence et pris connaissance de l'architecture qualité en place, une première version des documents qualité (MOP, INS et ENR) a été rédigée. Après réflexion, la rédaction des modes opératoires fût prioritaire puisqu'ils allaient par la suite aider à la rédaction des fiches instruction (INS) et enregistrement (ENR) associées. A partir de Juin, la participation aux pêches électriques a permis de réfléchir à des actions d'optimisation méthodologique mais a aussi permis d'affiner la rédaction des documents qualité en prenant en compte la réalité du terrain.

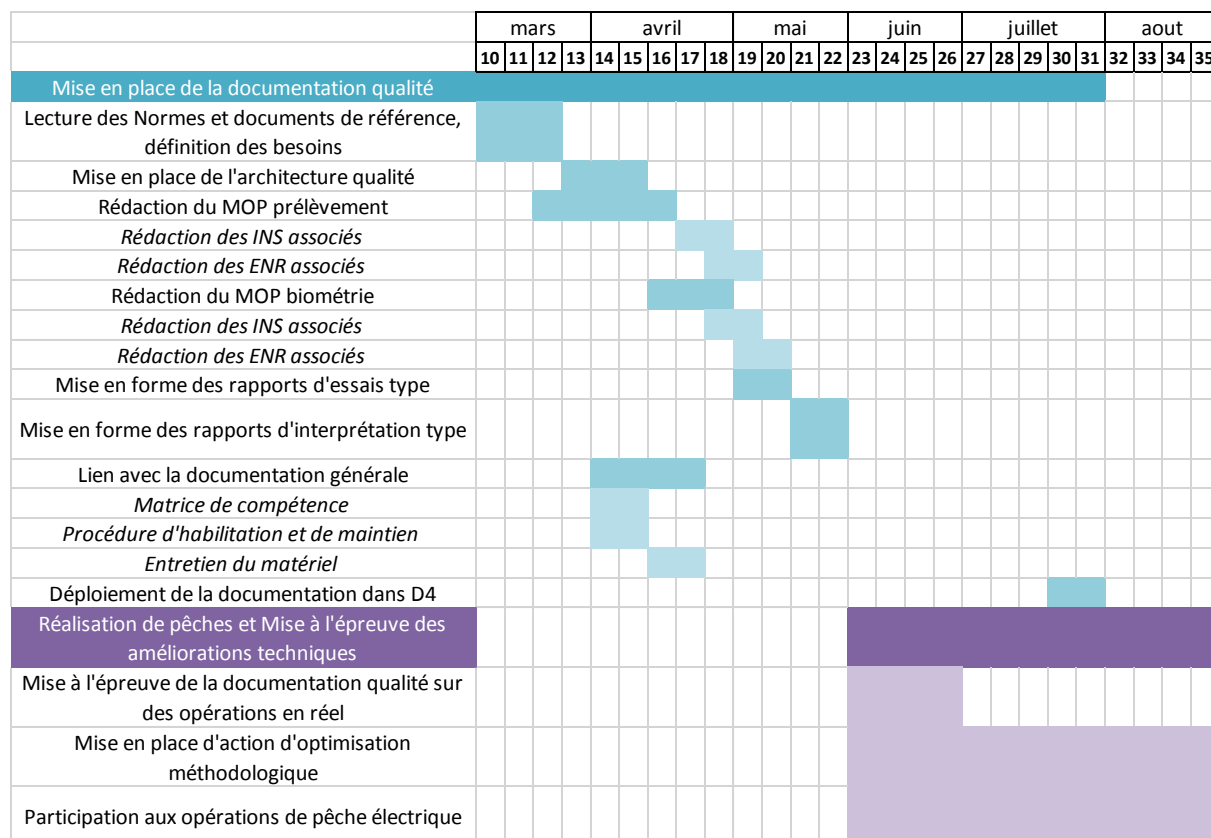


Figure 1 : Diagramme de Gantt

L'architecture documentaire (Figure 2) a évolué tout le long du projet et a permis de structurer la documentation qualité liée aux pêches électriques. Cette architecture documentaire a permis de mettre en lien les différents documents clés et de visualiser rapidement l'organisation de cette documentation qualité. Ces documents sont répartis en quatre grands groupes : les modes opératoires (MOP), les fiches instruction (INS), les fiches enregistrement (ENR) ainsi que les documents d'habilitation.

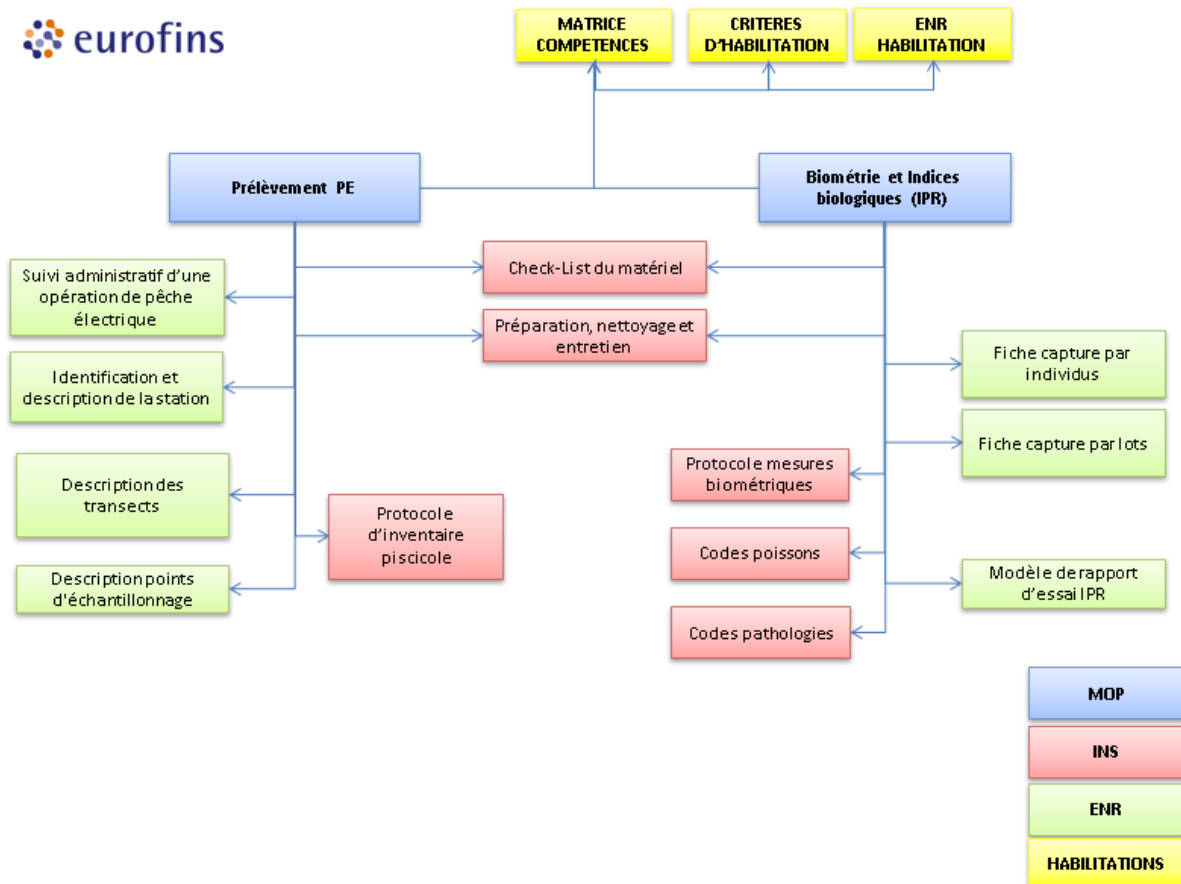


Figure 2 : Architecture documentaire relative à la pêche électrique

3. PHASE 1 : MISE EN PLACE DE LA DEMARCHE QUALITE

3.1. Normes et références

3.1.1 Les normes de base de l'organisation d'une activité de laboratoire d'analyse : ISO 17025 et programme LAB GTA 41 du COFRAC

La certification ISO 17025 est la principale norme utilisée par les laboratoires d'essai et d'étalonnage. Cette norme permet de mettre en œuvre un système qualité permettant au laboratoire de produire des résultats systématiquement valides à l'aide de méthodes normalisées. Les clients ainsi que les organismes d'accréditation peuvent se servir de cette norme pour reconnaître la compétence du laboratoire.

Le Guide Technique d'Accréditation LAB GTA 41 du COFRAC (Comité français d'accréditation) est un guide spécifique aux analyses biologiques des milieux aquatiques. Il contient les exigences de la norme ainsi que les recommandations issues des bonnes pratiques admises dans le domaine de l'hydrobiologie afin de permettre au laboratoire d'être accrédité.

3.1.2 Les normes IPR et pêche électrique

Il existe plusieurs normes concernant les pêches électriques. Elles décrivent généralement les modes opératoires permettant l'échantillonnage des poissons à l'électricité dans le but d'évaluer les populations piscicoles des cours d'eau.

La norme générale est la norme NF EN 14011 datant de 2003 qui concerne l'échantillonnage des poissons à l'électricité. Elle précise les recommandations et exigences concernant l'échantillonnage, l'équipement, la sécurité, la biométrie, la qualité et les rapports d'essai.

La norme XP T90- 383 de 2008 vient compléter la précédente en apportant des précisions sur les méthodes d'échantillonnage des poissons à l'électricité dans le cadre des réseaux nationaux de suivi des peuplements de poissons. Cette norme garantit une homogénéité et une comparabilité à l'échelle nationale en apportant des précisions sur les modes et stratégies d'échantillonnage à mettre en œuvre.

Enfin, la norme AFNOR (Association française de normalisation) NF T90-344 de 2011 vient apporter les recommandations concernant la détermination de l'Indice Poisson Rivière (IPR). Cette norme permet à l'aide de la structure des peuplements de poissons de calculer la note IPR de manière standardisée.

3.1.3 Les guides d'application de l'OFB

Les deux guides d'application de l'OFB utilisés pour mettre en place la démarche qualité du laboratoire sont « le guide pratique de mise en œuvre des opérations de pêche à l'électricité » datant de 2012 et « L'indice poissons rivière (IPR) » datant de 2006. Ces normes permettent de suivre les recommandations de l'OFB basées sur les normes présentées précédemment.

3.2. Rédaction des documents et intégration dans l'architecture existante

La documentation qualité d'une entreprise se structure sous la forme d'une pyramide (Figure 3). On retrouve au sommet de la pyramide les documents liés au domaine de la politique qualité de l'entreprise et à la base, les documents liés à la réalité opérationnelle du terrain.

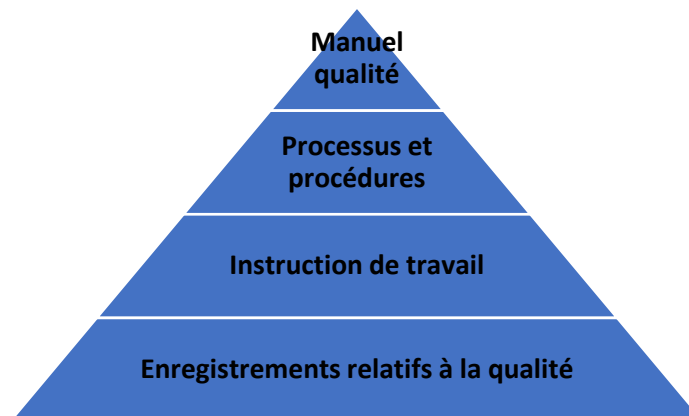


Figure 3 : Hiérarchie documentaire ISO 9001

Le manuel qualité décrit la politique de l'entreprise en termes de gestion de la qualité ; les procédures formalisent les règles et actions permettant d'obtenir un résultat défini ; les instructions de travail décrivent de manière détaillée les opérations à réaliser et les enregistrements permettent de prouver les résultats des opérations tout en assurant leur traçabilité.

Les documents rédigés lors de ce stage se trouvent dans la partie basse de la pyramide et font ainsi référence à la partie opérationnelle des pêches électriques. On retrouve ainsi les documents d'habilitation, les modes opératoires, les fiches instruction et les fiches enregistrement.

3.2.1 Les documents d'habilitation

D'après la norme ISO 17025, le laboratoire doit assurer la compétence de son personnel afin de produire des résultats systématiquement valides. Pour réaliser le processus d'habilitation, il faut identifier les compétences requises à la réalisation d'une tâche, définir les critères d'habilitation, former le personnel et enfin valider l'habilitation.

Les critères d'habilitation concernant les prélèvements par pêche électrique, la biométrie et la détermination des poissons ont donc été fixés et ajoutés à la liste des critères d'habilitation du laboratoire.

La matrice des compétences est un document qui recense les différentes habilitations que possède le personnel du laboratoire.

3.2.2 Les modes opératoires (MOP)

Le mode opératoire consiste à décrire de manière détaillée les actions nécessaires à l'obtention d'un résultat.

Dans le cadre des pêches électriques, ce document décrit précisément le déroulement des opérations (administratives et pratiques) ainsi que les méthodes à mettre en œuvre lors d'une pêche électrique. Il permet de standardiser les opérations et assure aux différents opérateurs de respecter les normes en vigueur.

Comme l'indique l'architecture documentaire relative à la pêche électrique (Figure 2), deux modes opératoires distincts ont été rédigés (Figure 4 et 5). Ils concernent d'une part les prélèvements par pêche électrique et d'autre part, les opérations de biométrie ainsi que le calcul de la note IPR.

MOP Biométrie dans le cadre de la méthode IPR	
Sommaire	
AVANT-PROPOS.....	2
NORMES ET DOCUMENTS DE REFERENCE.....	3
OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION	3
PRINCIPE.....	3
PERSONNEL	3
MATERIEL	3
APPLICATION DU MODE OPÉRATOIRE	4
<i>Installation du chantier de biométrie.....</i>	4
<i>Identification et tri des poissons</i>	4
<i>Mesures biométriques et pathologie</i>	4
<i>Lâcher des prises</i>	5
RAPPORT D'ESSAI	6
<i>Site, personnel et objectif d'échantillonnage.....</i>	6
<i>Equipement et conditions préalables.....</i>	6
<i>Site</i>	7
<i>Captures.....</i>	7
<i>Variables environnementales</i>	8

Figure 4 : Sommaire du mode opératoire « Biométrie »

MOP Prélèvement pêche électrique dans le cadre de la méthode IPR

Sommaire

AVANT-PROPOS.....	2
NORMES ET DOCUMENTS DE REFERENCE.....	3
OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION	3
PRINCIPE.....	3
PERSONNEL	3
MATERIEL	3
DEMARCHES RÉGLEMENTAIRES PRÉALABLES.....	4
<i>Visite préliminaire, informations sur le site de prélèvement</i>	4
<i>Demande d'autorisation administrative</i>	4
<i>Démarche auprès des détenteurs des droits de pêche</i>	4
DESCRIPTION DU SITE ET CHOIX DU PROTOCOLE DE CAPTURE	5
<i>Identification de la station</i>	5
<i>Description de la station</i>	5
<i>Choix et longueur de la station</i>	5
<i>Choix du protocole de prospection</i>	6
INSTALLATION DU CHANTIER DE PECHE ET MISE EN SECURITE DU SITE.....	7
<i>Organisation d'un chantier de pêche électrique</i>	7
<i>Cas d'une pêche à groupe thermique fixe</i>	7
<i>Cas d'une pêche à groupe thermique ou accumulateur portable</i>	7
<i>Sécurité</i>	8
INVENTAIRE PAR PECHE COMPLETE	8
<i>A une anode</i>	8
<i>A deux anodes</i>	8
INVENTAIRE PAR PECHE PARTIELLE.....	9
<i>A pieds</i>	9
<i>Embarquée</i>	11
<i>Mixte</i>	11

Figure 5 : Sommaire du mode opératoire « Prélèvement pêche électrique »

3.2.3 Les fiches instruction (INS)

La fiche instruction est un sous-document du mode opératoire. Ce document décrit les tâches des processus et permet à l'opérateur de rapidement identifier la méthode à utiliser pour réaliser une tâche. Dans l'exemple ci-dessous (Figure 6), le logigramme décisionnel permet à l'opérateur de connaître rapidement la méthode de pêche ainsi que les moyens humains et matériels à mettre en œuvre en fonction de la largeur et de la profondeur de la rivière. Ce logigramme se situe dans la fiche instruction « Protocole d'inventaire piscicole » de l'architecture documentaire (Figure 2).

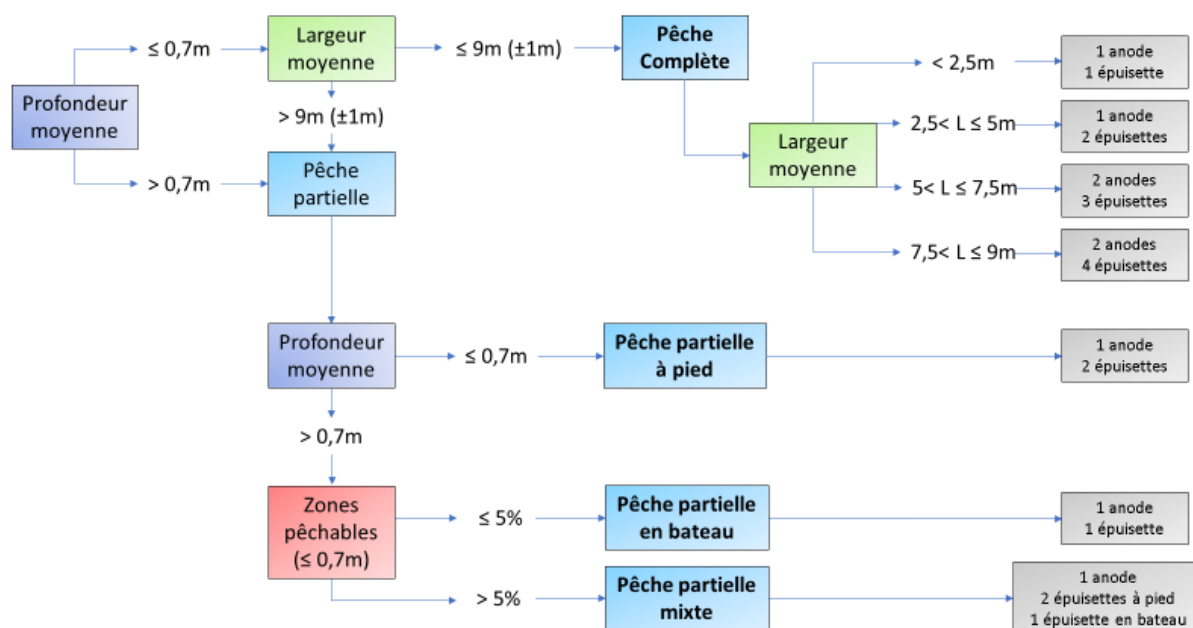


Figure 6 : Logigramme décisionnel de la méthode de prospection à mettre en œuvre

3.2.4 Les fiches enregistrement (ENR)

La fiche enregistrement permet à l'opérateur d'inscrire les résultats d'une opération. Ce support permet ainsi d'assurer la traçabilité des opérations de pêche électrique. L'exemple ci-dessous (Figure 7) est une fiche enregistrement reliée au mode opératoire de biométrie permettant d'inscrire par espèce, les mensurations (poids et longueur) de chaque individu capturé.

FICHE CAPTURE PAR INDIVIDU															
		Département :				Station :				Date :					
		Cours d'eau :				Réseau :				Passage 1		<input type="checkbox"/>		2 <input type="checkbox"/>	

	Espèce	Longueur totale	Poids	Observation		Espèce	Longueur totale	Poids	Observation		Espèce	Longueur totale	Poids	Observation
1					31					61				
2					32					62				
3					33					63				
4					34					64				
5					35					65				
6					36					66				
7					37					67				
8					38					68				
9					39					69				
10					40					70				

Figure 7 : Fiche enregistrement « capture par individu »

3.3. Utilisation du logiciel métier « D4 »

Le logiciel « D4 » permet au laboratoire Eurofins de mener une démarche qualité structurée en assurant la gestion de la documentation qualité du laboratoire. Il permet d'ajouter, de supprimer ou de modifier des documents dans une démarche d'amélioration de la qualité.

Après avoir rédigé les différents documents qualité, la documentation subit une vérification via le logiciel métier « D4 ». Chaque document doit être lu et approuvé par les chefs de service et les personnes compétentes en pêche électrique. Après approbation, la documentation peut enfin être diffusée aux équipes techniques. Les modes opératoires et fiches instruction serviront alors de référence et les fiches enregistrement seront utilisées lors des opérations de pêche électrique.

4. PHASE 2 : Mise en œuvre opérationnel dans le cadre d'une étude d'impact

4.1 Contexte de l'étude de cas

La composition faunistique et l'abondance des espèces piscicoles varient en fonction de la biogéographie mais aussi des caractéristiques physiques et chimiques du milieu. Ainsi lorsqu'une rivière subit une perturbation, la composition des populations piscicoles présentes est aussi perturbée. En Septembre 2019, Le Kéropartz et la Boissière, deux cours d'eau appartenant au bassin versant de la Mignonne (Figure 8) dans le Finistère, ont subi une pollution due à un déversement de lisier provenant d'une exploitation agricole voisine. L'objectif de cette étude est donc d'évaluer l'état biologique de ces deux rivières à partir de leur peuplement piscicole et d'en déduire si la pollution au lisier a impacté leur état biologique.



Figure 8 : Bassin versant de la Mignonne (Source : Fédération du Finistère pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique)

4.2. Sites d'étude

La Boissière est une rivière finistérienne située sur le bassin versant de la Mignonne. Située en rive droite, elle est le principal affluent de la Mignonne et s'écoule sur 8 Km. Elle prend sa source à Pen ar Vern sur la commune de Ploudiry. La station a une longueur de 65 m et une largeur moyenne en eau de 1.43 m. Elle contient environ 60% de plat et 40% de courant. Son substrat est composé en moyenne de 30% de dalle et 70% de galet et de gravier. La rivière est assez couverte et possède divers abris comme des embâcles en moyenne quantité et des sous-berges, des abris rocheux et de la végétation aquatique en faible quantité. Lors de l'opération de pêche électrique, la conductivité de l'eau était de $190 \mu\text{S}/\text{cm}^2$ pour une température de 16°C .

Le Kéropartz est un ruisseau situé dans le département du Finistère. C'est aussi un affluent de la Mignonne en rive droite qui s'écoule sur 6 km. Il prend sa source à Leslurun sur la commune du Tréhou. La station a une longueur de 80 m et une largeur moyenne en eau de 2,63 m. Elle contient environ 50% de plat, 30% de courant et 20% de profond. Son substrat est composé en moyenne de 30% de dalle, de 40% de galet et de gravier et de 30% de vase. La rivière est assez couverte, possède divers abris comme des sous-berges, des abris rocheux, de la végétation aquatique, de la végétation de bordure en moyenne quantité et des embâcles en faible quantité. Lors de l'opération de pêche électrique, la conductivité était de $234 \mu\text{S}/\text{cm}^2$ pour une température de 15.2°C .

L'échantillonnage des poissons a été conduit le 30 Juin 2020 par le bureau d'étude Eurofins Hydrobiologie sous la responsabilité de M. SAUVANET.

4.3. Matériels et méthodes

Les cours d'eau sont échantillonnés par quatre opérateurs (un porteur d'anode, deux porteurs d'épuisette et un porteur de sceau) à l'aide d'un groupe électrogène (Réf : EFKO8000) réglé sur une tension de 600V et une intensité de 2A pour la Boissière et de 300V, 2A pour le Kéropartz.

4.3.1. Echantillonnage

Les poissons sont échantillonnés par une pêche électrique complète, à pied avec deux passages de 45 min et de 30 min pour les chacun des deux cours d'eau. Les poissons capturés au moyen d'épuisettes à mailles fines, sont déterminés, triés, mesurés et pesés individuellement pour les espèces de grande taille ou par lots pour les espèces présentes en plus grand nombre.

4.3.2. Biométrie

Le poste de biométrie se compose d'une table, de bacs de tri, de petites épuisettes, d'ichtyomètres, d'une balance de pesage, d'un appareil photo, d'un bac contenant un fond d'eau et de l'extrait de clou de girofle (pour endormir certaines espèces comme les anguilles et les lamproies) et enfin d'un bac de réveil contenant de l'eau pour le réveil de ces mêmes espèces. Le nombre de bacs à mettre en place dépend du nombre d'espèces capturées et du nombre de classes de taille identifiées au sein de chaque

espèce. Les méthodes d'identification et de relevés biométriques permettent de caractériser précisément le peuplement piscicole d'une station de cours d'eau en apportant des données sur l'abondance des poissons, la composition des espèces ainsi que leurs mensurations (masse et taille). Les individus capturés sont triés par espèce puis mesurés individuellement ou par lots en fonction de leur taille et de leur abondance.

4.3.3. Calcul des indices et métriques biologiques

Les effectifs et les biomasses de poissons obtenus par pêche électrique sont rapportés à l'unité de surface (100 m²) de façon à obtenir une unité commune permettant la comparaison.

L'indice Poisson Rivière (IPR) est construit à partir de caractéristiques fonctionnelles et de densité du peuplement. Les métriques utilisées concernent le nombre d'espèces, leur abondance et leurs caractéristiques biologiques en matière de fonctionnement trophique, de modalité de reproduction et d'exigences morphodynamiques. La situation observée est analysée au regard des probabilités théoriques de présence des espèces mais aussi des valeurs théoriques et observées des différentes métriques fonctionnelles et de densité. A chaque déviation de la métrique correspond une note. La note finale, l'IPR, est la somme des notes de chaque métrique (Tableau 1).

Score IPR	Classe	Signification
≤ 7	Excellente	Situation comparable à la meilleure situation attendue. Toutes les espèces typiques du milieu y sont représentées y compris les plus intolérantes. La composition trophique est stable.
] 7-16]	Bonne	La richesse est légèrement inférieure à celle attendue du fait de la disparition des espèces les plus intolérantes. Quelques espèces ont une abondance réduite. La structure trophique montre des signes de déséquilibre.
] 16-25]	Médiocre	Peuplement ayant perdu ses espèces intolérantes et montrant des signes d'instabilité (abondance excessive d'espèces généralistes, structure trophique déséquilibrée).
] 25-36]	Mauvaise	Peuplement dominé par les espèces tolérantes et/ou omnivores. Peu d'espèces piscivores et/ou invertivores. Richesse spécifique faible. Abondance généralement réduite.
> 36	Très Mauvaise	Peu d'espèces présentes, pour la plupart tolérantes. Abondance réduite ou échantillonnage sans capture de poisson. Stade de dégradation ultime

Tableau 1 : Classes et valeur de l'IPR (Boisneau, C. (2010))

Pour la comparaison du peuplement observé au peuplement théorique, ne seront retenues que les espèces dont la probabilité est supérieure à 0.35.

Les variables environnementales nécessaires au calcul de la note IPR (Tableau 2) proviennent de mesures terrains, de mesures cartographiques et des données Météo France.

Cours d'eau	Surface échantillonnée (m ²)	Surface du bassin versant drainé (km ²)	Distance à la source (km)	Largeur moyenne en eau (m)	Pente du cours d'eau (‰)	Profondeur moyenne (m)	Altitude (m)	Température moyenne de juillet (°C)	Température moyenne de janvier (°C)	Unité hydrologique
La Boissière	160	2.89	2,4	1,4	30	0,13	104	16	5	MANCHE
Le Kéropartz	160	6.15	3,9	2,6	50	0,17	63	16	5	MANCHE

Tableau 2 : Variables environnementales des deux stations

L'indice de Shannon permet de mesurer la diversité spécifique et donc de quantifier l'hétérogénéité de la biodiversité d'un milieu d'étude.

$$H' = - \sum (p_i \cdot \log_2 p_i)$$

Où p_i est la proportion d'individus de l'espèce i .

La valeur H' est égale à zéro si l'ensemble contient une seule espèce, et est égale à $\log_2(S)$ si toutes les espèces contiennent le même nombre d'individus.

Où S est le nombre total d'espèces présentes.

L'équitabilité (E) est le rapport de H' sur sa valeur maximale. Elle permet de mesurer l'état d'équilibre de la communauté. E varie donc de 0 à 1 ; une communauté est généralement considérée à l'équilibre quand $E = 0,8$.

$$E = H' / \log_2 S$$

La méthode des captures successives (De Lury) consiste à effectuer deux pêches électriques successives où les poissons capturés lors de la première pêche ne sont pas remis à l'eau. L'effort de pêche doit être constant et les poissons ne doivent pas pouvoir se déplacer en dehors du secteur de capture. Cette méthode permet d'évaluer le peuplement le plus probable.

Pour déterminer le peuplement le plus probable, on joint les points $(0 ; y_1)$ et $(y_1 ; y_2)$ avec y_1 le nombre d'individus capturés lors de la première pêche et y_2 le nombre d'individus capturés lors de la deuxième pêche. La valeur théorique du peuplement le plus probable est donnée par l'abscisse de l'intersection de cette droite et de l'axe des x . (Laurent, M. Lamarque, P., 2016)

4.4 Résultats

4.4.1. La Boissière à la Martyre

La pêche électrique a permis de capturer trois espèces de poissons : la truite fario (TRF), le vairon (VAI) et le gardon (GAR). L'anguille (ANG), le chabot (CHA), et la loche franche (LOF) sont absentes alors que leur probabilité est supérieure à 0.35 pour l'IPR. Le gardon (GAR) et le vairon (VAI) sont présents alors que leur probabilité de présence théorique est inférieure à 0.35 (Tableau 3).

Une absence d'espèces et des discordances dans les présences-absences sont observées et indiquent une perturbation de la station.

ESPECE	probabilité de présence théorique	présence observée
ABL	0,00	0
ANG	0,66	0
BAF	0,00	0
BAM	0,00	0
BLN	0,00	0
BOU	0,00	0
BBB	0,00	0
BRO	0,01	0
CAS	0,03	0
CCO	0,00	0
CHA	0,75	0
CHE	0,00	0
EPI	0,03	0
EPT	0,00	0
GAR	0,02	1
GOU	0,01	0
GRE	0,00	0
HOT	0,00	0
LOF	0,45	0
LOT	0,00	0
LPP	0,32	0
OBR	0,00	0
PCH	0,00	0
PER	0,00	0
PES	0,00	0
ROT	0,00	0
SAN	0,00	0
SAT	0,06	0
SPI	0,00	0
TAN	0,01	0
TOX	0,00	0
TRF	0,98	1
VAI	0,31	1
VAN	0,00	0



Espèce présente dont la probabilité est supérieure à 0,35

Espèce présente dont la probabilité est inférieure à 0,35

Espèce absente dont la probabilité est supérieure à 0,35

Tableau 3 : Présence et probabilité de présence théorique des espèces piscicoles sur la Boissière d'après le référentiel de l'Indice Poisson Rivière

La structure du peuplement observé montre des densités inférieures à celles attendues, avec une valeur de la métrique densité totale d'individus (DTI) plus faible que la valeur théorique (Tableau 5). Les biomasses sont globalement faibles. Avec cette faible quantité d'individus, aucune espèce ne domine réellement. On retrouve dans l'ordre de densité le gardon (50%), le vairon (35%) puis la truite fario (15%) (Figure 9). Cette configuration du peuplement piscicole donne un indice de Shannon H' de 1.4 et une équitabilité E de 0.9 (Tableau 4) qui montrent alors une bonne homogénéité de l'abondance des espèces.

Densité (ind/100m²)	13
Biomasse (g/100m²)	44
S	3
H'	1,4
E	0,9

Tableau 4 : Caractéristiques du peuplement piscicole de la Boissière à la Martyre

Les distributions en densité et en biomasse sont identiques. La structure du peuplement en biomasse (Figure 9) montre la dominance du gardon (63%) puis du vairon (21%) et enfin de la truite fario (16%).

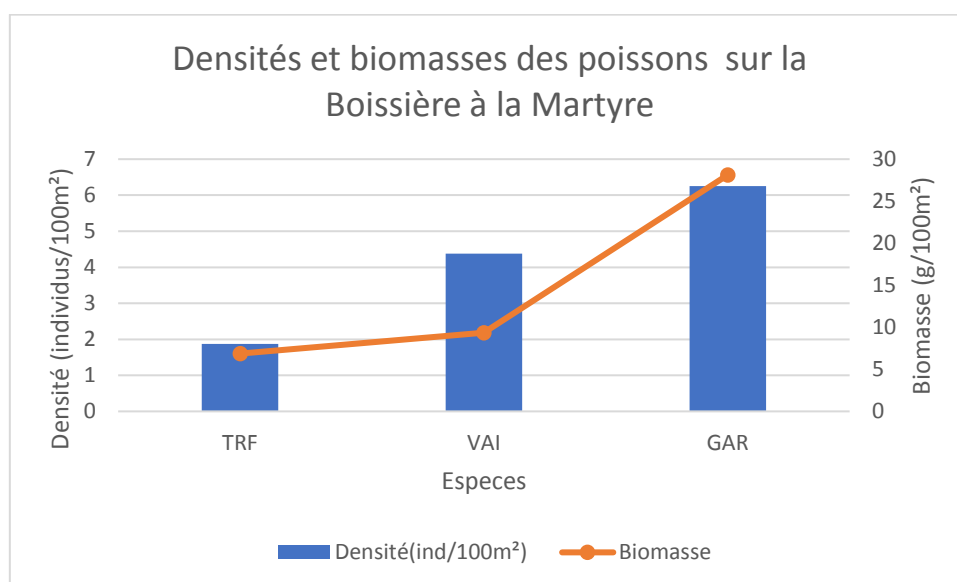


Figure 9 : Densités et biomasse des poissons sur la Boissière à la Martyre

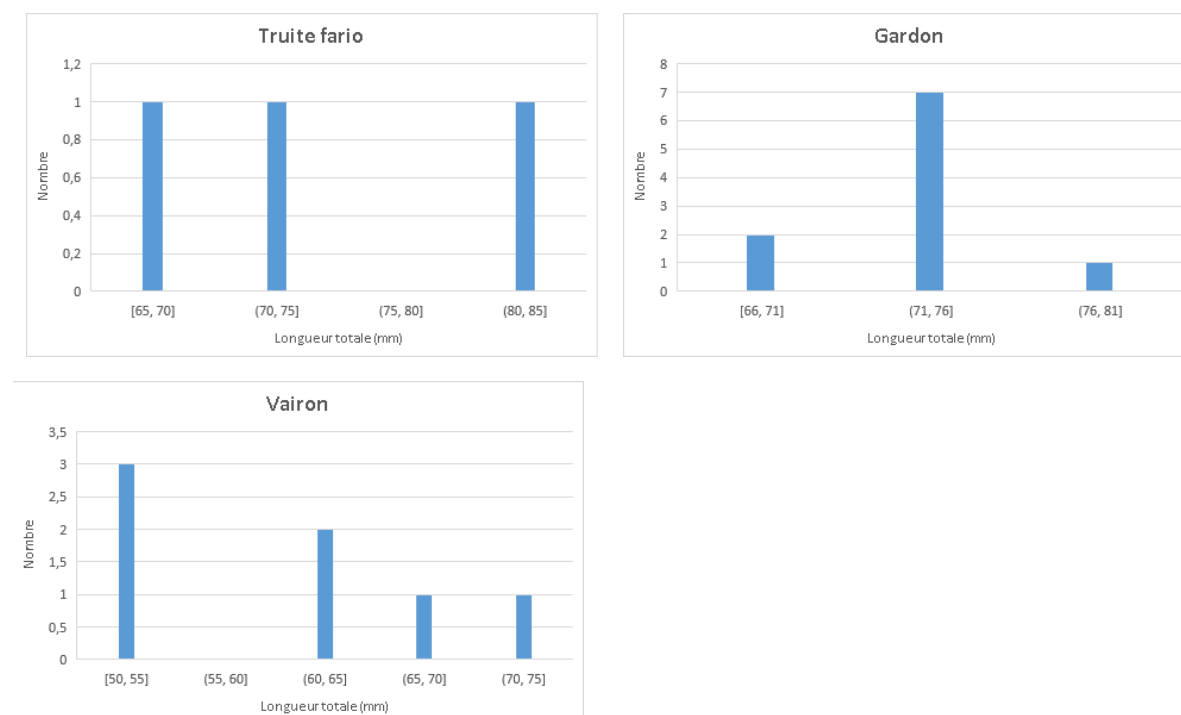


Figure 10 : Structure de taille des espèces capturées sur la Boissière

Les structures de taille des trois espèces présentes sur la station montrent des distributions variées selon les espèces (Figure 10). Chez la truite fario, les individus sont équitablement répartis sur trois classes de taille différentes. On retrouve pour cette même espèce des individus d'une longueur inférieure à 75mm qui indiquent la présence de juvéniles sur la station. Chez le gardon, un mode principal apparaît, les individus d'une longueur comprise entre 71 et 76mm. Pour le vairon, les tailles varient de 50 à 71mm avec une dominance de la classe 50-55mm. Ces larges gammes de taille indiquent la présence d'au moins deux classes d'âge. Les structures présentées témoignent d'une reproduction sur le secteur.

L'indice Poisson Rivière (IPR) donne, pour l'année 2020, une valeur de 33.8. Ceci place la station dans une qualité mauvaise (classe 4). De plus, l'analyse des métriques fonctionnelles de l'IPR indique des déséquilibres (Tableau 5). Les scores les plus importants sont d'une part celui des densités d'individus invertivores (DII) et des nombres d'espèces rhéophiles (NER) qui sont en fort déficit et d'autre part celui des densités d'individus omnivores (DIO) qui sont en excès. Les espèces tolérantes sont également en excès.

	NER	NEL	NTE	DIT	DIO	DII	DTI
Théorique	1,791	2,413	3,647	0,013	0,003	0,373	0,570
Observée	1	2	3	0,063	0,063	0,019	0,125
Score	5,019	2,207	0,751	3.755	7.860	10.257	3.966

Tableau 5 : Valeurs des diverses métriques de l'indice poissons rivière sur la Boissière (en bleu les valeurs en déficit et en orange les valeurs en excès)

Nombre total d'espèces = NTE ; Nombre d'espèces rhéophiles = NER ; Nombre d'espèces lithophiles = NEL ; Densité d'individus tolérants = DIT ; Densité d'individus invertivores = DII ; Densité d'individus omnivores = DIO ; Densité totale d'individus = DTI

La méthode des pêches successives (De Lury) a permis d'estimer le nombre théorique d'individus présents sur la station avec les limites de confiance associées (Tableaux 6 et 7). Pour calculer le peuplement le plus probable, deux conditions doivent être vérifiées :

1) $c_1 > c_2$

2) $c_1^2(c_1 - c_2)^2 > 16$ et $c_2^2(c_1 + c_2) > 16$

Avec c_1 le nombre d'individus capturés au 1^{er} passage et c_2 le nombre d'individus capturés lors du 2^{ème} passage.

Pour la Boissière, seuls le vairon et le nombre total d'individus vérifient ces conditions (Tableau 6).

	c1	c2	Total	$c_1 > c_2$	$c_1^2(c_1 - c_2)^2$	$c_2^2(c_1 + c_2)$
TRF	3	1	4	oui	36	4
GAR	10	0	10	oui	10000	0
VAI	7	4	11	oui	441	176
TOTAL	20	5	25	oui	90000	625

Tableau 6 : Nombre d'individus capturés et conditions requises pour l'estimation du peuplement le plus probable

La truite fario et le gardon ne respectent pas les conditions requises pour le calcul du peuplement le plus probable P et le calcul des limites de confiance. On peut simplement dire que $P > c_1 + c_2$.

Si les conditions sont vérifiées, on a :

- Le peuplement le plus probable $P = \frac{c_1^2}{(c_1 - c_2)}$
- La variance de P $Var(P) = \frac{c_1^2 c_2^2 (c_1 + c_2)}{(c_1 - c_2)^2}$

On tire alors les limites de confiance de P avec 95% de sécurité :

$$P - 2 \sqrt{Var(P)} < P < P + 2 \sqrt{Var(P)}$$

Si $P - 2 \sqrt{Var(P)} < c_1 + c_2$ on prend comme limite inférieure la valeur de $c_1 + c_2$.

	c1	c2	Total	P	Var (P)	2 RAC [Var(p)]	Résultat
TRF	3	1	4	> 4			P > 4
GAR	10	0	10	> 10			P > 10
VAI	7	4	11	16	106,47	21	11 < P < 37
TOTAL	20	5	25	27	4,94	4	25 < P < 31

Tableau 7 : Peuplement le plus probable et limites de confiance

4.4.2 Le ruisseau de Kéropartz au Tréhou

La pêche électrique a permis de capturer quatre espèces de poissons : la truite fario (TRF), le vairon (VAI), la loche franche (LOF), et la lamproie de Planer (LPP). Selon l'IPR, l'anguille (ANG) et le chabot auraient dû être présents sur la station. (Tableau 9).

Une absence d'espèces et des discordances dans les présences-absences sont observées et indiquent une perturbation de la station.

ESPECE	probabilité de présence théorique	présence observée
ABL	0,00	0
ANG	0,84	0
BAF	0,00	0
BAM	0,00	0
BLN	0,00	0
BOU	0,00	0
BBB	0,00	0
BRO	0,02	0
CAS	0,03	0
CCO	0,00	0
CHA	0,80	0
CHE	0,00	0
EPI	0,04	0
EPT	0,01	0
GAR	0,04	0
GOU	0,04	0
GRE	0,00	0
HOT	0,00	0
LOF	0,59	1
LOT	0,00	0
LPP	0,44	1
OBR	0,00	0
PCH	0,00	0
PER	0,00	0
PES	0,00	0
ROT	0,01	0
SAN	0,00	0
SAT	0,12	0
SPI	0,00	0
TAN	0,02	0
TOX	0,00	0
TRF	0,96	1
VAI	0,46	1
VAN	0,00	0

	Espèce présente dont la probabilité est supérieure à 0,35
	Espèce présente dont la probabilité est inférieure à 0,35
	Espèce absente dont la probabilité est supérieure à 0,35

Tableau 9 : Présence et probabilité de présence théorique des espèces piscicoles sur le Kéropartz d'après le référentiel de l'Indice Poisson Rivière

La structure du peuplement montre des densités légèrement inférieures à celles attendues, avec une valeur de la métrique densité totale d'individus (DTI) légèrement plus faible que la valeur théorique (Tableau 9). On retrouve une large dominance de l'espèce truite fario qui représente 90% des espèces présente (en densité). On retrouve ensuite dans l'ordre de densité la loche franche (3%), le vairon (3%) et l'anguille (3%) (Figure 11). Cette configuration du peuplement piscicole donne un indice de Shannon H' de 0.6 et une équitabilité E de 0.3 (Tableau 10) montrant alors que les densités d'espèces sont très mal réparties.

Densité (ind/100m²)	24
Biomasse (g/100m²)	329
S	4
H'	0,6
E	0,3

Tableau 10 : Caractéristiques du peuplement piscicole du Kéropartz au Tréhou

Les distributions en densité et en biomasse sont identiques. Les biomasses sont très faibles pour toutes les espèces sauf pour la truite fario qui domine largement. La structure du peuplement en biomasse (Figure 11) montre la dominance de la truite fario qui représente 97% de la biomasse de la station. Les autres espèces présentes représentent respectivement 1% de la biomasse.

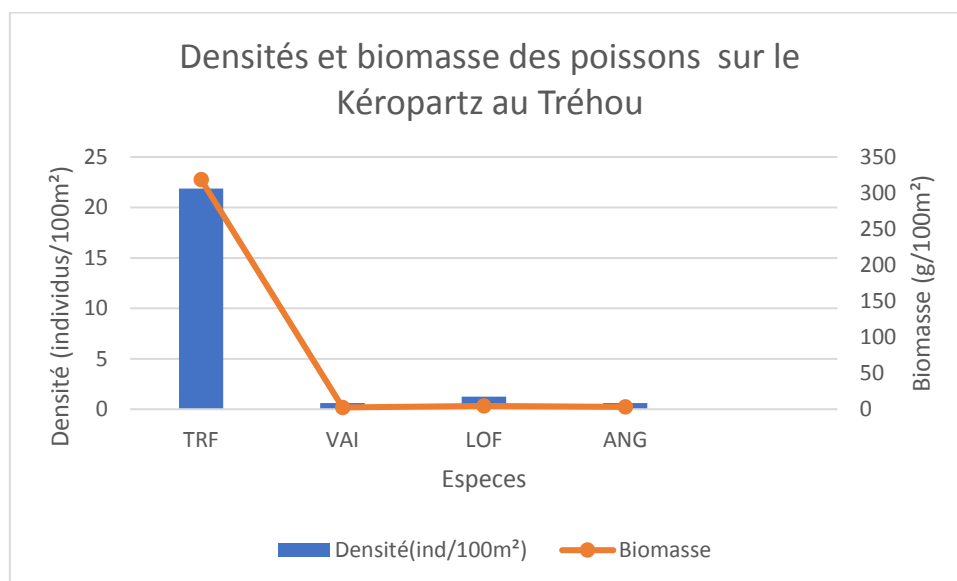


Figure 11 : Densités et biomasse des poissons sur le Kéropartz au Tréhou

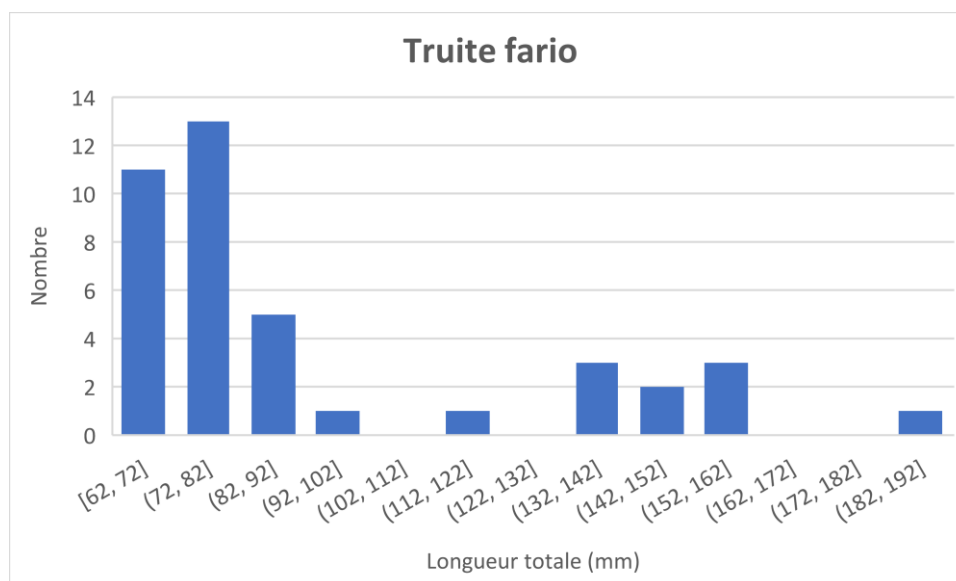


Figure 12 : Structure de taille de la truite fario sur le Kéropartz

Seule la structure de taille de l'espèce truite fario est étudiée ici car les autres espèces présentes ne possèdent pas assez d'individus pour offrir un résultat représentatif.

Les structures de taille de la truite fario montre une distribution à deux modes qui indiquent la présence de deux classes d'âge. Le plus grand mode, situé entre 62 et 92 mm indique une forte présence de juvéniles alors que le deuxième, situé entre 132 et 162mm indique une présence plus faible de truite fario plus âgées. Cette structure témoigne d'une reproduction de truite fario sur le secteur.

L'indice poisson rivière (IPR) donne, pour l'année 2020, une valeur de 13.9. Ceci place la station dans une bonne qualité (classe 2). L'analyse des métriques fonctionnelles de l'IPR indique quelques déséquilibres (Tableau 11). Les valeurs des métriques observées sont presque toutes inférieures aux valeurs théoriques. Les scores les plus important sont ceux du nombre d'espèces rhéophiles (NER) et des densités d'individus omnivores (DIO) qui sont en déficit. Le nombre d'espèces lithophiles est supérieure à la valeur attendue.

	NER	NEL	NTE	DIT	DIO	DII	DTI
Théorique	1,886	2,781	4,43	0,018	0,004	0,358	0,587
Observée	1	3	4	0,013	0	0,25	0,275
Score	5.314	1,071	0,458	1.421	2,101	1,947	1.567

Tableau 11 : Valeurs des diverses métriques de l'indice poissons rivière sur le Kéropartz (en bleu les valeurs en déficit et en orange les valeurs en excès)

Nombre total d'espèces = NTE ; Nombre d'espèces rhéophiles = NER ; Nombre d'espèces lithophiles = NEL ; Densité d'individus tolérants = DIT ; Densité d'individus invertivores = DII ; Densité d'individus omnivores = DIO ; Densité totale d'individus = DTI

La méthode des pêches successives (De Lury) a permis d'estimer le nombre théorique d'individus présents sur la station avec les limites de confiance associées (Tableau 13). Pour calculer le peuplement de le plus probable, deux conditions doivent être vérifiées :

1) $c_1 > c_2$

2) $c1^2(c1-c2)^2 > 16$ et $c2^2(c1+c2) > 16$

Avec $c1$ le nombre d'individus capturés au 1^{er} passage et $c2$ le nombre d'individus capturés au 2^{ème} passage.

Pour le ruisseau du Kéropartz, seules la truite fario et le nombre total d'individus vérifient ces conditions (Tableau 12).

	c1	c2	Total	c1 > c2	$c1^2(c1-c2)^2$	$c2^2(c1+c2)$
TRF	37	19	56	oui	443556	20216
LOF	2	2	4	non	0	16
VAI	1	1	2	non	0	2
LPP	1	0	1	oui	1	0
ANG	0	1	1	non	0	1
TOTAL	41	23	64	oui	544644	33856

Tableau 12 : Nombre d'individus capturés et conditions requises pour l'estimation du peuplement le plus probable

La loche franche, le vairon, la lamproie de Planer et l'anguille ne respectent pas les conditions requises pour le calcul du peuplement le plus probable P et des limites de confiance. On peut simplement dire que $P > c1 + c2$.

Si les conditions sont vérifiées, on a :

- Le peuplement le plus probable $P = \frac{c1^2}{(c1-c2)}$
- La variance de P $Var(P) = \frac{c1^2 c2^2 (c1+c2)}{(c1-c2)^2}$

On tire alors les limites de confiance de P avec 95% de sécurité :

$$P - 2 \sqrt{Var(P)} < P < P + 2 \sqrt{Var(P)}$$

Si $P - 2 \sqrt{Var(P)} < c1 + c2$ on prend comme limite inférieure la valeur de $c1 + c2$.

	c1	c2	Total	P	Var (P)	2 RAC [Var(p)]	Résultat
TRF	37	19	56	76	263,64	32	56 < P < 108
LOF	2	2	4	> 4			P > 4
VAI	1	1	2	> 2			P > 2
LPP	1	0	1	> 1			P > 1
ANG	0	1	1	> 1			P > 1
TOTAL	41	23	64	93	542,14	47	64 < P < 140

Tableau 13 : Peuplement le plus probable et limites de confiance

4.5. Conclusion et interprétation

Les notes IPR ont classé le Kéropartz dans une bonne qualité biologique et la Boissière dans une mauvaise. Les discordances dans les présences et absences d'espèces observées, comparées aux valeurs théoriques indiquent une perturbation des deux stations. L'analyse du peuplement indique des déficits fonctionnels et taxonomiques. En revanche, l'analyse des différentes classes de taille indique la présence de juvéniles sur les deux sites pollués et montre que les stations sont en train d'être recolonisées par les espèces initialement présentes.

Les deux stations abritent la truite fario, une espèce intolérante qui possède une grande sensibilité à la dégradation des milieux. Ceci montre que ces deux stations impactées par une pollution au lisier possèdent les habitats et une qualité de l'eau conformes aux exigences biologiques de cette espèce repère. En revanche, les espèces accompagnatrices de la truite fario (vairon, chabot et loche franche) ne sont pas toutes présentes alors qu'elles devraient initialement l'être. Cette absence n'est pas forcément due à la pollution au lisier survenue en Septembre 2019. Elle peut provenir du fait que les cours d'eau aient été dégradés au cours du temps, avant la pollution, et qu'ils ne fournissent pas les habitats et la qualité d'eau permettant l'accueil de ces espèces. La présence du gardon sur la Boissière décline la station puisque l'espèce ne devrait théoriquement pas être présente mais cette présence anormale du gardon peut être due à la présence d'étangs en amont de la station qui peuvent induire un échappement de l'espèce vers l'aval.

Le peuplement piscicole des deux stations est donc un peuplement de bonne à mauvaise qualité puisque qu'il est perturbé d'après la note IPR. Les principales perturbations proviennent d'une intrusion d'espèces issues d'étangs, d'une qualité de l'eau et de l'habitat médiocres avec notamment une forte présence de dalles ne permettant pas la reproduction ou le développement de certaines espèces attendues.

On peut donc conclure que la pollution au lisier datant de Septembre 2019 a faiblement impacté la qualité biologique des deux stations. En effet, même si l'IPR décline les stations, il faut prendre avec précaution la valeur de cette note puisque qu'elle n'intègre ni l'état de référence de la station ni la saisonnalité. Pour pouvoir appréhender de manière précise l'impact de cette pollution ponctuelle, il aurait fallu réaliser une analyse du peuplement piscicole avant la pollution ou un échantillonnage en amont et en aval de la pollution pour permettre la comparaison. Pour réellement connaître l'impact de cette pollution il faudrait alors réaliser un suivi annuel du peuplement piscicole pour permettre de suivre l'évolution de la qualité biologique des deux cours d'eau.

CONCLUSION

Ce stage a permis d'appréhender différents volets du métier d'ingénieur hydrobiologiste en mettant en œuvre diverses compétences complémentaires.

Premièrement, le travail de gestion de projet m'a permis d'acquérir une autonomie sur l'organisation et la conduite globale d'un projet tel que l'intégration de la méthode IPR dans la démarche qualité du laboratoire. J'ai ensuite pu découvrir le fonctionnement d'un laboratoire d'analyse, de le comprendre et d'améliorer son système qualité à l'aide de compétences rédactionnelles et de synthèse. En effet, la rédaction des documents qualité liés aux pêches électriques, m'a d'une part, permis d'approfondir mes connaissances dans ce domaine en étudiant les différentes normes relatives aux pêches électriques et d'autre part de développer cette prestation qui permettra ainsi au laboratoire de s'affirmer sur le marché concurrentiel des bureaux d'études d'hydrobiologie par un gain en qualité.

Ensuite, mon soutien opérationnel sur les opérations de pêche électrique m'a permis de consolider mes connaissances acquises lors de la phase de rédaction des documents qualité et de les mettre en œuvre sur l'aspect technique. Cette phase a su confirmer mon appétence pour le travail en équipe et m'a permis de renforcer mes connaissances en écologie aquatique et en taxonomie grâce à l'aide de spécialistes ichtyologues. Ma participation à la gestion logistique du matériel de pêche électrique ainsi qu'à la gestion administrative des opérations, toutes deux indispensables au bon fonctionnement des opérations de pêches électriques m'a également apportée de nouvelles compétences dans ce domaine.

Enfin, après avoir retravaillé et affiné le contenu des documents qualité suite au soutien opérationnel, j'ai finalement pu mettre en application mon travail sur une étude d'impact. J'ai ainsi pu apporter mes connaissances en écologie aquatique afin d'étudier l'impact d'une pollution sur deux stations de cours d'eau. Cette étude m'a permis de traiter les données obtenues lors de la pêche électrique, de caractériser le peuplement piscicole présent sur les stations, de mettre en œuvre l'Indice Poisson Rivière et d'en interpréter les résultats.

Ce stage m'a permis de découvrir le domaine de l'hydrobiologie sur divers aspects, à travers la mise en œuvre d'un projet dans sa globalité. J'ai su mettre en avant les compétences que j'ai acquises durant mes trois années d'école d'ingénieur et ainsi pu permettre au laboratoire Eurofins Hydrobiologie de gagner en qualité. Cette expérience très enrichissante, m'a ouvert les yeux sur le métier d'ingénieur hydrobiologiste et a ainsi pu confirmer mon appétence pour le travail en bureau d'étude. Je souhaiterais donc par la suite, travailler dans ce domaine passionnant et utile puisqu'il traite de la qualité de l'eau, une ressource vitale aujourd'hui menacée, qui mérite une gestion attentionnée, indispensable au bon fonctionnement des sociétés d'aujourd'hui et de demain.

BIBLIOGRAPHIE

AFNOR. (2003). Qualité de l'eau - Échantillonnage des poissons à l'électricité. NF EN 14011 (2003-07).

AFNOR. (2006). Qualité de l'eau - Guide sur le domaine d'application et la sélection des méthodes d'échantillonnage de poissons. NF EN 14962 (2006-09).

AFNOR. (2008). Qualité de l'eau - Échantillonnage des poissons à l'électricité dans le cadre des réseaux de suivi des peuplements de poissons en lien avec la qualité des cours d'eau. XP T90- 383 (2008-05).

AFNOR. (2011) Qualité de l'eau - Détermination de l'indice poissons rivière (IPR). NF T90-344 (2011-07)

Boisneau, C. (2010) IMA TD IPR ESVES.

COFRAC. (2018). Guide Technique d'Accréditation - Analyses biologiques des milieux aquatiques. LAB GTA 41.

Laurent, M. Lamarque, P. (1975). Utilisation de la méthode des captures successives (De Lury) pour l'évaluation des peuplements piscicoles. Bulletin français de Pisciculture (259), 66-77.

OFB. (2006). L'indice poissons rivière (IPR).

OFB. (2012). Le guide pratique de mise en œuvre des opérations de pêche à l'électricité.