

COLLEGE SCIENCES & TECHNOLOGIES POUR L'ENERGIE ET L'ENVIRONNEMENT DE
LA COTE BASQUE Université de Pau et des Pays de l'Adour
Licence Professionnelle Métiers de la Protection et de la gestion de l'Environnement Option
Biologie Appliquée aux Ecosystèmes Exploités

Impact de la restauration de la continuité piscicole dans le bassin versant de la Bave

Fédération du Lot pour la pêche et la protection du milieu aquatique
133 Quais Albert Cappus, 46000 Cahors

Rédaction : ALLANCHE Vincent

Stage effectué du 13/05/2019 au 30/08/2019

Direction scientifique : Monsieur FRIDRICK Laurent

Enseignant référent : Monsieur TENTELIER Cédric



Aménagement sur le seuil de la Ségarie
sur la Bave © Personnel



Truite fario du bassin de la Bave © Personnel

Partenaires financiers



Partenaires techniques



*Le présent rapport constitue un exercice pédagogique qui ne peut en aucun cas engager la
responsabilité de l'Entreprise ou du Laboratoire d'accueil*

Remerciements

Je tiens à remercier M RUFFIE, président de la fédération du Lot pour la pêche et la protection du milieu aquatique, pour avoir validé ma candidature pour ce stage. M JAUBERT directeur de la fédération du Lot pour la pêche et la protection du milieu aquatique, pour m'avoir accueilli durant les seize semaines de stage.

Mes remerciements vont aussi à M FRIDRICK, chargé d'étude à la fédération de pêche du Lot, pour m'avoir encadré, conseillé et soutenu tout au long du stage.

Merci à M PROUILLAC, chargé de développement et de communication à la fédération de pêche du Lot, M DALOS et M LAVERGNE, pisciculteurs de la fédération de pêche, Mme GIUSTRANTI, secrétaire comptable à la fédération de pêche du Lot, pour m'avoir intégré au sein de leur équipe.

Merci aux membres des AAPPMA pour leur accueil et leur aide précieuse lors de la réalisation des suivis piscicoles.

Enfin, la réalisation de cette étude n'aurait été possible sans les précieuses aides et formations prodiguées par les enseignants de la Licence Professionnelle Biologie Appliquée aux Ecosystèmes Exploités de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour.

Avant propos

La fédération du Lot pour la pêche et la protection du milieu aquatique fait partie des 94 fédérations départementales de pêche elles mêmes représentées par la Fédération Nationale de la Pêche en France (FNPF).

Composée de 6 salariés et d'un président élu, la fédération du Lot pour la pêche et la protection du milieu aquatique est une association de loi 1901 d'intérêt public regroupant 29 Associations Agréées pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique sur l'ensemble du département du Lot.

Les missions de cette association sont réparties en trois axes :

- le développement et la promotion du loisir pêche
- la gestion et la protection du milieu aquatique
- la surveillance du milieu aquatique (police de la pêche)

Les travaux mentionnés dans ce rapport s'inscrivent dans le volet « gestion et protection du milieu aquatique » et participent à l'amélioration des connaissances sur les populations piscicoles.

Dans le but de rendre compte des missions confiées lors de ce stage, un planning des tâches a été réalisé et est présenté en annexe 8.

Table des matières

Introduction	1
1. Contexte	2
1.1. Contexte général	2
1.2. Le bassin versant de la Bave	3
1.3. Les cours d'eau étudiées	4
1.4. Travaux de restauration	5
1.5. Le suivi piscicole.....	6
2. Matériel et méthode.....	6
2.1. Récolte des données.....	6
2.1.1. La pêche électrique	6
2.1.2. La biométrie.....	8
2.1.3. Paramètres abiotiques relevés	9
2.2. Le traitement des données	9
2.2.1. Présentation des variables.....	10
2.2.2. Ajout de nouvelles variables	11
2.2.3. Le nettoyage des fichiers	12
2.2.4. Récapitulatif des variables prises en compte.	13
3. Résultats et analyse.....	13
3.1. Tendance générale.....	14
3.2. Résultats sur la Bave	17
3.2.1. Résultats des pêches électriques complètes	17
3.2.2. Résultats des pêches par points (EPA)	19
3.3. Résultats sur le Mamoul	21
3.4. Synthèse des résultats Bave - Mamoul	23
4. Conclusion - discussion	24
Bibliographie.....	25

Introduction

L'érosion de la biodiversité représente l'un des grands enjeux contemporain. Ce phénomène favorisé par la fragmentation des habitats, touche la globalité des milieux, y compris les milieux aquatiques. Le déclin des populations de grands migrateurs amphihalins, comme le Saumon Atlantique (*Salmo salar*) ou l'anguille d'Europe (*Anguilla anguilla*) tous deux emblématiques de nos cours d'eau, est représentatif de cette perte de biodiversité. Se reproduisant en tête de bassin, la remontée des saumons vers leurs sites de fraie se voit stoppée par la présence de barrages ou de seuils infranchissables. En tant qu'espèce holobiotique, la truite fario (*Salmo trutta*) est elle aussi concernée par cette problématique.

Malgré la mise en place du plan Saumon en 1975 et l'aménagement de grands barrages comme celui de Bergerac, la Dordogne, rivière connue pour être la dernière à abriter l'ensemble des espèces migratrices (source MIGADO), n'échappe pas à ce problème. La totalité de son bassin versant est donc impacté par cette diminution alarmante.

L'étude porte sur le bassin versant de la Bave, affluent de la Dordogne. En dépit de son classement depuis de nombreuses années aux articles L432-6 et L214-17 du code de l'environnement, de très nombreux seuils sont restés infranchissables pour la faune piscicole. Dans le but d'entrer en conformité avec les articles cités précédemment et de restaurer la continuité piscicole, des travaux d'aménagement sur quinze ouvrages ont été réalisés de 2013 à 2017 pour un coût total de près d'un million d'euros.

La problématique est donc la suivante : **Les travaux de restauration de la continuité piscicole ont-ils un effet bénéfique sur les populations de poissons migrateurs du bassin versant de la Bave ?**

Pour répondre à cela, après avoir mentionné le contexte, ce rapport traitera de la méthodologie et des résultats obtenus. Ces derniers seront discutés dans une dernière partie.

1. Contexte

1.1. Contexte général

Le bassin versant de la Bave se situe dans le Nord Est du département du Lot en région Occitanie (cf Figure 1)

Ce département agricole possède une densité de population relativement faible (33 hab/km² en 2015) (source INSEE). Celui-ci est traversé, au sud, par le Lot et au Nord par la Dordogne (cf Figure 2) et comporte trois grandes entités paysagères :

- au sud, le Quercy Blanc, secteur agricole dominé par la culture du blé, maïs et tournesol.

- au centre s'étend le causse calcaire (une partie compose le PNR des Causses du Quercy). Celui-ci offre des paysages karstiques caractéristiques. Région à dominance agricole avec, entre autre, de l'élevage ovin.

- au nord est, la région du Ségala, massif granitique,

contrefort du Massif Central. Le paysage est encaissé et boisé. La pluviométrie y est plus importante que dans le reste du département (entre 1 100mm et 1 500mm /an pour le Ségala alors que le reste du département reçoit en moyenne entre 800mm et 1000mm / an ; source : météofrance.gouv moyenne de référence 1981-2010 données du 22/05/2012). Le socle granitique favorisant les écoulements de surface (contrairement aux causses), le chevelu de rivière y est assez important. Etant vifs, oxygénés et frais, les cours d'eau de ce secteur représentent un milieu de vie propice pour les salmonidés comme la truite fario (*Salmo trutta*).

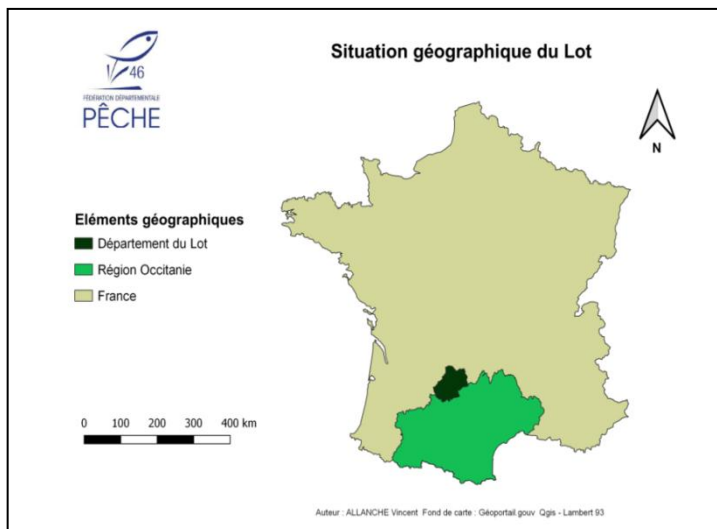


Figure 1 : Localisation du département du Lot (SOURCE : Personnelle)

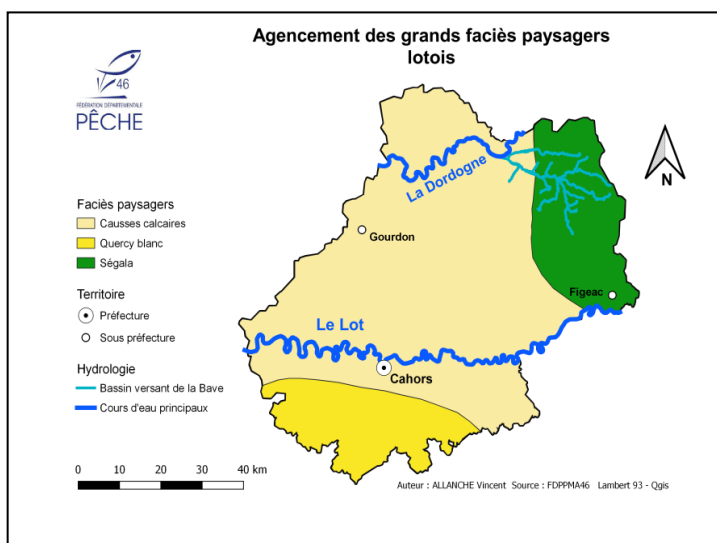


Figure 2 : Présentation du territoire lotois (SOURCE : FDPPMA 46)

1.2. Le bassin versant de la Bave

La Bave, ainsi que ses cours d'eau associés, font parti du bassin versant de la Dordogne (cf Annexe 1 et Figure 3). Ce grand cours d'eau à la particularité d'être **la seule rivière de France à accueillir l'ensemble des espèces migratrices amphihalines** (source : MIGADO). De ce fait, la totalité du bassin versant de la Bave est susceptible d'héberger ces dits migrants comme le saumon Atlantique (*Salmo salar*), ou bien l'anguille d'Europe (*Anguilla anguilla*). Toutes deux sont dites menacées, au statut vulnérable (VU) pour le saumon Atlantique (Europe et France) et en danger critique (CR) pour l'anguille (Europe et France) (Source : INPN, UICN).

Le bassin versant s'étend sur 360km² et comptabilise 230km de linéaire de cours d'eau (SOURCE : FDPPMA 46). Tous sont

classés en 1^{ère} catégorie piscicole (salmonidé dominant). Une étude de la morphologie et de la génétique des truites fario menée sur le bassin versant de la Bave, a révélé qu'une grande majorité des truites fario capturées sont de souche sauvage (FRIDRICK L et JAUBERT P., 2010, 2011 et 2012). **La politique d'alevinage pratiquée antérieurement étant inefficace, une gestion dite patrimoniale (aucun déversement ni alevinage) et actuellement pratiquée sur ces cours d'eau et ce depuis près de 10 ans.**

Contrairement à certains cours d'eau du bassin versant de la Dordogne comme la Cère, la Bave et ses affluents ne sont pas soumis à de fortes éclusées dues, entre autre, à la production d'hydroélectricité. Malgré son classement aux articles L432-6 et L214-17 du code de l'environnement (source : FDPPM46), 16 seuils ou barrages entravent la continuité piscicole.

La franchissabilité des obstacles est évaluée selon le protocole ICE de l'ONEMA.

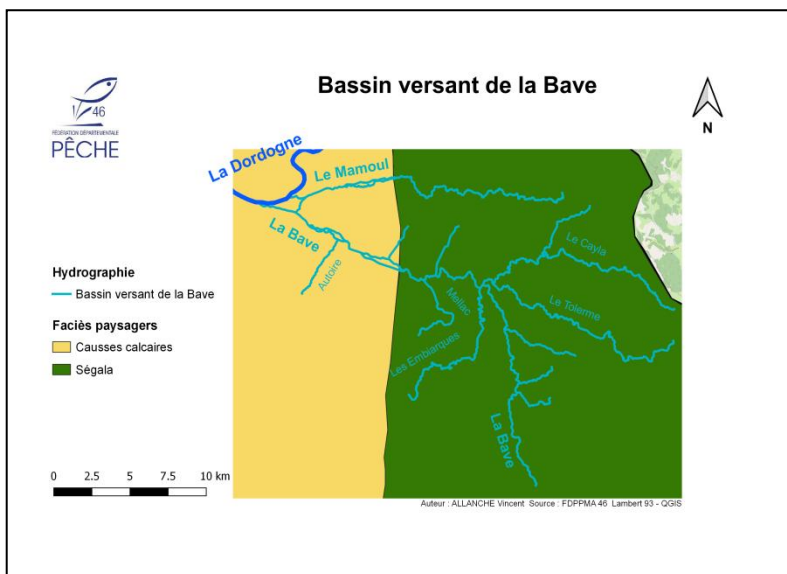


Figure 3 : Bassin versant de la Bave (SOURCE : FDPPMA 46)

1.3. Les cours d'eau étudiés

- La Bave

La Bave est un cours d'eau long de 36km prenant sa source à 560m d'altitude (source : FDPPMA 46) dans le massif du Ségala. Le substrat étant de nature granitique, le chevelu de rivières est assez dense en tête de bassin versant. Cependant, en aval, le réseau hydrographique l'est moins. Pour cause, le sol est de plus en plus calcaire (cf Figure 3). L'eau emprunte donc un réseau souterrain et s'écoule moins bien en surface.

Ce cours d'eau connaît une période d'étiage de Juillet à Octobre et une période de hautes eaux de Décembre à Mai. Les crues printanières peuvent être ponctuelles et très importantes avec un pic de crue 7 fois supérieur au débit moyen de Février (pic de $50m^3/s$ atteint en février 2018).

La thermie annuelle de la Bave (cf Figure 4) se trouve aux alentours de $15^{\circ}C$ avec une période froide en hiver ($T < 10^{\circ}C$) et des pics de température en période estivale (pic atteint à $22^{\circ}C$ en Bave aval sur une journée) (FRIDRICK et al. 2013). Cela entraîne un stress pour les grosses truites et une dégradation de l'habitat pour les jeunes de l'année avec une possible hausse du taux de mortalité (ELIOTT et al 1997). La différence de température peut être conséquente (quasiment $5^{\circ}C$ de différence en période estivale) entre l'aval et l'amont de la rivière (cf Figure 5). La zone amont, plus fraîche, est donc susceptible d'offrir un habitat plus favorable à la truite en période estivale.

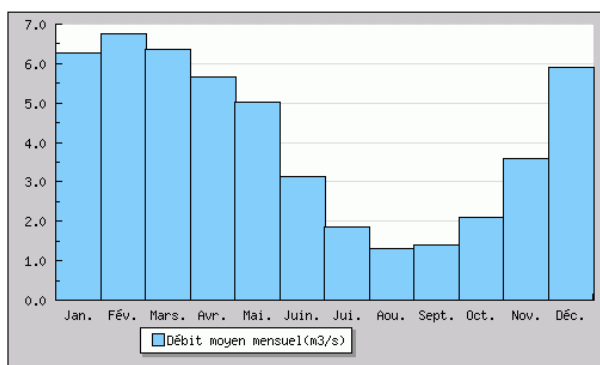


Figure 4 : Débits moyens mensuels de la Bave au Martinet SOURCE : Banque Hydro France

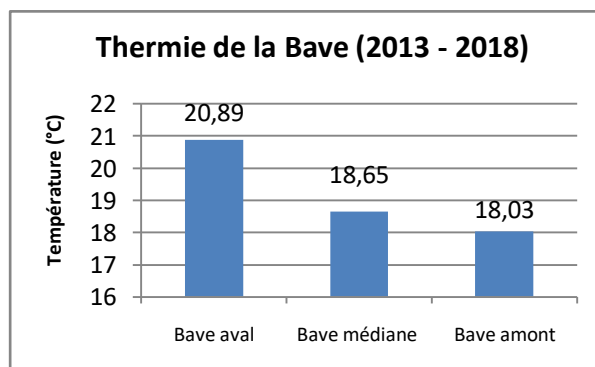


Figure 5 : Thermie moyenne sur les 30 jours les plus chauds de 2013 à 2018 SOURCE : FDPPMA 46

- **Le Mamoul**

Le Mamoul est le principal affluent de la Bave en rive droite (cf Figure 3). Long de 30km, celui-ci prend source à 570m d'altitude. Tout comme la Bave, la partie amont du Mamoul coule sur un socle de nature granitique. La partie aval évolue sur un socle calcaire (cf Figure 3) avec, en été, un assèchement régulier d'un bras d'environ 3,5 km de long dû aux infiltrations d'eau au sein de cette roche.

Sa thermie, moins contrastée que celle de la Bave (température plus homogènes de l'aval à l'amont), ne dépasse que très rarement la températures de 20°C (température moyenne sur les 30 jours les plus chauds 2013 - 2018) (Source : FDPPMA 46). Le contexte de gorge de la vallée (jusqu'au niveau médian du cours d'eau) limite le réchauffement de l'eau. Le Mamoul possède une pente plus importante que la Bave (cf Figure 6). Cela a pour conséquence une accélération du courant, une oxygénation importante et une limitation du réchauffement de l'eau.

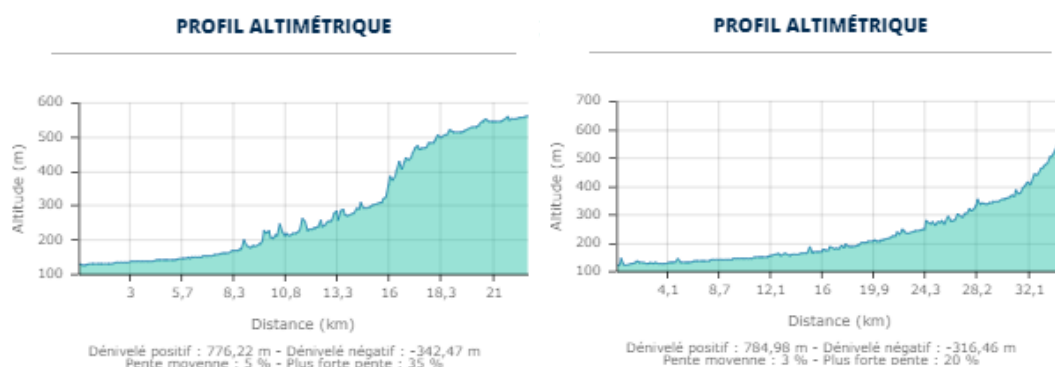


Figure 6 : Profil altimétrique du Mamoul (gauche) et de la Bave (droite) SOURCE : Géoportail.gouv

L'hydrologie est, quant à elle, semblable à celle de la Bave avec des périodes d'étiage en été et des eaux hautes en hiver. Les crues peuvent donc avoir les mêmes conséquences que celles citées précédemment.

Enfin, cette rivière reste inaccessible en partie amont par les migrateurs du fait de la présence des chutes de Manaval, obstacle naturel infranchissable (Source : FDPPMA 46).

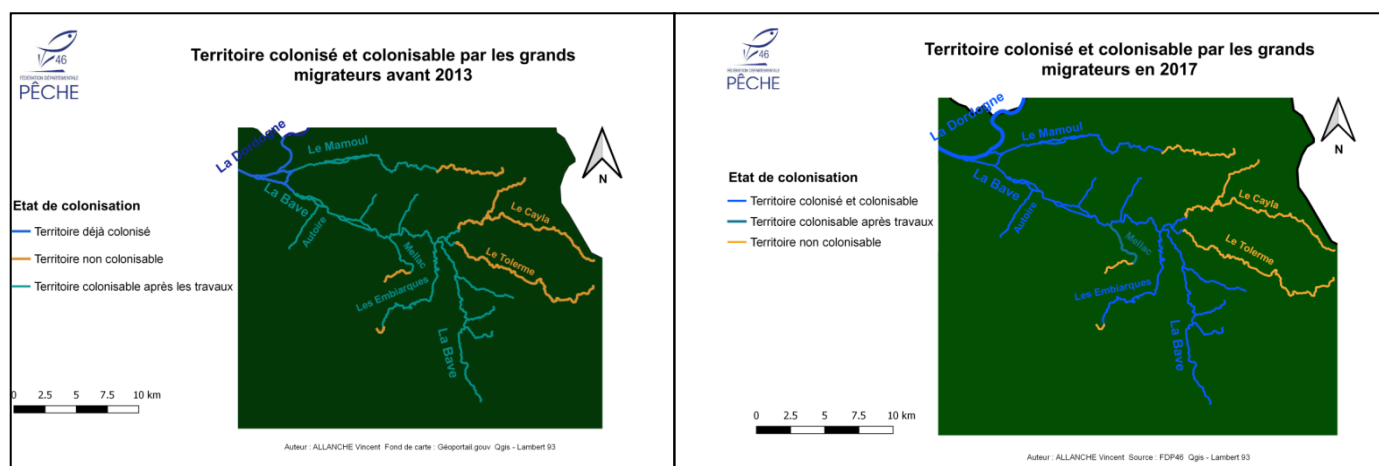
1.4. Travaux de restauration

En vertu des articles du code de l'environnement précédemment cités, des travaux de restauration de la continuité piscicole, financés par la région Occitanie, l'Agence de l'eau Adour Garonne, EDF et la FDPPMA 46 sont entrepris pour un coût total d'1 million d'euro.

Commencés en 2013 et achevés en 2017, les travaux de mise en conformité concernent 15 seuils (cf Annexe 2) situés sur la Bave et le Mamoul. Sont réalisés des effacements de seuils ou des constructions de passes de deux types :

- des passes dites « rustiques »
- des passes à bassins.

Ces aménagements ont pour but d'agrandir l'aire de colonisation des poissons migrateurs (en passant d'un état initial en 2013 à un état final en 2017) (cf Figure 7)



1.5. Le suivi piscicole

Depuis 2013, la fédération de pêche du Lot mène un suivi des populations piscicoles avec comme espèce cible le saumon Atlantique, l'anguille d'Europe, la truite fario et nouvellement l'ombre commun. Ce dernier est un bon indicateur de la colonisation de l'axe.

Ces espèces sont suivies grâce à la réalisation de pêches électriques réparties sur la Bave (secteurs aval, médian et amont) et sur le Mamoul (secteur aval et médian) comptabilisant au total 17 stations de pêche.

2. Matériel et méthode

2.1. Récolte des données

2.1.1. La pêche électrique

Les données piscicoles sont récoltées via la réalisation du suivi par pêche électrique sur la Bave et le Mamoul. Comptabilisant au total 17 stations de pêche, ces dernières se basent sur le protocole de l'ONEMA « Guide pratique de mise en œuvre des

opérations de pêche à l'électricité » dans le cadre des réseaux de suivi des peuplements de poissons édité en Mai 2008.

Les pêches effectuées sur le bassin versant de la Bave se basent sur deux techniques :

- **la technique dite « par épuisement » ou pêche complète (10 stations).** Cela correspond à la réalisation d'au moins deux passages successifs avec le même effort de pêche (CARL et STRUB. 1978). La longueur de la station de pêche est définie par la largeur du cours d'eau pêché. Pour la Bave et le Mamoul, ceux-ci sont compris entre 3 et 9m (FRIDRICK et al. 2013). Le secteur pêché correspond à 15 à 20 fois la largeur du lit mouillé. Avec une telle distance, les principaux faciès d'écoulement (radier-mouille-plat) peuvent être couverts (SOURCE : BELLARD et al. 2008). Toutes les espèces piscicoles sont prélevées. Dans le cas présent, ce protocole est employé sur des secteurs quasi-exclusivement composés de peuplements salmonicoles (truite fario, saumon atlantique, ombre commun), d'anguilles et d'espèces d'accompagnements (chabot, vairon, loche franche) (FRIDRICK et al. 2013).

- **la technique dite « par point » inspiré par la méthode Echantillonnage Ponctuel d'Abondance (EPA)** (Nelva et al. 1979 ; Persat et Copp, 1990) Réalisée sur 7 stations, celle-ci correspond à une pêche partielle (par point) sur les parties des cours d'eau étudiés possédant une largeur supérieur à 9m. Seuls les radiers sont prospectés à l'aide de cette méthode. Ces derniers représentent des habitats propices aux salmonidés et particulièrement aux recrues de l'année (tacons et truitelles). Du fait de la richesse d'espèces présentes (goujon, vairon entre autres) sur les zones échantillonnées (Bave aval et médium) (FRIDRICK et al. 2013), seules les espèces cibles sont récupérées. Une distance minimale de 4m entre chaque point doit être respectée (SOURCE : BELLARD et al. 2008).

De 2013 à 2016, les pêches d'inventaires suivent le protocole de pêche complète. 17 stations sont réparties sur l'ensemble des cours d'eau Bave et Mamoul. En 2017, sur les secteurs les plus larges et les plus riches en taxa (secteurs Bave aval et médiane), des pêches de type EPA sont effectuées. Seules les espèces cibles sont récupérées. L'effort de pêche a été recentré de l'amont jusqu'à la confluence avec la Dordogne. Cette décision émane du comité technique (EPIDOR, AFB, MIGADO, FDPPMA 46).

Ce type d'inventaire est réalisé grâce à *«groupe électrogène couplé à un dispositif de modification et de réglage du signal électrique. Les caractéristiques techniques de ce type de matériel découlent de l'arrêté ministériel du 2 février 1989 pour l'utilisation des installations de pêche à l'électricité et doivent être conforme à la norme CEI 60335-2-86.»* (Guide pratique de mise en œuvre des opérations de pêche à l'électricité, ONEMA, page 4). La FDPPMA 46 utilise un appareil de type « Héron » (DREAM ELECTRONIQUE ®) et un « IG 600 » (HANS GRASSL ®) en fonction des caractéristiques de la station (le Héron sera utilisé pour une station large alors que l'IG 600 est employé pour des stations étroites inférieures à 2-3m de large) (SOURCE : FDPPMA 46).

Dans les 2 cas, 1 à 2 épuisettes par anodes sont nécessaires.

Pour une meilleure efficacité, les pêches se réalisent en période d'étiage permettant l'accès total de la station. Une équipe d'au moins 6 personnes est nécessaire au bon déroulé des opérations :

- 1 à 2 opérateurs aux anodes (ayant reçu la formation pour ce type d'intervention)
- 1 à 2 opérateurs aux épuisettes (une derrière chaque anode) pour récupérer les poissons
- 1 à 2 opérateurs aux bacs recevant les poissons capturés par les épuisettes
- 1 opérateur au groupe électrogène pour un arrêt d'urgence

2.1.2. La biométrie

A l'issue de chaque inventaire piscicole, les opérateurs mesurent différentes caractéristiques physiques des individus récoltés (poids, taille). Un suivi est aussi effectué à l'échelle individuelle avec le marquage de certains poissons (truite fario, anguille d'Europe).

Les poissons récoltés sont stockés dans des viviers préalablement posés en dehors de la station de pêche (de préférence en amont) dans un endroit frais et oxygéné. Une fois les différents passages finis, les individus recueillis sont amenés à la biométrie.

Afin de ne pas occasionner un trop grand stress ni des blessures, les poissons sont « endormis » dans un bac contenant une solution anesthésiant (SOURCE : BELLARD et al. 2013).

Les individus sont mesurés à l'aide de règles graduées (précision 1mm) et pesés à l'aide de balance (précision 1g). Des écailles peuvent être prélevées à l'arrière de la nageoire dorsale pour d'autres études (scalimétrie). Les TRF de plus de 150mm sont marquées à l'aide d'un injecteur à PIT-Tag (cf Figure 8). Cela permet de suivre les mouvements migratoires, la croissance, et le taux de recapture des poissons marqués. Les spécimens déjà tagués sont identifiés à l'aide d'un lecteur.

Les poissons sont ensuite mis dans un bac de réveil avant d'être relâchés dans leur milieu naturel.



Figure 8 : Marquage d'une truite fario à l'aide d'un PIT Tag SOURCE : Personnelle

2.1.3. Paramètres abiotiques relevés

Trois paramètres pouvant influencer sur l'abondance ou la mortalité des espèces cibles (notamment la truite fario) sont mesurés sur la Bave et le Mamoul.

L'hydro-morphologie : Après avoir réalisé la pêche et la biométrie, la longueur, la largeur et la granulométrie de chaque faciès composant la station sont répertoriés. Les profondeurs sont aussi relevées (de 3 à 5 points selon la largeur de la station). Ces paramètres peuvent par exemple expliquer en partie une densité faible de truites fario due à une diversité d'habitat insuffisante.

L'hydrologie : celle-ci correspond au débit (en m^3/s). Ce paramètre n'est relevé qu'au niveau d'une station de pêche (au niveau du Martinet en Bave médiane) à partir de la station de relevés hydrologiques du Martinet (les valeurs sont disponibles sur Banque Hydro France). **Les crues printanières peuvent avoir un effet dévastateur sur les populations de truites du fait du lessivage des œufs ou des alevins.** Au contraire, un débit soutenu en automne peut favoriser la montaison des géniteurs.

La thermie : cet indice correspond à la température de l'eau (en °C). Ce paramètre est relevé en trois points sur la Bave grâce à la disposition de sondes thermiques par la FDPPMA 46 : à l'aval, médian et amont. Pour le Mamoul, une station de relevé est présente sur la partie médiane. La température de l'eau est importante pour la survie de la truite fario. A partir de 19°C la truite entre en stress et cesse de s'alimenter (ELIOTT et al. 1997). D'après le même auteur, les truitelles de l'année (0+) sont plus sensibles et une mortalité supérieure à la moyenne peut être observée à partir d'une moyenne sur 30J consécutifs à 17,5-18°C.

2.2. Le traitement des données

L'étude présentée ne prendra en compte que les données relatives à la truite fario (*Salmo trutta*). Les individus des autres espèces étant trop peu capturés, ceux-ci ne peuvent faire l'objet d'une analyse statistique.

Les cours d'eau Bave - Mamoul seront tout d'abord traités de manière groupée pour mettre en évidence des tendances générales.

Les données seront ensuite traitées séparément (Bave puis Mamoul) afin de prendre en compte les incidences des éléments abiotiques propres à ces deux rivières.

L'impact de la restauration de la continuité piscicole sera mesurée tant au niveau global (bassin versant) qu'au niveau local (Bave et Mamoul).

2.2.1. Présentation des variables

Les données brutes sont organisées dans un fichier excel comme présenté ci-dessous (cf Tableau 1) :

		Densité TRF	Densité TRF 0+	Hydrologie	Thermie
Cours d'eau	Stations de pêche	Date	Date	Date	Date
Mamoul	Stations (6)				
Bave	Stations (10)				

Tableau 1 : Structure du fichier de travail pour l'analyse statistique SOURCE : Personnelle

- **La densité de truite fario (TRF) et de truite fario juvéniles (TRF 0+) (cf Annexe 3 et 4)**

Les valeurs attribuées pour cette variable correspondent à l'estimation du nombre de truite par Ha. Le nombre total de truites capturées à la suite de la pêche électrique complète (l'intégralité de la station est pêchée avec 2 passages successifs, méthode dite par épuisement CARLE et STRUBB) est croisé avec la surface totale de la station obtenue grâce aux mesures hydro-morphologiques (cf partie 3.1.3 Paramètres abiotiques relevés). L'application d'un produit en croix permet de déduire le nombre de poissons pour 10 000m² (soit 1Ha). La variable TRF comprends les truites de toutes classes d'âge (TRF 0+ comprises).

Pour les pêches par points (EPA), la densité de truite est évaluée par individus pour 100 EPA. Cela est obtenu par proportionnalité :

$$\text{Nombre de TRF pour 100 EPA} = \frac{\text{Nombre de TRF capturées} \times 100}{\text{Nombre d'EPA réalisés}}$$

- **L'Hydrologie :**

Ce paramètre n'est relevé qu'à une seule station (le Martinet sur la Bave). Les valeurs attribuées à cette variable correspondent aux événements hydrologiques extrêmes (pics de crue) survenus de 2013 à 2018 en période printanière et automnale. Ces périodes coïncident avec la montaison des géniteurs vers la zone de fraie (automne) et la période de ponte et de développement des alevins (printemps).

Afin de réaliser une analyse fiable, le débit de chaque station (lors des crues) est estimée à l'aide de la formule de Myer (Source : Détermination des débits de référence, Lot.gouv.fr).

$$Q_T = Q_{T\ BV\ Connu} \times \left(\frac{S_{BV}}{S_{BV\ Connu}} \right)^\alpha$$

Q_T : Débit de fréquence T en m^3/s du bassin versant à connaître

$Q_{T\ BV\ Connu}$: Débit de fréquence T en m^3/s du bassin versant connu

S_{BV} : Surface en km^2 du bassin versant à étudier (calculé à l'aide de géoportail.gouv)

$S_{BV\ Connu}$: Surface en km^2 du bassin versant connu

α : Coefficient de Myer (= 0,8).

Pour le Mamoul, le débit est estimé comme étant 5 fois inférieur à celui de la Bave à Cornac (SOURCE : Rapport ECOGEA n°E120604 Esquisses Riols-Barrayrac page 23, Mars 2014, cf Annexe 4). La méthodologie d'estimation des débits à chaque stations du Mamoul sera donc la même que pour la Bave.

- **La thermie**

Ce paramètre est relevé en trois points sur la Bave (1 point aval, médian et amont) et en un point sur le Mamoul.

La thermie de chaque station (pour la Bave) sera établie en fonction de sa proximité avec la station de relevé (une en secteur aval, médian et amont) mais aussi de sa situation au sein de la rivière. Trois parties sont donc déterminées (Bave aval de 0 à 12km ; Bave médium de 12 à 24km ; Bave amont 24 à 37km).

Les données thermiques du Mamoul seront extrapolées à l'ensemble du cours d'eau pour plusieurs raisons :

- le contexte hydro-morphologique (zone de gorge, ombrage, forte pente) permet une certaine stabilité des valeurs thermiques de l'aval à l'amont du cours d'eau.
- l'estimation de la thermie pour chaque station n'est pas envisageable.

2.2.2. Ajout de nouvelles variables

La restauration piscicole n'étant pas prise en compte dans le tableau de données initial, il semble impératif de créer une variable capable de quantifier ce paramètre. Une autre variable sera aussi prise en compte : la distance par rapport à la confluence avec la Dordogne.

- **La variable « Accès »**

Celle-ci est censée traduire l'amélioration de l'accessibilité du linéaire de la rivière (Bave ou Mamoul) par un géniteur en migration. Pour cela, les dates d'aménagement des seuils sont à prendre en compte. Les travaux se réalisant lors des mois les plus

secs (juillet, août, septembre), l'efficacité ne pourra être vérifiée qu'à la saison suivante.

Les valeurs attribuées à cette variable correspondent donc au pourcentage de linéaire colonisable par un géniteur après les travaux :

$$\text{Accessibilité} = \frac{\text{Linéaire colonisable jusqu'au prochain seuil non aménagé}}{\text{Linéaire total du cours d'eau}}$$

- **La distance par rapport à la confluence avec la Dordogne**

Cette variable correspond à la distance des stations de pêche par rapport à l'embouchure avec la Dordogne. Celle-ci est calculée à partir de géoportail.gouv.

- **Code station**

Le code station est constitué des premières lettres de la station suivi de l'année de relevé (cf Tableau 2)

Cours d'eau	Station	Code (sans la date)
Mamoul	Aval Bonneviolle	avbo
	Ségaro	se
	Pont d'Ussel	pu
	Amont Esclats	ae
	Pont de Bois	pb
	Amont confl Soult	acs
Bave	Bayle	bay
	Rouquette	rou
	Stade	st
	Bardet	bar
	Martinet	mart
	Trois eaux	tre
	Amont Latouille	amlat
	Cheval Blanc	chbl
	M.Castagnes	mcas

Tableau 2 : Codage des stations de pêche

2.2.3. Le nettoyage des fichiers

Le traitement statistique des données s'effectuera dans un premier temps sur Excel (pour les graphiques de tendance générale des densités) puis sur R commander, interface de R studio®. Pour cela, il est impératif de positionner le « Code station » en tant qu'individu et l'année en tant que variable :

Code station	Station	Date	Densité TRF	Densité TRF 0+	Hydrologie	Thermie	Distance Dordogne	Accès

Cette mise en forme est effectuée pour la Bave et le Mamoul pour les pêches électriques complètes. Pour les EPA, un troisième tableau est construit. Les variables « Densité TRF » et « Densité 0+ » sont remplacées par la variable « Individu » correspondant au nombre de TRF capturées pour 100 EPA.

Un tableau mettant en relation les densités de TRF en 2013 et 2018 peut être construit afin de tester la significativité de différence entre les deux échantillonnages.

2.2.4. Récapitulatif des variables prises en compte.

Thème	Nom des variables	Signification	Unité de mesure ou modalité	Type	Rôle
Caractéristiques des stations	Code station	Station de pêche	Nom de station et année	Qualitative nominale	Explicative
	Distance Dordogne	Distance par rapport à la confluence avec la Dordogne	Km	Quantitative continue	
	Hydrologie	Pic de crues	m^3/s		
	Thermie	Température moyenne sur 30 jours	°C		
	Accès	Linéaire de cours d'eau accessible	%		
Densité de truites fario	Densité TRF	Densité de TRF et de TRF 0+ sur la station de pêche	Individus/m²	Quantitative continue	A expliquer
	Densité 0+				
	Densité TRF (EPA)	Nombre de TRF pour 100 EPA	Individus pour 100 / EPA		

Tableau 3 : Récapitulatif des variables utilisées dans le cadre de l'analyse statistique SOURCE : Personnelle

3. Résultats et analyse

Hypothèse : Les travaux de restauration de la continuité piscicole ont pour but de favoriser la montaison et la dévalaison des poissons migrateurs. Pour l'espèce cible truite fario (*Salmo trutta*), cela se traduirait par un accroissement de la densité de population mais aussi par une augmentation du recrutement (0+).

3.1. Tendance générale

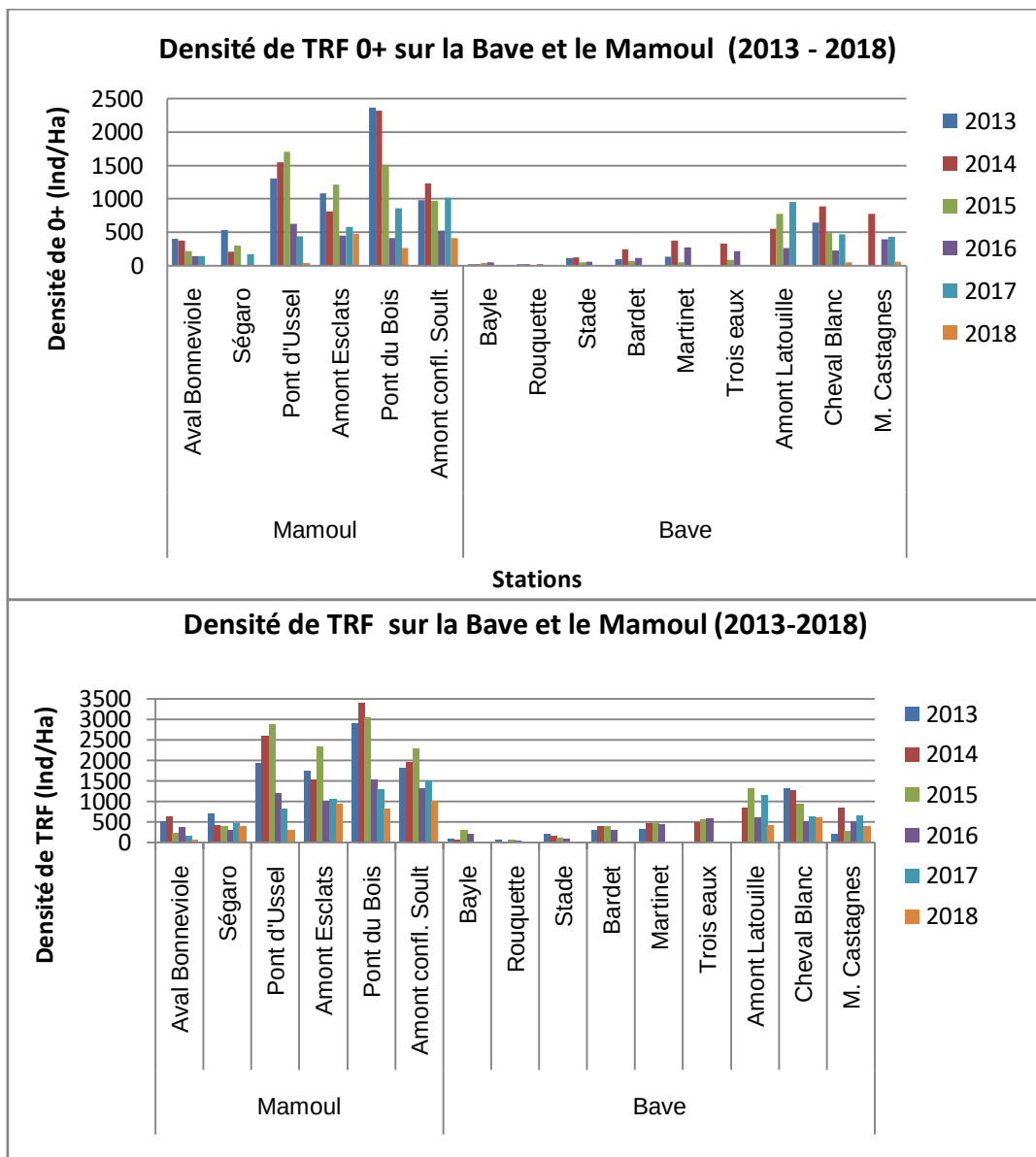


Figure 9 : Densité de TRF 0+ entre 2013 et 2018 (haut) et densité de TRF entre 2013 et 2018 (bas)
SOURCE : FDPPMA 46

Les stations de pêche (en abscisse) sont classées par cours d'eau de l'aval à l'amont. Les densités de truites fario (TRF) et de TRF 0+ (de l'année) semblent plus importantes en amont qu'en aval. Les densités semblent plus importantes sur le Mamoul que sur la Bave. Cependant la tendance est à la baisse pour les deux rivières (cf Figure 9). Cela vient infirmer l'hypothèse de départ. Cette baisse de densité doit donc dépendre d'un facteur indépendant des travaux de restauration. **A noter, les pêches sur la Bave, de Bayle à la station Trois eaux, ne sont plus effectuées.**

La densité de truite fario et de truite fario 0+ est significativement différente entre les années 2013 et 2018 (cf Tableau 4) ($p\text{-value} < 0,05$). Cela vient confirmer la tendance mise en évidence par le graphique : l'année 2013 semble meilleure que l'année 2018 malgré la réalisation des travaux.

Test de Wilcoxon apparié entre les années 2013 et 2018	
Variable	p-value
Densité TRF	0,01563
Densité 0+	0,01563

Tableau 4 : Tests de significativité des densités de TRF et TRF 0+ entre 2013 et 2018

Plusieurs facteurs abiotiques peuvent expliquer cette tendance à la baisse. D'après les résultats obtenus (cf Tableau 5), l'hydrologie semble être le paramètre ayant le plus d'influence sur les densités de TRF (corrélation négative de 65% avec une $p\text{-value} < 0,05$) et de TRF 0+ (corrélation négative de 61% avec une $p\text{-value} < 0,05$). Ces corrélations indiquent que plus les pics de crues ayant lieu lors de la période d'incubation des oeufs est important, plus la densité de truite (toutes classes d'âges confondues) sera faible. Cependant, les truites juvéniles semblent assez sensibles à la thermie (corrélation négative de 42% avec une $p\text{-value} < 0,05$).

Les densités de 0+ semblent très fortement dépendre des densités de TRF (corrélation positive à 91% avec une $p\text{-value} < 0,05$). Plus il y aura de recrues, plus la densité de TRF sera élevée. La distance par rapport à la Dordogne semble jouer un rôle minime dans la répartition des densités. Les travaux semblent, quant à eux, n'avoir aucun impact sur les densités de TRF et de TRF 0+ avec des corrélations positives très faibles ($\rho < 2\%$) avec des $p\text{-values}$ élevées ($p\text{-value} > 0,05$).

Test de corrélation de Spearman (normalité testée avec Shapiro-Wilk non respectée pour chacune des variables)							
Variable 1	Variable 2	p-value	Rho	Variable 1	Variable 2	p-value	Rho
Densité TRF	Hydrologie	$< 0,0001$	- 0,653	Densité TRF 0+	Hydrologie	$< 0,0001$	-0,612
	Thermie	0,0005	-0,391		Thermie	0,0001	-0,429
	Distance Dordogne	0,0026	0,341		Distance Dordogne	0,0416	0,234
	Accès	0,1007	0,190		Accès	0,7037	0,044
Densité TRF	Densité TRF 0+	$< 0,0001$	0,918				

Tableau 5 : Tests de corrélation entre différentes variables pouvant influencer sur les densités de truites fario
SOURCE : Personnel

La réalisation d'une ACP vient confirmer les résultats des tests de corrélation précédemment émis. Le cercle des corrélations met en évidence une anti-corrélation entre les densités de truites adultes et juvéniles avec l'hydrologie et la thermie.

L'accessibilité semble non-corrélée avec les densités de truites. La variable « distance Dordogne » semble n'avoir qu'un rôle minime dans la répartition des densités (cf Figure 10).

Les variables « Densité 0+ », « Densité TRF », « Hydrologie » et « Thermie », sont par ordre respectif, les composantes principales de la dimension 1. La variables « Accessibilité » est la variable constituant l'axe de la dimension 2 (cf Annexe 5).

D'après le nuage de points de l'ACP, le cluster vert correspond aux stations ayant des densités de TRF et de TRF 0+ avec une accessibilité relativement faibles (année 2013, 2014 et 2015 représentées). Le cluster noir correspond à des densités faibles avec une accessibilité faible et des débits importants (stations situées en aval recevant les plus gros débits). Le cluster rouge correspond à une densité faible avec une accessibilité élevée (l'hydrologie très élevée est masquée par l'accessibilité contribuant très fortement à la construction de l'axe 2).

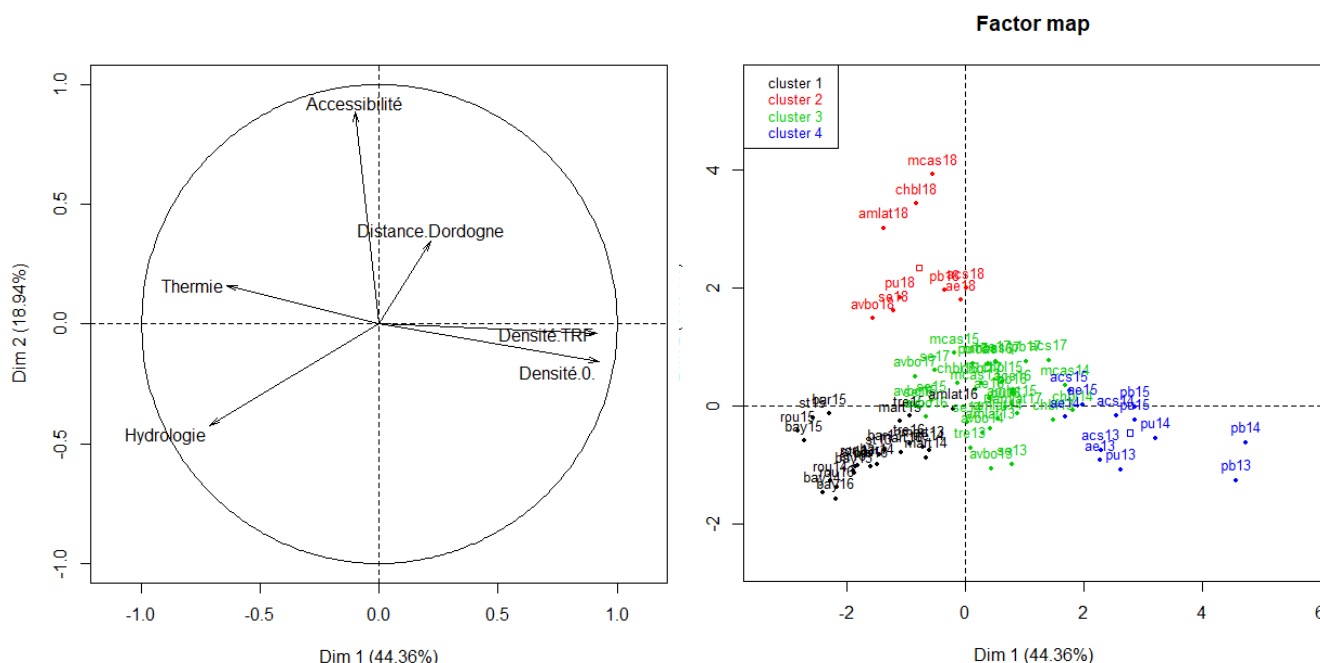


Figure 10 : Cercle de corrélation de l'ACP Bave / Mamoul et ACP en nuage de point Bave / Mamoul
SOURCE : Personnelle

Aux vues des résultats obtenus, il semblerait que ce soient des facteurs abiotiques comme l'hydrologie et la thermie qui influencent le plus les densités de truites fario.

Cependant, il est intéressant de réaliser la même étude en dissociant les deux cours d'eau. Cela permettrait de déduire si ces résultats découlent bel et bien d'une généralité (dans ce cas les résultats sur la Bave et le Mamoul seront à peu près identiques) ou si cela reflète les résultats d'une des rivières masquant les résultats de l'autre (dans ce cas là, les deux cours d'eau auraient un fonctionnement différent)

3.2. Résultats sur la Bave

3.2.1. Résultats des pêches électriques complètes

Dans le but d'établir des corrélations entre les différentes variables, la normalité ces dernières doit être évaluée avec le test de Shapiro-Wilk (cf Tableau 6):

Test de normalité de Shapiro-Wilk		
Variable	p-value	Interprétation
Densité	0,001735	Ne semble pas respecter la loi normale
Densité 0+	0,00001269	Ne semble pas respecter la loi normale
Hydrologie	0,04224	Ne semble pas respecter la loi normale
Thermie	0,00003888	Ne semble pas respecter la loi normale
Distance Dordogne	0,004679	Ne semble pas respecter la loi normale
Accessibilité	2,351 e-11	Ne semble pas respecter la loi normale

Tableau 6 : Résultats des tests de normalité pour la Bave SOURCE : Personnelle

Ne respectant pas la loi normale, la corrélation entre les variables est étudiée grâce au test de Spearman (cf Tableau 7) :

Test de corrélation de Spearman							
Variable 1	Variable 2	p-value	Rho	Variable 1	Variable 2	p-value	Rho
Densité TRF	Hydrologie	0,00006	-0,596	Densité TRF 0+	Hydrologie	0,018	-0,3713
	Thermie	0,006	-0,426		Thermie	0,001	-0,4910
	Distance Dordogne	0,0000001	0,724		Distance Dordogne	0,015	0,487
	Accès	0,1715	0,221		Accès	0,95	0,0102

Tableau 7 : Résultats des tests de corrélation SOURCE : Personnelle

La répartition des truites fario semble en partie liée à la distance avec la confluence de la Dordogne (à 48,7% pour les TRF 0+ et à 72,4% pour les TRF avec p-values < 0,05). Le rho obtenu étant positif, la densité de truite fario semble croître en même temps que la distance avec la Dordogne. Cela peut s'expliquer par l'amélioration de la qualité d'habitat.

La température de l'eau semble aussi influencer sur les densités de TRF et de TRF 0+ à hauteur de 42,6% et de 49,1%. La thermie de la Bave est assez structurée avec une zone plus chaude en aval qu'en amont avec des différences de températures importante. La température aval à quasiment atteint en 2015 le seuil des 23°C pouvant entraîner une mortalité importante chez les juvéniles mais aussi sur les individus adultes. En amont, la température moyenne n'a pas dépassé les 19,5°C. Il est donc probable que les truites rejoignent des zones ayant une thermie plus

propice à leur survie. Ce phénomène expliquerait donc l'influence de la thermie sur la répartition des densités de TRF et TRF 0+.

L'hydrologie semble, quant à elle, expliquer en grande partie la densité de TRF (59,57%). Pour cause, plus celle-ci semble augmenter, plus la densité de TRF diminue. Les crues peuvent avoir un impact sur les populations de truites de plusieurs manières :

- les plus grosses crues lessivent le substrat en emportant les pontes de l'année (la densité de 0+ et liée à 37,13% à l'hydrologie cf Tableau 7). Par exemple les densités sont particulièrement basses pour l'année 2018 qui affichait un pic de crue à $50m^3/s$ correspondant à une crue quinquennale environ 12 fois plus importante que le module de référence (SOURCE : Banque Hydro France)).

L'accessibilité, correspondant au linéaire de cours d'eau disponible grâce aux aménagements des seuils, ne semble pas influencer les densités de truites avec une corrélation à 22,05% pour la TRF et de 1,03% pour les TRF 0+ pour une p-value > 0,05.

L'ACP réalisée avec les dimensions 1 et 2 explique 74,65% de l'information. La dimension 1 est construite à partir des variables « Densité TRF », « Densité 0+ », « Hydrologie », « Distance Dordogne » et « Température ». La dimension 2 est, quant à elle, construite en grande partie par la variable « Accessibilité » (cf Annexe 6).

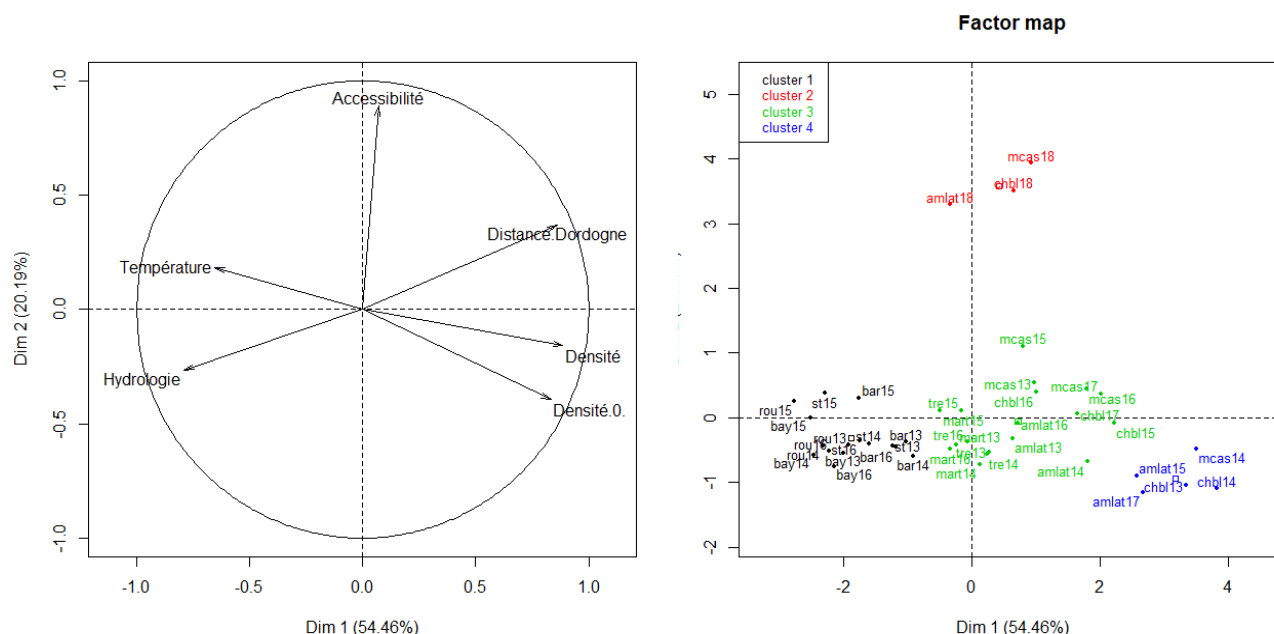


Figure 11 : Cercle de corrélation de l'ACP Bave (gauche) et ACP en nuage de point de la Bave (droite)
SOURCE : Personnelle

Le cercle de corrélation de l'ACP met en évidence plusieurs phénomènes (cf Figure 11) :

- les variables « Densité », « Densité 0+ » et « Distance Dordogne » semblent corrélées positivement.
- les variables « Température » et « Hydrologie » semblent anti-corrélées par rapport aux variables de densité.
- la variable « Accessibilité » semble non corrélée aux variables relatives aux densités de TRF et de TRF 0+.

La répartition des points met en avant 4 clusters. Le cluster noir possède une densité de TRF et de 0+ très faible contrairement au cluster bleu comprenant des densités de truites plus élevées que les autres points. Le cluster rouge correspond à l'année 2018. Celle-ci a la caractéristique de présenter une accessibilité maximale (d'où sa situation haute le long de l'axe verticale) mais une densité faible (points regroupés autour de l'axe vertical).

Cela vient confirmer les résultats des corrélations (avec le test de Spearman) précédemment émis. La température et l'hydrologie semblent jouer un rôle majeur pour les densités de truites fario. Ces dernières semblent réparties en fonction de la distance par rapport à la Dordogne (accroissement de la densité vers l'amont). L'accessibilité n'a visiblement aucun effet sur les densités de TRF et TRF 0+.

3.2.2. Résultats des pêches par points (EPA)

Les stations Aval Bayle / TCC Bayle ont été regroupées du fait de leur proximité importante. Sont totalisées quatre stations EPA sur le secteur Bave aval. Les résultats bruts sont présentés ci-dessous :

Le graphique permet de mettre en évidence une baisse du nombre d'individus de truite fario capturées pour 100 EPA pour l'année 2018 (cf Figure 12). Cela semble suivre la tendance observée pour les pêches complètes

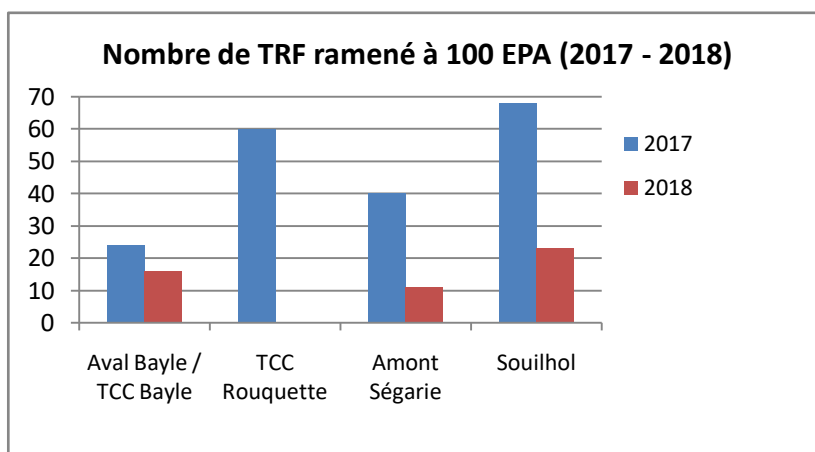


Figure 12 : Résultats des EPA radiers Bave (2017 - 2018) SOURCE : FDPPMA 46

Or, ce secteur est entièrement accessible pour les truites fario à partir de 2018 (les derniers travaux s'étant achevés en 2017 pour les seuils de ce secteur). Une tendance inverse aurait dû être remarquée avec une montaison des géniteurs et une densité de juvéniles importante. Ce résultat permet de mettre en jeu un facteur limitant l'implantation de *Salmo trutta* sur ce secteur cette année là.

Comme pour les pêches complètes, les variables environnementales que sont l'hydrologie, la thermie, la distance par rapport à la confluence avec la Dordogne sont pris en compte.

Ne suivant pas la loi normale, les corrélations entre la densité de truites fario et les variables environnementales sont mises en évidence par le coefficient de corrélation de Spearman :

Corrélation	p-value	Rho
Individus TRF / Hydrologie	0,0045	- 0,905
Individus TRF / Thermie	0,0046	- 0,873
Individus TRF / Distance Dordogne	0,4076	0,342
Individus TRF / Accessibilité	0,0062	- 0,845

Tableau 8 : Résultats des tests de corrélation pour les EPA radiers SOURCE : Personnelle

Tout comme pour les résultats présentés dans la partie 4.2.1, une forte corrélation entre le nombre d'individus pour 100 EPA et l'hydrologie est observée. Une corrélation négative de 90,5% y est établie. Ce résultat semble plutôt fiable puisque la p-value attribuée à cette corrélation est inférieure au seuil fixé de 5%. Il en va de même pour la thermie avec une corrélation négative de 87,3%.

Cependant, une anomalie peut être observée au niveau de la corrélation avec l'accessibilité (basée sur la date des travaux sur ce secteur). Si une amélioration du peuplement de truite sur ce secteur due aux travaux est observée, la corrélation devrait être positive, forte avec une p-value inférieure à 5%. Hors, une corrélation négative forte avec une p-value inférieure à 5% est obtenue. Ce qui représente une contradiction (cf Tableau 8).

Les facteurs hydriques et thermiques semblent masquer les effets des travaux de restauration de la continuité piscicole sur ce secteur ci.

La distance avec la Dordogne semble n'avoir aucun effet (p-value supérieur à 5% et corrélation positive faible). Cela est la conséquence de la proximité entre les stations se situant toute dans le secteur de la Bave aval (proche de la Dordogne)

3.3. Résultats sur le Mamoul

La normalité est calculée pour toutes les variables. Les résultats des p-value sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Test de normalité de Shapiro-Wilk		
Variable	p-value	Interprétation
Densité	0,01686	Ne semble pas respecter la loi normale
Densité 0+	0,001846	Ne semble pas respecter la loi normale
Hydrologie	0,0365	Ne semble pas respecter la loi normale
Thermie	0,000005741	Ne semble pas respecter la loi normale
Distance Dordogne	0,0004176	Ne semble pas respecter la loi normale
Accessibilité	0,00004129	Ne semble pas respecter la loi normale

Tableau 9 : Résultats des tests de normalité Mamoul SOURCE : Personnelle

La loi normale ne s'appliquant à aucune des variables (cf Tableau 9), la corrélation entre les variables doit être mesurée avec le test non-paramétrique de Spearman. Les résultats sont présentés dans le tableau qui suit :

Test de corrélation de Spearman							
Variable 1	Variable 2	p-value	Rho	Variable 1	Variable 2	p-value	Rho
Densité TRF	Hydrologie	< 0,0001	- 0,706	Densité TRF 0+	Hydrologie	< 0,0001	-0,770
	Thermie	0,2514	-0,196		Thermie	0,1545	-0,242
	Distance Dordogne	< 0,0001	0,716		Distance Dordogne	< 0,0001	0,606
	Accès	0,0134	-0,408		Accès	0,0033	-0,476

Tableau 10 : Résultats des tests de corrélation Mamoul SOURCE : Personnelle

Les densités de truite fario semblent dépendre en partie de l'hydrologie printanière (corrélation négative à 70% avec une p-value < 0,05). Il en va de même pour les TRF 0+ avec une corrélation négative à 77% (p-value < 0,05). Plus l'hydrologie printanière est importante plus les densités de TRF et de TRF 0+ sont faibles (cf Tableau 10).

La thermie ne semble pas impacter les densités de truites (corrélations négatives faibles < 0,25). La p-value > 0,05 indique la fragilité du résultat. Cela peut provenir de l'extrapolation de la valeur thermique obtenu sur une station à l'ensemble des stations de pêche (cf Tableau 10).

La distance par rapport à la Dordogne semble influencer, au même niveau que l'hydrologie, sur les densités de truites fario et de 0+ (corrélation positive à 71% et 60% avec des p-value < 0,05). Plus la station de pêche est éloignée de la confluence

avec la Dordogne, plus la densité de TRF et de 0+ semble augmenter. Cela peut s'expliquer par une amélioration de la qualité de l'habitat pour la truite (cf Tableau 10).

L'accessibilité présente une valeur aberrante : corrélations négatives avec p-value < 0,05. L'impact des travaux devrait être positif (corrélations positives fortes avec p-value < 0,05). Or, les résultats obtenus vont contredire l'hypothèse de départ. Cette variable ne semble avoir aucun impact sur les densités de truites (cf Tableau 10).

L'ACP est réalisée à partir de la dimension 1 et 2 avec un taux d'information total de 81,86%. Les variables « Densité », « Densité 0+ » et « Hydrologie » sont les composantes principales de la dimension 1. Les variables « Température », « Accessibilité », « Distance Dordogne » (forte contribution) composent la dimension 2 (cf Annexe 7). Cela explique la projection des points station de l'aval vers l'amont.

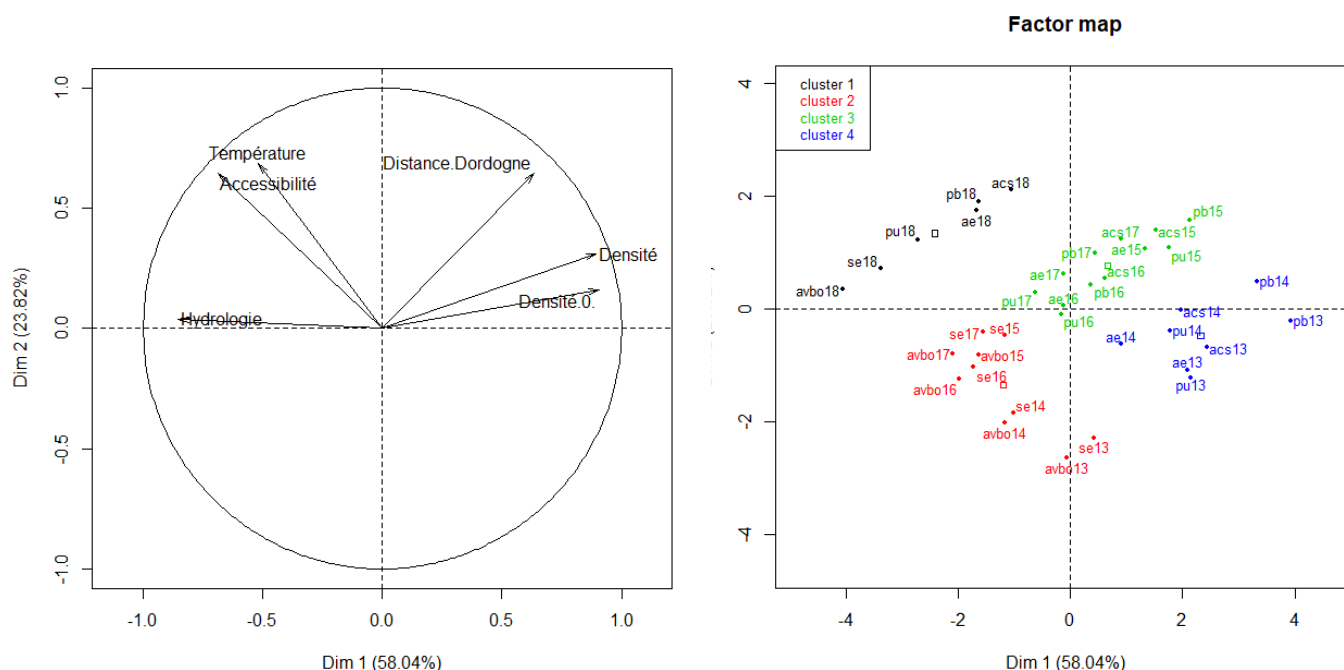


Figure 13 : Cercle de corrélation de l'ACP Mamoul (gauche) et ACP Mamoul en nuage de points (droite)
SOURCE : Personnelle

D'après le cercle des corrélations, l'hydrologie est anti-corrélée avec les densités de TRF et de TRF 0+. Ces dernières semblent fortement corrélées entre elles et avec la distance par rapport à la Dordogne. Ces densités sont plus importantes en amont du cours d'eau. Les densités ne semblent pas corrélées à l'accessibilité et à la thermie (cf Figure 13).

L'ACP est constitué de quatre clusters. De manière globale, le nuage de points tend à décroître. En effet, le cluster bleu correspond à de fortes densités avec une faible hydrologie et une accessibilité très peu importante. Les années 2013 et 2014 y sont représentées pour les stations medium et amont Bave. Le cluster rouge correspond aux stations aval ayant des densités assez faibles. Le cluster noir correspond à

l'année 2018. La densité y est faible et l'accessibilité maximale. Ce cluster est bien démarqué du reste du nuage de points. La densité faible comparée aux autres années, une hydrologie très importante et une accessibilité maximale contribue à cet isolement (cf Figure 13).

Les densités de truites sur le Mamoul semblent être très dépendantes de l'intensité des débits printaniers. Plus le pic de crue est important, moins les densités de TRF et de TRF 0+ sont importantes. Ce paramètre là semble occulter totalement l'efficacité des travaux de restauration (accessibilité maximale en 2018 avec des densités minimales).

3.4. Synthèse des résultats Bave - Mamoul

De manière générale, les densités de truites fario sont plus importantes sur le Mamoul que sur la Bave. Cependant, ces densités voient leur importance décroître à mesure que l'hydrologie printanière est intense, quelque soit le cours d'eau.

Sur la Bave, la structuration des densités est soumise à la thermie. En effet, les gradients thermiques très marqués sur cette rivière ont un impact important sur les densités :

- en aval l'eau chaude est moins favorable à la truite fario. De plus, cette zone peut être colonisée par d'autres taxa comme le chevesne et la perche pouvant entrer en compétition avec *Salmo trutta*.
- en remontant vers la source, les densités de truites augmentent grâce à une baisse de la thermie.

Sur le Mamoul, une structuration similaire peut être observée. Celle-ci est cependant liée à la distance par rapport à la Dordogne. Une amélioration de l'habitat (meilleure granulométrie, pas de concurrence avec d'autres espèces, caches etc) peut en partie expliquer cette organisation. Néanmoins, la thermie peut aussi jouer un rôle. Cette dernière peut baisser vers l'amont du fait de la présence de secteurs ombragés en contexte de gorges. Malheureusement, ne disposant que d'une station de relevés thermiques, il n'est pas possible d'estimer précisément la température pour l'ensemble des stations.

De manière commune, l'efficacité des travaux de restauration de la continuité piscicole semble être masquée par les facteurs hydrologiques et thermiques. Ce sont eux qui possèdent l'impact le plus fort sur les populations de truites fario.

4. Discussion - conclusion

Au préalable, les résultats obtenus et exposés dans ce présent rapport peuvent comporter des biais :

- les données thermiques utilisées pour le Mamoul ont été extrapolées à partir de relevés réalisés sur une station rendant cette variable imprécise.
- l'hydrologie a été estimée (à partir de la station de relevé du Martinet) pour les autres stations de la Bave et la totalité des stations du Mamoul à partir de la formule de Myer. Etant une estimation, la présence d'un biais entre la réalité et les valeurs calculées est certaine.

Cependant, plusieurs points méritent d'être abordés :

- les densités de truite fario et de truite fario 0+ semblent plus importantes sur le Mamoul que sur la Bave. Cependant, celles-ci fluctuent d'année en année et suivent une tendance globale similaire.
- les analyses statistiques ont permis de mettre en exergue les différents facteurs qui engendrent ces fluctuations et cette baisse de densité entre 2013 et 2018. Cette dernière semble en grande partie expliquée par l'hydrologie et l'intensité des crues printanières ayant eu lieu sur le bassin versant.
- la distance par rapport à la confluence avec la Dordogne semble aussi jouer un rôle important dans la structuration des densités de population : en effet, celles-ci semblent plus importantes en amont qu'en aval. Une amélioration de l'habitat, une thermie plus acceptable en été (notamment sur la Bave où la température peut varier de plus de 5°C entre l'aval et l'amont) peuvent en partie expliquer ce phénomène.

Les travaux étant relativement récents (achevés en 2018), il est encore tôt pour pouvoir en tirer des conclusions. Les effets des aménagements semblent masqués par les facteurs cités précédemment.

A long terme sont attendus une hausse de la densité des populations de truites fario et de 0+ sur les deux rivières principales. Un retour du saumon peut être attendu (présence actuelle ponctuelle et très rare) sur ce bassin versant. La présence d'importants barrages situés en aval (sur la Dordogne) rend les remontées difficiles.

L'ombre commun peut aussi coloniser le bassin de la Bave. Cette espèce, présente sur la Dordogne lotoise, éprouve beaucoup plus de difficulté que la truite ou le saumon pour franchir les obstacles. Sa présence avérée par le biais de capture en pêches électriques en amont des premiers obstacles sur l'axe Bave - Mamoul est un très bon indicateur de l'efficacité des aménagements réalisés.

L'étude réalisée dans ce rapport ne porte que sur l'évolution des densités de truites fario ne permet pas d'évaluer de manière fiable l'efficacité des travaux entrepris sur la Bave et le Mamoul entre 2013 et 2018, avec les indicateurs retenus.

Bibliographie

FRIDRICK.L, 2019. Evaluation de l'impact de la libre circulation sur les populations piscicoles du bassin de la Bave. FDPPMA 46

FDPPMA 46, 2019. Département du Lot : Guide de la pêche 2019.

MENESSIER.J.M, KARDACZ.J et LASCAUX.J.M , 2016. Suivi de la reproduction naturelle des grands salmonidés migrateurs sur le bassin de la Dordogne en aval du Sablier (Département de la Corrèze et du Lot) Automne - Hiver 2015 / 2016, Rapport 17GD-15-RT, pp18,19. MI.GA.DO

MENESSIER.J.M, KARDACZ.J et LASCAUX.J.M, 2018. Suivi de la reproduction naturelle des grands salmonidés migrateurs sur le bassin de la Dordogne en aval du barrage du Sablier (Département du Lot et de la Corrèze) Automne - Hiver 2017 / 2018, Rapport E171040, pp 24, 25. ECOGEA, MI.GA.DO.

FRIDRICK.L et JAUBERT.P, 2010. Etude morphologique des populations de truites communes (*Salmo trutta* L.) du bassin versant de la Bave. FDPPMA 46

PERSAT.H et COPP.G.H, 1990. Electricfishing and point abundance senripling for the ichtiology of large river. In COWX I.G., Developments in Electric Fishing, 197-209, Blackwel I Scientific Publications, Oxford

HUET.M, 1954. Bulletin français de pisciculture n°175 : Biologie, profils en long et en travers des eaux courante, pp 42, 43. Fig 6 Profil en long de la Lesse p 46, Fig 7 Graphique des pentes.

ELLIOTT.J.M, 1994. Quantitative ecology and the brown trout,

CARLE.F.L et STRUB.M.R, 1978. A new method for estimating population size from removal data. Biometrics 34 : 621-630

BELLARD.J, DITCHE.JM, ROSET.N, 2008. Guide pratique de mise en œuvre des opérations de pêche à l'électricité dans le cadre des réseaux de suivis des peuplements de poissons. ONEMA

GERDAUX.D, 1987. Revue des méthodes d'estimation de l'effectif d'une population par pêche successive avec retrait, programme d'estimation d'effectifs par la méthode CARLE et STRUB. INRA

VOEGTLE.B, 2014. Restauration de la continuité écologique sur les bassins de la Bave, du Mamoul, de la Cère et du ruisseau d'Orgues, rapport n°E120604. ECOGEA pp.23, 24

Liste des figures et tableaux

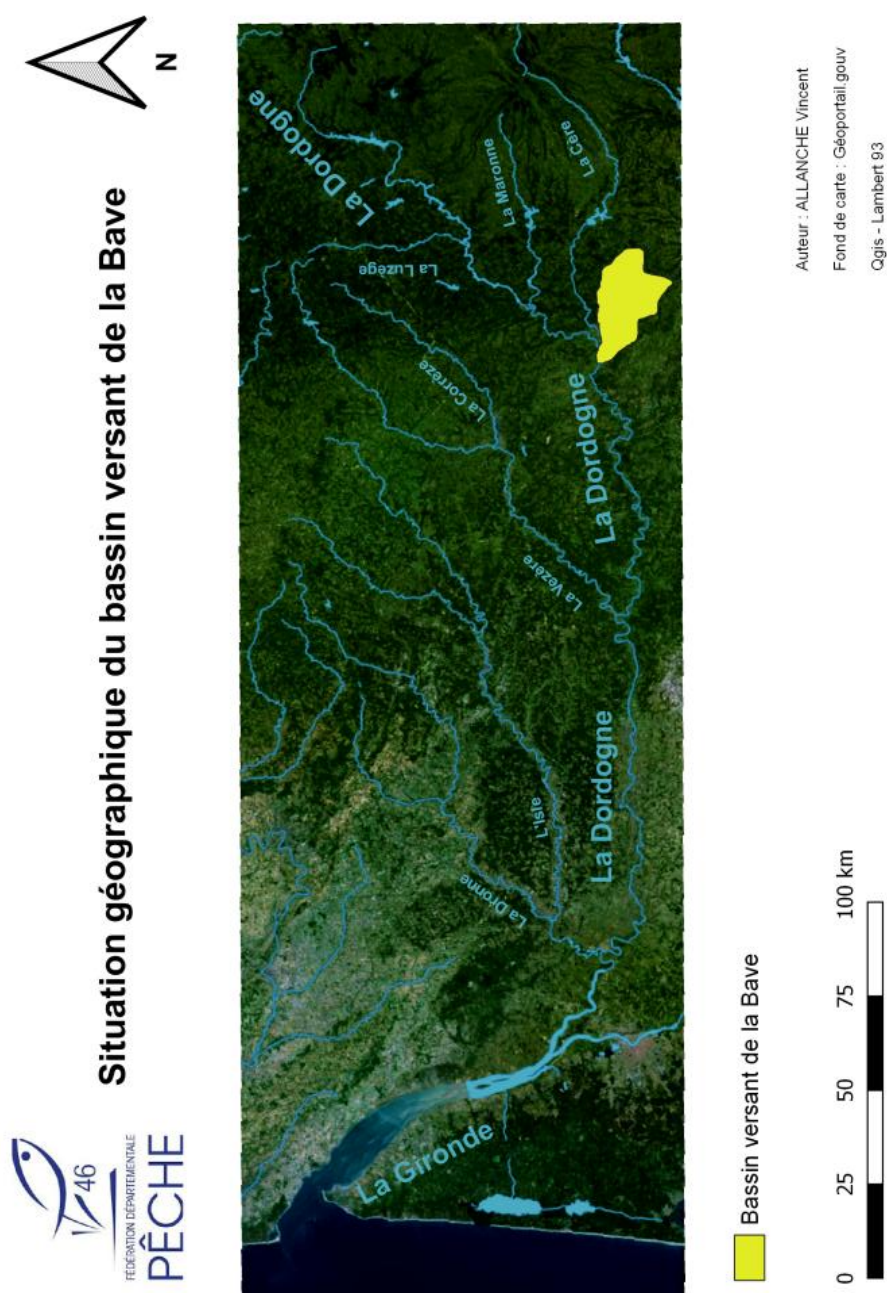
Figure 1 : Localisation du département du Lot (SOURCE : Personnelle).....	2
Figure 2 : Présentation du territoire lotois (SOURCE : FDPPMA 46).....	2
Figure 3 : Bassin versant de la Bave (SOURCE : FDPPMA 46)	3
Figure 4 : Module mensuel moyen de la Bave au Martinet (SOURCE : Banque Hydro France)	4
Figure 5 : Thermie moyenne sur les 30 jours les plus chauds de 2013 à 2018 SOURCE : FDPPMA 46.....	4
Figure 6 : Profil altimétrique du Mamoul (gauche) et de la Bave (droite) SOURCE : Géoportail.gouv.....	5
Figure 7 : Etat de colonisation initial (gauche) et état de colonisation final (droite) SOURCE : FDPPMA 46.....	6
Figure 8 : Marquage d'une truite fario à l'aide d'un PIT Tag SOURCE : Personnelle.....	8
Figure 9 : Densité de TRF 0+ entre 2013 et 2018 (haut) et densité de TRF entre 2013 et 2018 (bas) SOURCE : FDPPMA 46.....	14
Figure 10 : Cercle de corrélation de l'ACP Bave / Mamoul et ACP en nuage de point Bave / Mamoul SOURCE : Personnelle.....	16
Figure 11 : Cercle de corrélation de l'ACP Bave (gauche) et ACP en nuage de point de la Bave (droite) SOURCE : Personnelle	18
Figure 12 : Résultats des EPA radiers Bave (2017 - 2018) SOURCE : FDPPMA 46	19
Figure 13 : Cercle de corrélation de l'ACP Mamoul (gauche) et ACP Mamoul en nuage de points (droite) SOURCE : Personnelle	22
Tableau 1 : Structure du fichier de travail pour l'analyse statistique SOURCE : Personnelle	10
Tableau 2 : Codage des stations de pêche	12
Tableau 3 : Récapitulatif des variables utilisées dans le cadre de l'analyse statistique SOURCE : Personnelle	13
Tableau 4 : Tests de significativité des densités de TRF et TRF 0+ entre 2013 et 2018	15
Tableau 5 : Tests de corrélation entre différentes variables pouvant influencer sur les densités de truites fario SOURCE : Personnelle.....	15
Tableau 6 : Résultats des tests de normalité pour la Bave SOURCE : Personnelle	17
Tableau 7 : Résultats des tests de corrélation SOURCE : Personnelle	17
Tableau 8 : Résultats des tests de corrélation pour les EPA radiers SOURCE : Personnelle	20
Tableau 9 : Résultats des tests de normalité Mamoul SOURCE : Personnelle.....	21
Tableau 10 : Résultats des tests de corrélation Mamoul SOURCE : Personnelle.....	21

Table des abréviations

Abréviation	Signification
FNPF	Fédération Nationale pour la Pêche en France
FDPPMA 46	Fédération Départementale du Lot pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique
AAPPMA	Association Agrée pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique
MIGADO	Migrateur GARonne DOrdogne
EPIDOR	Etablissement Public Territorial du bassin DOrdogne
ONEMA	Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques
ECOGEA	Etude et CONseil en Gestion de l'Environnement Aquatique
AFB	Agence Française pour la Biodiversité
TRF	TRuite Fario
TRF 0+	TRuite Fario juvénile (de l'année)
EPA	Echantillonnage Ponctuel d'Abondance
ACP	Analyse en Composante Principale

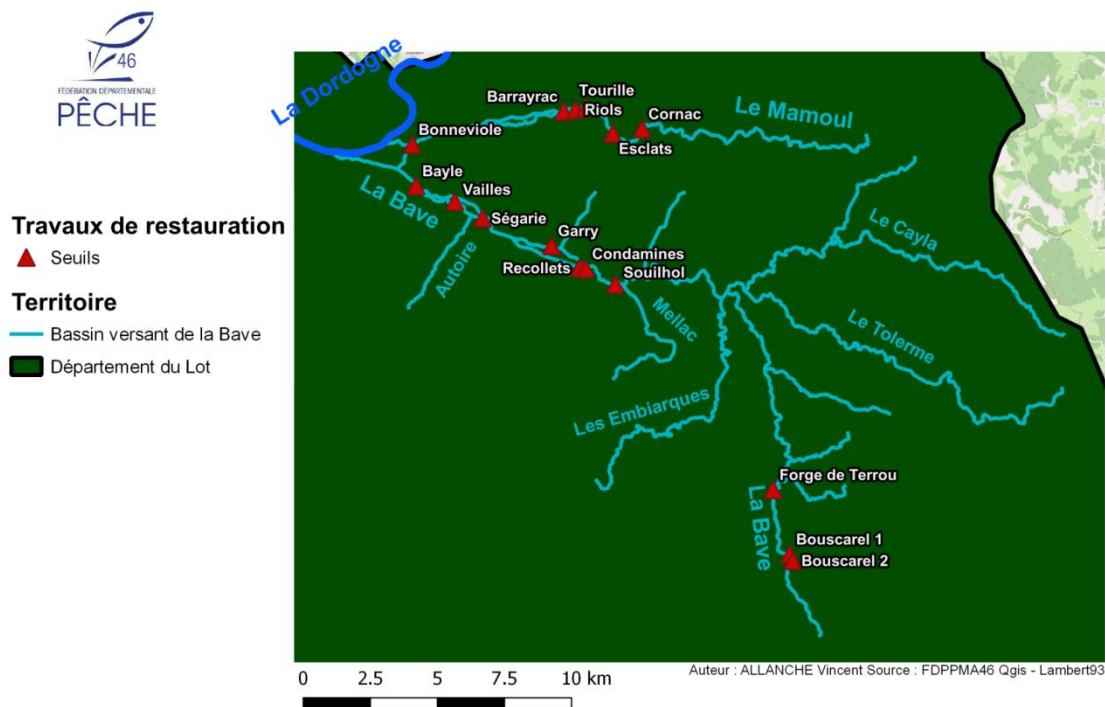
Annexes

Annexe 1 : Situation géographique du bassin versant de la Bave au sein du bassin de la Dordogne

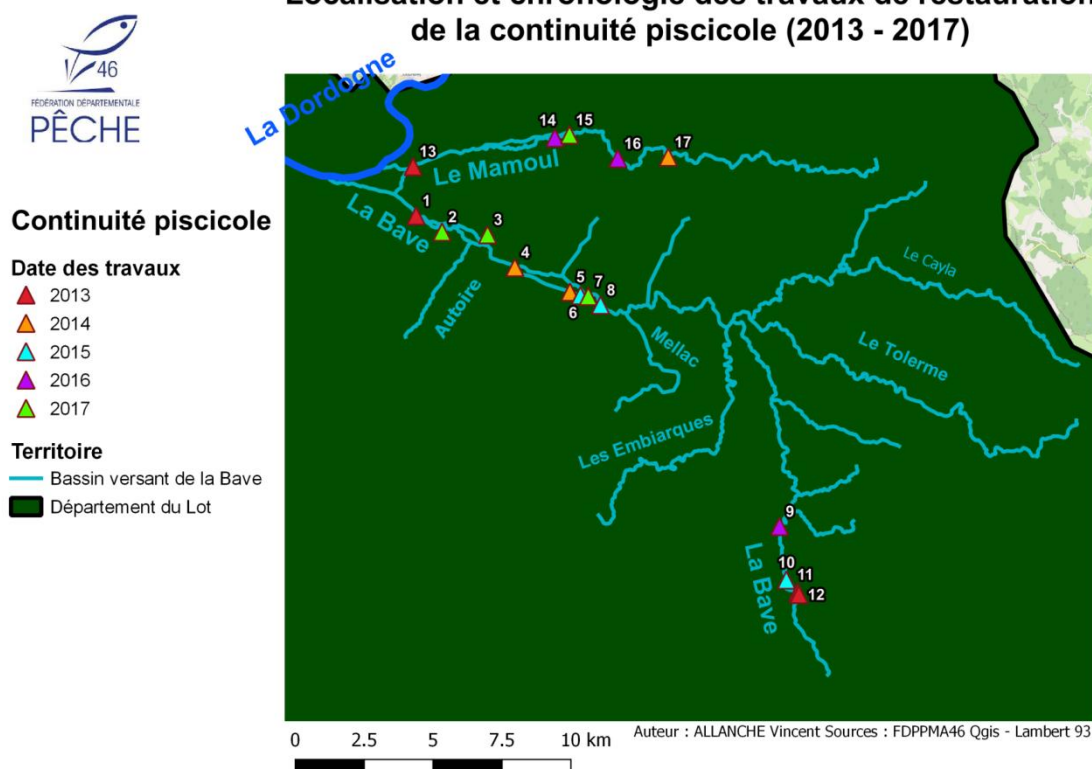


Annexe 2 : Localisation des obstacles à la continuité piscicole en 2013

Localisation des obstacles concernés par les travaux de restauration de la continuité piscicole



Localisation et chronologie des travaux de restauration de la continuité piscicole (2013 - 2017)



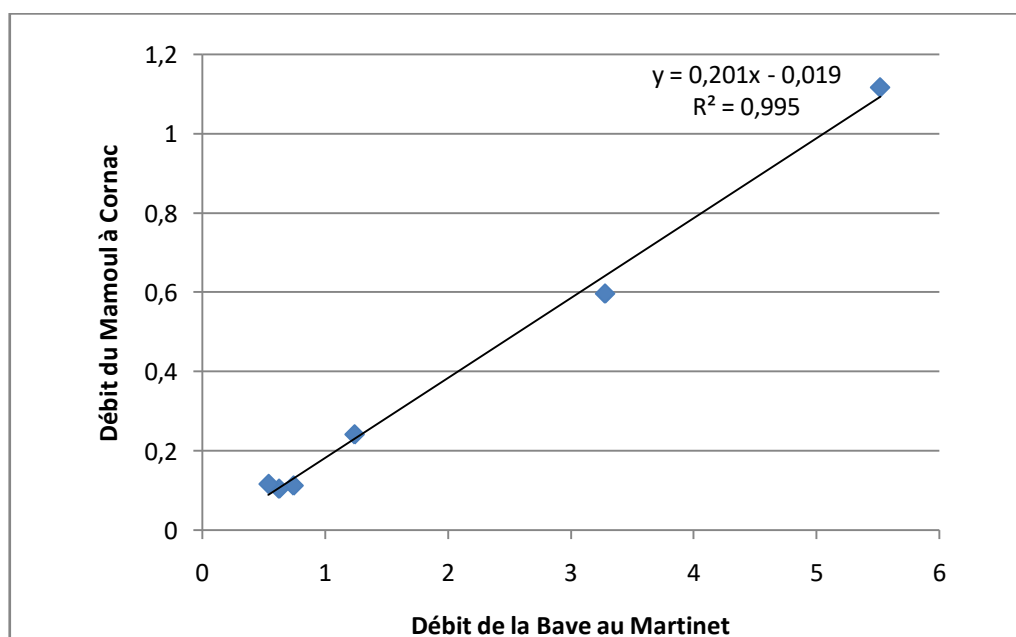
Annexe 3 : Barème de CUINAT pour les TRF (gauche) et les TRF 0+ (droit)

DENSITE DE POPULATION (par ha)	Pondérale	Numérique Cours d'eau		
		Étroit ≤ 3m	Moyen 3-10 m	Large ≥ 10 m
Très importante	300	10 000	7 000	5 000
Importante	200	5 500	4 000	2 700
Assez importante	125	3 200	2 200	1 800
Moyenne	75	1 800	1 200	900
Assez faible	50	1 100	700	550
Faible	30	600	400	300
Très faible				

DENSITE DE TRUITELLES DE L'ANNEE (par ha) inventoriées entre Septembre et Novembre	Si la croissance est :		
	Lente ou très lente	Assez lente à assez rapide	Rapide ou très rapide
Très importante	7 000	5 000	3 500
Importante	4 000	2 700	2 000
Assez importante	2 200	1 600	1 100
Moyenne	1 200	900	600
Assez faible	700	550	350
Faible	400	300	200
Très faible			

Annexe 4 : Détermination du rapport entre le débit de la Bave au Martinet et du Mamoul à Cornac

	Q Bave Martinet	Débits du Mamoul
08/08/2012	0,743	0,113
18/10/2012	0,625	0,105
19/12/2012	3,28	0,597
05/04/2013	5,52	1,117
15/07/2013	1,24	0,242
06/09/2013	0,54	0,117



Annexe 5 : Contribution des variables pour l'ACP Bave-Mamoul (tendances générales)

variables

	Dim.1	ctr	cos2	Dim.2	ctr	cos2
Densité.TRF	0.913	31.323	0.834	-0.040	0.143	0.002
Densité.0.	0.923	31.989	0.851	-0.158	2.202	0.025
Hydrologie	-0.713	19.100	0.508	-0.423	15.763	0.179
Thermie	-0.641	15.416	0.410	0.162	2.299	0.026
Distance.Dordogne	0.218	1.778	0.047	0.346	10.509	0.119
Accessibilité	-0.102	0.393	0.010	0.886	69.084	0.785

Annexe 6 : Contribution des variables pour l'ACP Bave

variables

	Dim.1	ctr	cos2	Dim.2	ctr	cos2
Distance.Dordogne	0.861	22.668	0.741	0.368	11.203	0.136
Densité	0.885	23.978	0.783	-0.158	2.073	0.025
Densité.0.	0.832	21.182	0.692	-0.394	12.812	0.155
Hydrologie	-0.788	19.015	0.621	-0.266	5.845	0.071
Température	-0.652	13.009	0.425	0.185	2.820	0.034
Accessibilité	0.069	0.147	0.005	0.889	65.248	0.791

Annexe 7 : Contribution des variables pour l'ACP Mamoul

variables

	Dim.1	ctr	cos2	Dim.2	ctr	cos2
Distance.Dordogne	0.633	11.520	0.401	0.645	29.099	0.416
Densité	0.893	22.904	0.798	0.312	6.805	0.097
Densité.0.	0.906	23.563	0.821	0.159	1.768	0.025
Hydrologie	-0.852	20.833	0.726	0.039	0.106	0.002
Température	-0.516	7.643	0.266	0.687	33.060	0.472
Accessibilité	-0.687	13.537	0.471	0.646	29.162	0.417

Annexe 8 : Planning des tâches

	Mai			Juin			Juillet			Juillet - Août			Août			
	Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4	Semaine 5	Semaine 6	Semaine 7	Semaine 8	Semaine 9	Semaine 10	Semaine 11	Semaine 12	Semaine 13	Semaine 14	Semaine 15	Semaine 16
Bibliographie																
Récolte des données (inventaires piscicoles sur le bassin versant de la Bave)																
Analyses statistiques																
Cartographie																
Rédaction																
Dossier à rédiger en parallèle																
Participations aux inventaires piscicoles (ou pêche de sauvetage)																
Autres (animations, inventaire bras morts)																
Lié au rapport de stage																
Autres missions																

Résumé

Entre 2013 et 2018, le bassin versant de la Bave (affluent de la Dordogne) a fait l'objet de travaux visant à restaurer la continuité piscicole (arasement de seuil ou l'installation de passes à poissons).

L'étude doit rendre compte de l'efficacité de ces travaux par l'analyse des données populationnelles de truites fario (*Salmo trutta*) récoltées par pêche électriques depuis 2013.

Le traitement des données a révélé une baisse de la densité de truite fario (TRF) et de truite fario juvéniles (TRF 0+) en 2018 malgré la réalisation des travaux. Celle-ci peut s'expliquer par l'implication de facteurs abiotiques :

- une hydrologie très importante au mois de février (lors de l'éclosion des œufs de truites) peut expliquer la densité très faible de TRF 0+.
- une thermie élevée sur la Bave aval et médiane peut en partie impacter les densités de TRF et de TRF 0+.

Les analyses statistiques n'ont pas permis de mettre en évidence les réels effets des travaux de restauration pour plusieurs raisons :

- ces effets sont occultés par l'effet des facteurs abiotiques cités précédemment
- un manque de recul par rapport à la date des derniers travaux.

Il est donc actuellement impossible d'évaluer l'efficacité des travaux de restauration de la continuité piscicole sur le bassin versant de la Bave avec les indicateurs retenus, sur la période étudiée.

Mots clefs

Bave / Mamoul - continuité piscicole - truite fario - hydrologie - thermie - statistiques - ACP