



*Etude scalimétrique du brochet (*Esox lucius*) à l'échelle du département de Meurthe-et-Moselle.*

Fédération de Meurthe-et-Moselle pour la Pêche
et la Protection des Milieux Aquatiques (FDAAPPMA 54)

Rédaction :

GASNE Guillaume (FDAAPPMA 54)

Contribution, relecture :

HUMBERT Amélie, HOKONIQUE Elsa, MEYNARD Nicolas (FDAAPPMA 54)

Citation de l'ouvrage :

GASNE Guillaume, Etude scalimétrique du brochet (*Esox lucius*) à l'échelle du département de Meurthe-et-Moselle. FDAAPPMA 54, 2024.

Table des matières

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | Introduction | 1 |
| 2 | Contexte et zone d'étude | 2 |
| 2.1 | Bassin hydrographique de la Moselle | 3 |
| 2.2 | Bassin hydrographique de la Meuse | 3 |
| 2.3 | Cas particulier : le lac de Pierre-Percée..... | 3 |
| 3 | Zoom sur l'espèce : le brochet (<i>Esox lucius</i>)..... | 2 |
| 3.1 | Biologie de l'espèce | 2 |
| 3.2 | Ecologie de l'espèce | 3 |
| 3.3 | Le brochet en Meurthe-et-Moselle..... | 4 |
| 4 | Matériels & méthodes..... | 5 |
| 4.1 | Présentation de la scalimétrie..... | 5 |
| 4.2 | Méthode de prélèvement des écailles sur le brochet | 6 |
| 4.3 | Réussite du plan d'échantillonnage : diversifier les moyens de communication | 6 |
| 4.4 | Lecture des écailles | 7 |
| 4.5 | Traitement et analyse des données : utilisation du Modèle Von Bertalanffy | 7 |
| 5 | Résultats | 9 |
| 5.1 | Distribution spatiale des données scalimétriques | 9 |
| 5.2 | Bilan synthétique des données scalimétriques..... | 11 |
| 6 | Discussion | 17 |
| 6.1 | Variabilité de la taille des individus du même âge au sein d'une même espèce | 17 |
| 6.2 | Comparaison des résultats avec d'autres études scalimétriques | 19 |
| 6.3 | Critique des données : | 20 |
| 7 | Conclusion | 21 |
| 8 | Bibliographie..... | 22 |
| 9 | Annexes | 23 |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure 1 : Linéaire des principaux cours d'eau de Meurthe-et-Moselle | 2 |
| Figure 2 : Photographie d'un brocheton / Source : L. Madelon | 2 |
| Figure 3 : Photographie d'un brochet / Source : L. Madelon | 2 |
| Figure 4 : Cycle de vie du brochet | 3 |
| Figure 5 : Carte des contextes du PDPG en Meurthe-et-Moselle / Source : E.HOKONIQUE 2021 | 4 |
| Figure 6 : Photographie d'une écaille de brochet à la loupe binoculaire / Source : FDAAPPMA 54..... | 5 |
| Figure 7 : zone de prélèvement d'écailles sur un brochet | 6 |
| Figure 8 : Matériel utilisé pour le nettoyage et la lecture des écailles..... | 7 |
| Figure 9 : Cartographie des échantillons compris dans l'étude scalimétrique | 9 |
| Figure 10 : Répartition des individus en fonction de leur relation taille/âge..... | 11 |
| Figure 11 : Courbe de croissance des brochets en Meurthe-et-Moselle..... | 12 |
| Figure 12 : courbes de croissance des brochets pris en plans d'eau et en cours d'eau..... | 14 |
| Figure 13 : Comparaison des valeurs de croissance des brochets pris en Moselle et des brochets pris sur le Madon..... | 15 |
| Figure 14 : Courbe de croissance des brochets sur le lac de Pierre-Percée..... | 16 |
| Figure 15 : Graphique comparatif des croissances atteintes par les brochets sur les études en Meuse, Meurthe-et-Moselle et en Moselle | 19 |

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1 : Tableau de calcul de l'âge des brochets..... | 8 |
| Tableau 2 : Nombre d'échantillons par bassins versant et les différents types de masses d'eau | 10 |
| Tableau 3 : Résultat du test de puissance sur l'échantillon..... | 10 |
| Tableau 4 : Taille théorique atteinte par les brochets de 1 à 3 ans en Meurthe-et-Moselle... | 12 |
| Tableau 5 : Pourcentage d'individus prélevés en fonction de la TLC | 13 |

REMERCIEMENTS

Cette étude scalimétrique repose en grande partie sur l'implication des pêcheurs, dont la collaboration et l'engagement ont été déterminants pour le succès de cette étude. Ils ont répondu présents tout au long de l'année 2024 mais également depuis 2015, date du 1^{er} prélèvement. Je souhaite donc exprimer ma sincère gratitude à l'ensemble des pêcheurs ayant fournis des échantillons :

- | | | |
|-----------------------|--------------------|----------------------|
| - AUBERT Denis | - DASILVA Agostino | - NAGIEL Antoine |
| - BARBE Jean-François | - DEZARDI Anthony | - PIQUE Kameron |
| - BEAULATON Robin | - DUHOUX Gilles | - POMMERET Pierre |
| - BECHLER Axel | - FOLMER Morgan | - PREVOT Patrick |
| - BELCOLIN Didier | - GAND Joel | - REMY Geoffrey |
| - BOUVIN Vincent | - GERARD Boris | - RENARD Franck |
| - BRYSK Francis | - GUYOT David | - REVEILLE Vianney |
| - CANEL Régis | - LACROIX Thierry | - ROSATI Gilles |
| - COLLARD Jean- Paul | - MARCHAL Alain | - VALENTIN Guillaume |
| - CROUZIER Adrien | - MEYNARD Nicolas | - WEINLAND Philippe |

Je remercie également Manon, Josselin, Michael, Michel et Simon membres de l'association « les Amis du Bel Etang » qui ont également fourni des échantillons d'écailles.

En complément des pêcheurs, je tiens à remercier également les membres du conseil d'administration pour le temps qu'ils ont pris pour la communication auprès des pêcheurs, la distribution de kits d'échantillonnage et les prélèvements d'écailles pendant leurs sessions de pêches.

Mention spéciale à Michel AUBRY, garde pêche particulier sur le lac de Pierre-Percée, sans qui les prélèvements auraient été beaucoup moins important sur ce site.

De la même manière, je tiens à adresser mes remerciements à Sébastien MOREL et Eric VINCENT, guides de pêche, pour leurs réactivités lors de nos échanges électroniques et qui se sont rendus disponibles pour prélever des écailles lors de leurs guidages.

Mes remerciements vont également à Sarah LAQUAZ, chargée de missions milieux aquatiques à la FDAAPPMA 57, qui m'a communiqué les résultats de leurs prélèvements sur les rivières interdépartementales (Moselle, Seille) afin d'avoir l'étude la plus complète possible.

Pour terminer, je remercie mes collègues, qui ont pris le temps de prélever des écailles lors des pêches d'inventaires, ou distribuer des kits de prélèvements lors de leurs journées sur le terrain avec des AAPPMA.

1 Introduction

Pour donner suite à l'arrêté préfectoral de 2019 ayant eu pour effet d'augmenter la taille légale de capture (TLC) de 50 cm à 60 cm pour le brochet (*Esox lucius*) en Meurthe-et-Moselle, la Direction Départementale des Territoires (DDT) a demandé à la FDAAPPMA 54 de démontrer que cette modification réglementaire permet de mieux protéger les futurs géniteurs de cette espèce. La Fédération a donc décidé de réaliser une étude scalimétrique dont les résultats sont présentés dans ce document.

Le brochet est l'espèce piscicole se situant au sommet du réseau trophique dans nos cours d'eau (Vallières et Fortin ; 1988). Cette espèce est considérée comme une espèce « parapluie », cela signifie que la protection de ses individus et de son milieu de vie est favorable à de nombreuses autres espèces, animales comme végétales. Le bon état des populations de brochet est donc vital pour le bon fonctionnement des systèmes aquatiques.

Ce poisson bénéficie d'un fort intérêt halieutique, il est énormément recherché dans la pêche sportive (Bruslé et al ; 2013). L'évolution de la TLC vise à protéger les géniteurs et diminuer l'impact potentiel des prélèvements par les pêcheurs sur des poissons n'ayant pas accompli au moins une fois leur cycle de reproduction. Chez le brochet, la maturité sexuelle est atteinte entre 1 et 2 ans pour les mâles et entre 2 et 3 ans pour les femelles (Bruslé et al ; 2013 & Keith et al ; 2020). L'objectif est de connaître la taille atteinte par cette espèce au bout de 3 ans sur le département de Meurthe-et-Moselle. Cela permettra de protéger une grande partie des géniteurs (mâles + femelles) sur les cours d'eau Meurthe-et-Mosellan.

Pour déterminer si un maintien de la TLC à 60 cm permet de protéger un plus grand nombre de géniteurs chez le brochet, la scalimétrie a été choisie. C'est la méthode la moins intrusive pour le poisson mais également la plus simple à mettre en œuvre pour faire participer les pêcheurs (facilité de prélèvement) et ainsi obtenir un plus grand nombre de données. Cette méthode permet, à partir des écailles, de déterminer l'âge des poissons inventoriés et faire une corrélation taille/âge des individus.

Ce rapport s'articulera en plusieurs parties, tout d'abord, la définition du contexte et la délimitation de la zone d'étude, avec une description détaillée de l'espèce étudiée. Le plan d'échantillonnage sera décrit ainsi que les différentes méthodes de traitement et d'analyses des données. Ensuite, les résultats seront présentés sous la forme de graphiques, puis discutés pour répondre à la problématique suivante : le maintien de la TLC à 60 cm permet-il de mieux protéger les populations de brochets sur les cours d'eau de Meurthe-et-Moselle ?

2 Contexte et zone d'étude

La zone d'étude englobe l'intégralité des rivières du département de Meurthe-et-Moselle afin de produire une analyse représentative de la croissance du brochet à un niveau départemental. Rappelons que l'objectif principal de cette étude est de montrer l'intérêt du maintien de la TLC à 60 cm pour la protection des populations de brochet en Meurthe-et-Moselle. Afin d'avoir des données supplémentaires et parce que les conditions mésologiques sont similaires, il a été décidé de prendre en compte également les individus sur les rivières interdépartementales (Moselle, Othain, Seille...) prélevés dans les départements limitrophes (Meuse et Moselle).

Pour commencer il est important de présenter les 2 bassins hydrographiques étudiés, puis nous parlerons du cas particulier du lac de Pierre-Percée. La carte ci-dessous représente les cours d'eau principaux sur le département de Meurthe-et-Moselle (Figure 1).

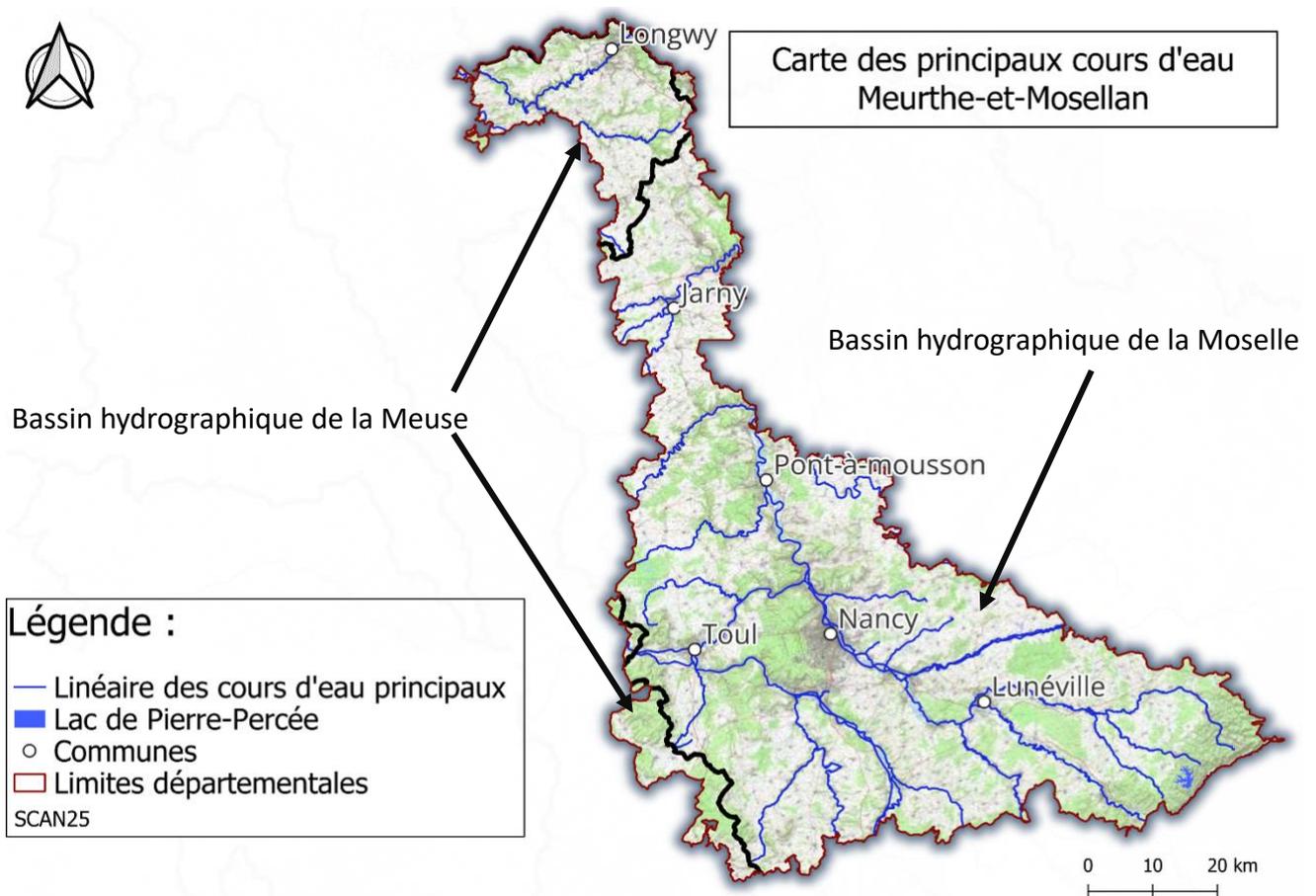


Figure 1 : Linéaire des principaux cours d'eau de Meurthe-et-Moselle

2.1 Bassin hydrographique de la Moselle

Le bassin hydrographique de la Moselle constitue une part prépondérante du département de Meurthe-et-Moselle, englobant 85 % de sa surface. La majorité des cours d'eaux du département sont des affluents directs ou indirects qui finissent par rejoindre la Moselle. En raison des conditions mésologiques qui sont pratiquement similaires entre les différents cours d'eau, et le fait que les populations de brochets sur chaque cours d'eau peuvent interagir entre-elles, on peut considérer que la croissance des brochets est significativement la même sur l'intégralité du bassin hydrographique de la Moselle.

Les principaux cours d'eaux ayant comme espèce repère le brochet sur la totalité ou une partie de leur linéaire sont les suivants :

- La Moselle
- La Meurthe
- Le Madon
- La Mortagne
- L'Orne
- La Vezouze
- La Seille

2.2 Bassin hydrographique de la Meuse

Le bassin hydrographique de la Meuse représente 15 % de la surface du département de Meurthe-et-Moselle. Cela représente une minorité de cours d'eau sur la surface du département. De plus, la plupart des cours d'eau sur le bassin hydrographique de la Meuse en Meurthe-et-Moselle sont des cours d'eau de 1^{ère} catégorie piscicole avec pour espèce repère, la truite commune (*Salmo trutta*). Même si le bassin hydrographique est différent, il faut préciser que les conditions mésologiques sont similaires aux bassins hydrographiques de la Moselle, donc on peut envisager que la croissance des brochets est relativement similaire.

Les principaux cours d'eaux sur le bassin hydrographique de la Meuse en 2^{ème} catégorie piscicole sont les suivants :

- L'Othain
- La Chiers

2.3 Cas particulier : le lac de Pierre-Percée

Le lac de Pierre-Percée, situé au sud-est du département, est une retenue d'eau artificielle localisée dans un bassin forestier dominé par les conifères. Il est situé sur le ruisseau du Vieux pré sur lequel un barrage a été construit en bordure de la vallée de la Plaine entre 1981 et 1985. Le barrage a été érigé afin de répondre à deux objectifs : d'une part, pour soutenir le débit de la Meurthe en période d'étiage estival, et d'autre part, pour compenser les prélèvements d'eau effectués pour les besoins de la centrale nucléaire de Cattenom et garantir ainsi un débit minimum à la Moselle au Luxembourg. Le lac présente une surface de plus de 300 Ha et une profondeur pouvant avoisiner les 70 mètres au point le plus profond. Etant donné les caractéristiques particulières de ce lac, il sera intéressant de comparer les données entre les brochets du lac et ceux des autres masses d'eau.

En effet, le lac de Pierre-Percée est un lac de barrage avec un marnage important, des eaux plutôt fraîches par rapport aux autres plans d'eau du département, la faune aquatique est également spécifique avec notamment la présence du corégone (*Coregonus lavaretus*).

3 Zoom sur l'espèce : le brochet (*Esox lucius*)

3.1 Biologie de l'espèce

Le brochet possède un corps allongé et fusiforme avec une nageoire dorsale reculée, qui est en opposition avec sa nageoire anale. Son museau est large et aplati, les plus gros individus mesurent jusqu'à 140cm pour un poids équivalent de 15 kilos (Chancerel et al. ; 2003).



Figure 3 : Photographie d'un brochet / Source : L. Madelon



Figure 2 : Photographie d'un brocheton / Source : L. Madelon

Sa robe peut être variable en fonction de son environnement mais les critères principaux sont une robe composée de bandes vert foncé et claires sur le dos et ses flancs. Le ventre varie du blanc au jaunâtre. Concernant son régime alimentaire, c'est un poisson strictement carnivore, il est majoritairement ichthyophage (au 1er stade de développement, il se nourrit principalement de plancton et d'invertébrés), même s'il peut s'attaquer à des amphibiens ou encore des oisillons. Il pratique également le cannibalisme sur ses congénères de plus petite taille (Bruslé et al ; 2013).

Espèce phytophile, le brochet pond exclusivement sur de la végétation, de préférence les graminées ainsi que les hélophytes (Chancerel ; 2003). Il se reproduit dans les zones annexes de la rivière comme les bras morts ou les plaines inondables lors des crues hivernales. La période de reproduction se déroule généralement en fin d'hiver entre fin février et début mars, lorsque les eaux sont entre 7 et 12°C (Keith et al ; 2020).

La femelle peut pondre de 3 000 à 600 000 œufs en fonction de son poids, un brochet d'1 kilo peut pondre jusqu'à 30 000 œufs. Les œufs, d'un diamètre d'un millimètre, sont d'une couleur orangée.

Les zones de reproduction préférentielles doivent avoir une profondeur qui varie entre 20cm et 100cm, ensoleillées, avec un niveau qui reste stable jusqu'à l'éclosion des œufs. L'incubation des œufs dure 120°/jours. Pour illustrer cette valeur, cela signifie que pour une eau à 10°C, il faudra 12 jours pour que les œufs éclosent. Lors de l'éclosion, les alevins possèdent un sac vitellin qui mettra encore 180°/jours à se résorber entièrement (Chancerel et al ; 2003).

La croissance des jeunes est rapide, surtout lors de leur 1ère année de développement, ils peuvent atteindre jusqu'à 30 cm de long. En termes de maturité sexuelle, les mâles l'atteignent entre 1 et 2 ans et les femelles au bout de 2 à 3 ans.

3.2 Écologie de l'espèce

Le brochet est un poisson holobiotique, il effectue une migration potamique ce qui signifie que lors de sa migration, il reste exclusivement en eau douce. C'est une espèce que l'on retrouve en milieu courant (rivière et fleuve) mais également en milieu lacustre. L'habitat préférentiel de cette espèce est caractérisé par une eau claire, avec un couvert végétal assez dense. Il apprécie également les zones de hauts fonds dans les milieux lenticques comme les lacs ou les étangs.

Cette espèce est peu exigeante vis-à-vis de la température (espèce eurytherme) mais également en termes d'oxygène dissous (jusqu'à 0,3 mg/l en période hivernale). A contrario, c'est une espèce beaucoup plus sensible à la qualité de son habitat, par exemple l'incision des rivières déconnecte ses zones de reproduction comme les annexes hydrauliques ou les plaines inondables, empêchant le brochet d'effectuer la totalité de son cycle de vie (Bruslé et al ; 2013).

Selon les préférentiels théoriques de cette espèce, comme la zonation de Huet, on retrouve le brochet généralement dans la zone à barbeau, mais on peut également le retrouver dans les parties aval de la zone à ombre ou encore dans la zone à brème, dans certaines zones géographiques comme la mer Baltique, on peut le retrouver dans des zones saumâtres. Avec la biotypologie de Verneaux son optimum se trouve à B8 ce qui correspond aux grands cours d'eaux de plaine, mais il peut être retrouvé de B6 (rivières fraîches) à B9 (bras mort, noues, grands cours d'eau lents et chauds).

Le schéma ci-dessous permet d'illustrer les habitats utilisés par le brochet lors de ces différents stades de développement (Keith et al ; 2020), (Bruslé et al ; 2013) :

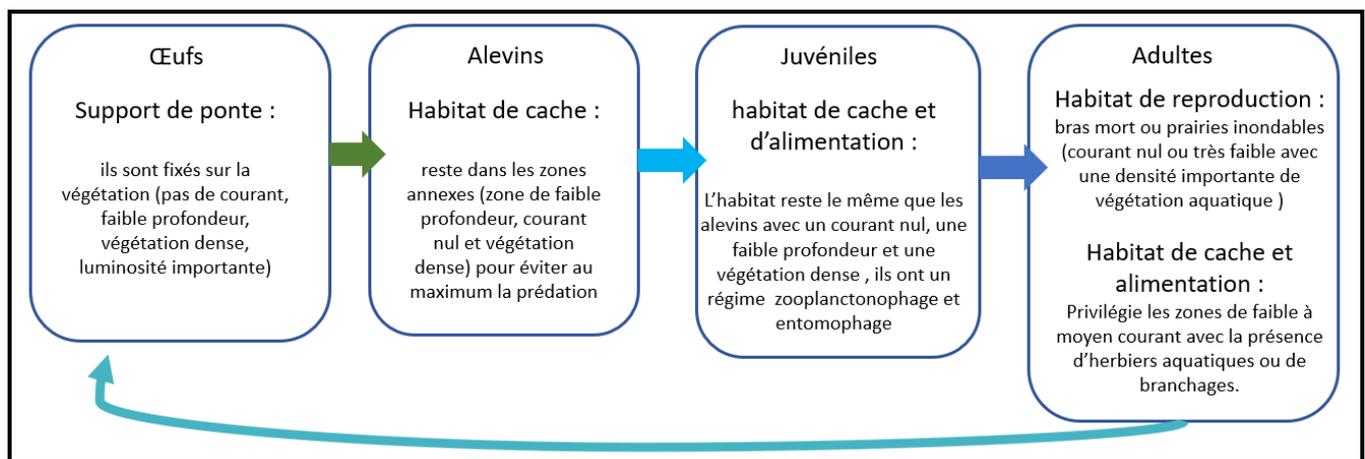


Figure 4 : Cycle de vie du brochet

3.3 Le brochet en Meurthe-et-Moselle

Au sein de la Fédération de Meurthe et Moselle pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (FDAAPPMA 54), le Plan Départemental pour la Protection et la Gestion des ressources piscicoles (PDPG) a été publié en 2021. Ce document est un outil de planification et de gestion pour les milieux aquatiques. Il vise à identifier les problèmes et à proposer des solutions en termes de gestion pour favoriser le développement naturel des peuplements piscicoles.

Sur l'ensemble du département, 36 contextes ont été défini dans le cadre du PDPG. Ces contextes sont délimités selon les masses d'eau de la directive cadre sur l'eau (DCE) et les tronçons morphologiquement homogènes déterminés par l'outil SYRAH-CE (Système Relationnel d'Audit de l'hydromorphologie des Cours d'Eaux).

Sur ces 36 contextes, 10 d'entre eux ont comme espèce repère le brochet. Seuls 4 présentent des contextes peu perturbés ou conformes, où l'espèce repère accomplit son cycle de vie. Sur les autres contextes, son cycle de vie est réalisable mais de manière moins systématique. La carte ci-dessous permet de visualiser la localisation des différents contextes sur le département.

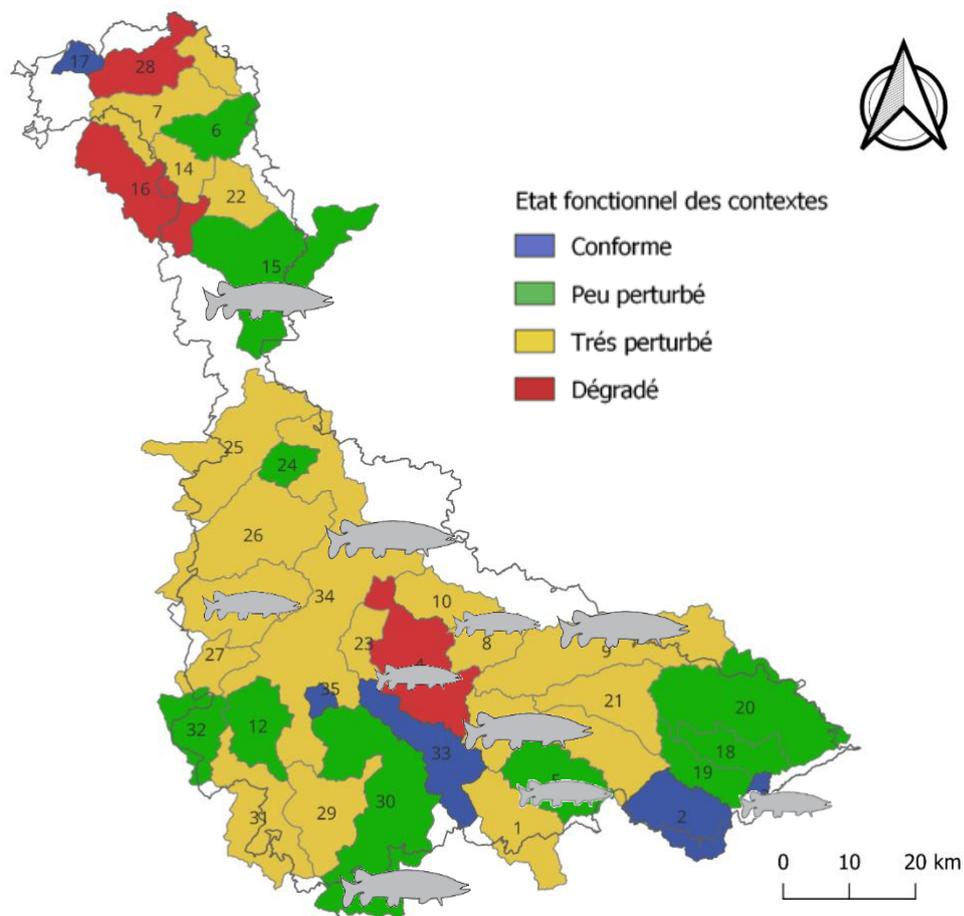


Figure 5 : Carte des contextes du PDPG en Meurthe-et-Moselle / Source : E.HOKONIQUE 2021

Dans le but d'améliorer l'état fonctionnel des contextes pour le brochet, la FDAAPPMA 54 réalise depuis une dizaine d'années des projets de restauration d'annexes hydrauliques. L'objectif de ces projets est de fournir des sites de reproduction favorables à cette espèce, sur des tronçons de cours d'eau peu fonctionnels.

4 Matériels & méthodes

4.1 Présentation de la scalimétrie

Chez les poissons, la scalimétrie est l'étude de leurs écailles. La croissance des poissons est continue durant l'intégralité de leur vie (Frost & Kipling ; 1967). Sur les écailles, il est possible de déterminer les variations annuelles de croissance qui sont dues à l'alternance des saisons, en hiver la croissance sera lente (stries serrées) et en été la croissance sera plus rapide (stries espacées). La croissance est également plus ou moins rapide selon l'âge du poisson. En effet chez le brochet, la croissance est très rapide pendant la 1^{ère} année de développement allant jusqu'à 30 cm pour certains individus. Elle ralentit ensuite progressivement jusqu'à atteindre une croissance lente, de quelques centimètres par an, pour des individus d'une dizaine d'années (Chancerel et al ; 2003).

La fraie précoce (de mi-février à mi-avril) et la croissance rapide des juvéniles permet à l'espèce d'atteindre des tailles suffisantes pour capturer les alevins de cyprinidés à la fin du printemps.

Grâce à ces variations intra-annuelles, il est possible de déterminer l'âge d'un poisson à partir de ses écailles puis de corréliser cet âge avec sa taille en fonction de celle-ci. En effet déterminer l'âge d'un individu à partir de ses écailles, consiste à dénombrer le nombre d'hivers qu'a vécu le poisson au cours de sa vie, en repérant les anneaux caractéristiques, appelé aussi annuli (Figure 6).

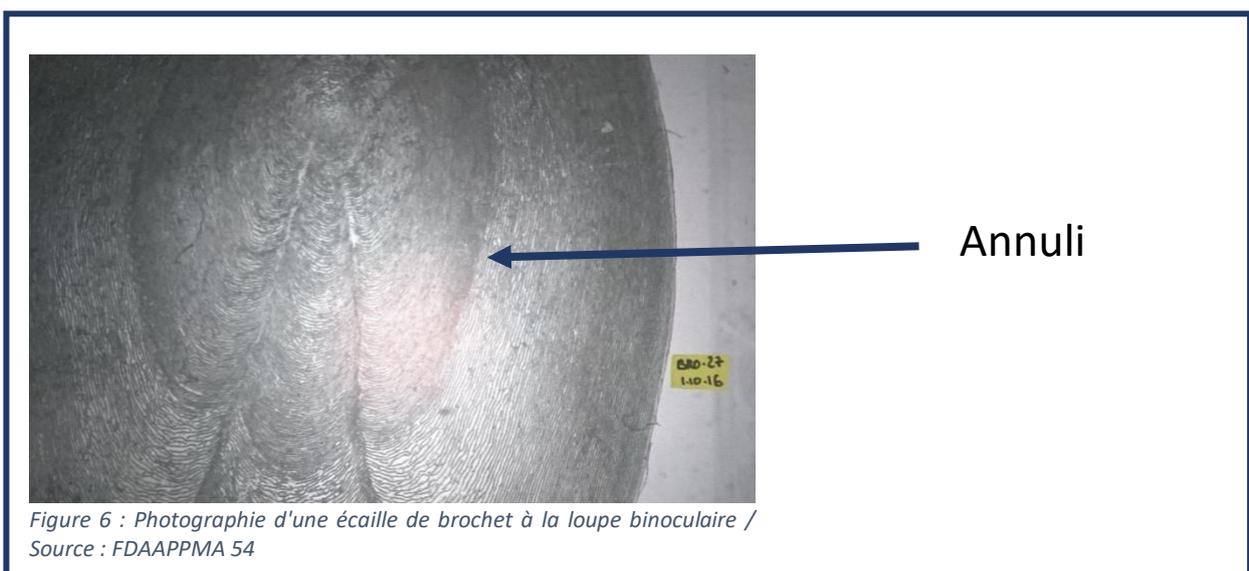


Figure 6 : Photographie d'une écaille de brochet à la loupe binoculaire /
Source : FDAAPPMA 54

4.2 Méthode de prélèvement des écailles sur le brochet

Selon l'espèce concernée, la zone de prélèvement des écailles est différente (lisibilité des écailles). Pour le brochet, elles doivent être prélevées sur la partie postérieure de l'individu, juste avant la nageoire dorsale et au-dessus de la ligne latérale. Le schéma ci-dessous permet de visualiser la zone de prélèvement :

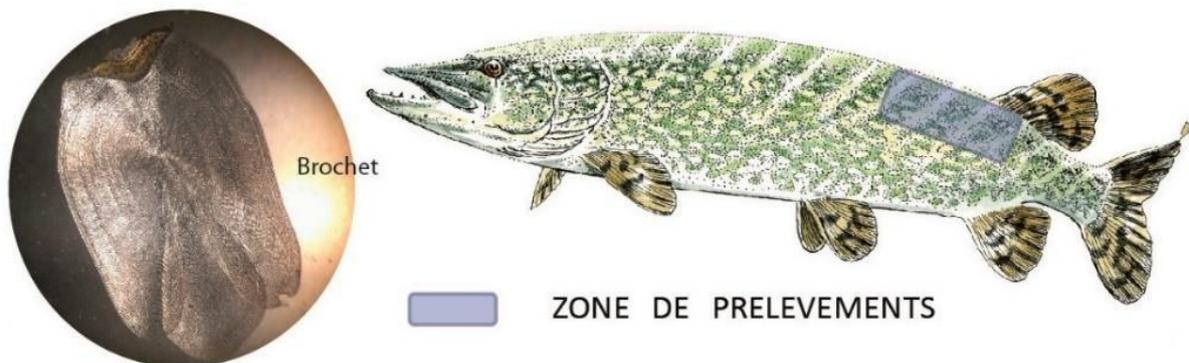


Figure 7 : zone de prélèvement d'écailles sur un brochet

4.3 Réussite du plan d'échantillonnage : diversifier les moyens de communication

Étant donné que l'étude porte sur une zone d'étude très étendue, il paraissait important de faire participer le maximum de personnes, afin de récolter un maximum d'échantillons.

Pour ce faire, plusieurs moyens de communication ont été utilisés pour collecter des écailles :

- Contribution des pêcheurs volontaires : une fiche méthodologique a été mise à disposition des pêcheurs voulant participer à l'étude. Elle reprend le contexte de la démarche ainsi que les étapes à suivre pour prélever et conserver les écailles. Cette fiche méthodologique est disponible en annexe (Annexe 1).
- Contribution des guides de pêche locaux : la fiche méthodologique leur a été fournie ainsi que des kits de prélèvement. Ils sont composés d'un sachet hermétique, d'une pince et plusieurs enveloppes (1 enveloppe correspond à 1 individu).
- Pêches électriques d'inventaire ou de sauvetage réalisées par la FDAAPPMA 54 ou 57 : elles ont permis de comptabiliser les juvéniles de l'année dans l'étude, et ainsi obtenir une courbe de croissance plus précise, en adéquation avec les dynamiques de croissance de l'espèce.

4.5.1 Détermination de l'âge en nombre de jours

4.5.1.1 Intérêt de l'âge en nombre de jours

Des individus ont été pêchés tout le long de l'année. Leur croissance n'étant pas linéaire, pour éliminer le biais lié à la date de capture, l'âge des individus a été converti d'années en nombre de jours.

4.5.1.2 Méthodologie pour le calcul de conversion

Pour déterminer l'âge en nombre de jours, il est important de fixer une date théorique d'éclosion. Elle permettra de déterminer avec précision l'âge des individus. Elle a été choisie en mettant en relation deux paramètres :

- Les exigences thermiques de cette espèce (début de la fraie et développement des œufs dépendants de la température),
- La température moyenne de l'eau au sein des bassins hydrographiques de la Moselle et de la Meuse.

La fraie du brochet débute lorsque l'eau atteint une température entre 7 et 12°C. A partir du moment où les œufs sont pondus, il faut 120°C/jour pour qu'ils éclosent.

Les stations de mesures de la température de l'eau sont issues du projet TIGRE mené par l'INRAE. Quatorze stations ont été prises en compte pour déterminer la date théorique d'éclosion. Elles sont situées sur les bassins hydrographiques de la Moselle et de la Meuse. En prenant en compte le jour où l'eau atteint 10°C sur ces stations, la date théorique de ponte est le 30 mars. En ajoutant le nombre de jours nécessaires à leur éclosion, dans une eau à la même température, **la date théorique d'éclosion est le 11 avril.**

Une formule est ensuite nécessaire pour convertir l'âge en nombre d'années en âge en nombre de jours :

$$\text{Age du poisson (en nombre de jours après éclosion)} = 365 \times (N) + J$$

Avec :

N = Nombre d'années déterminées par la scalimétrie

J = Nombre de jours de différences entre le 11 avril et le jour de la capture

Lorsque l'âge est déterminé en nombre de jours grâce à la méthode ci-dessus, il est ensuite converti en une valeur numérique représentant l'âge réel du poisson. Le tableau ci-dessous illustre ce propos (tableau 1).

| date de capture | ID | âge (années) | age en nombre de jours (365*N)+J | nombre de jours entre 11/04 et la date de capture | âge (valeur numérique) |
|-----------------|--------|--------------|----------------------------------|---|------------------------|
| 01/09/2016 | BRO_01 | 1 | 508 | 143 | 1.39 |
| 21/05/2017 | BRO_44 | 2 | 770 | 40 | 2.11 |
| 06/03/2024 | BRO_94 | 1 | 695 | 330 | 1.90 |

Tableau 1 : Tableau de calcul de l'âge des brochets

5 Résultats

5.1 Distribution spatiale des données scalimétriques

Au cours de l'étude, 312 prélèvements d'écaillés ont été réalisés, seuls 12 n'ont pas été pris en compte faute de renseignement sur la date de capture. La répartition des prélèvements est représentée sur la carte ci-dessous :

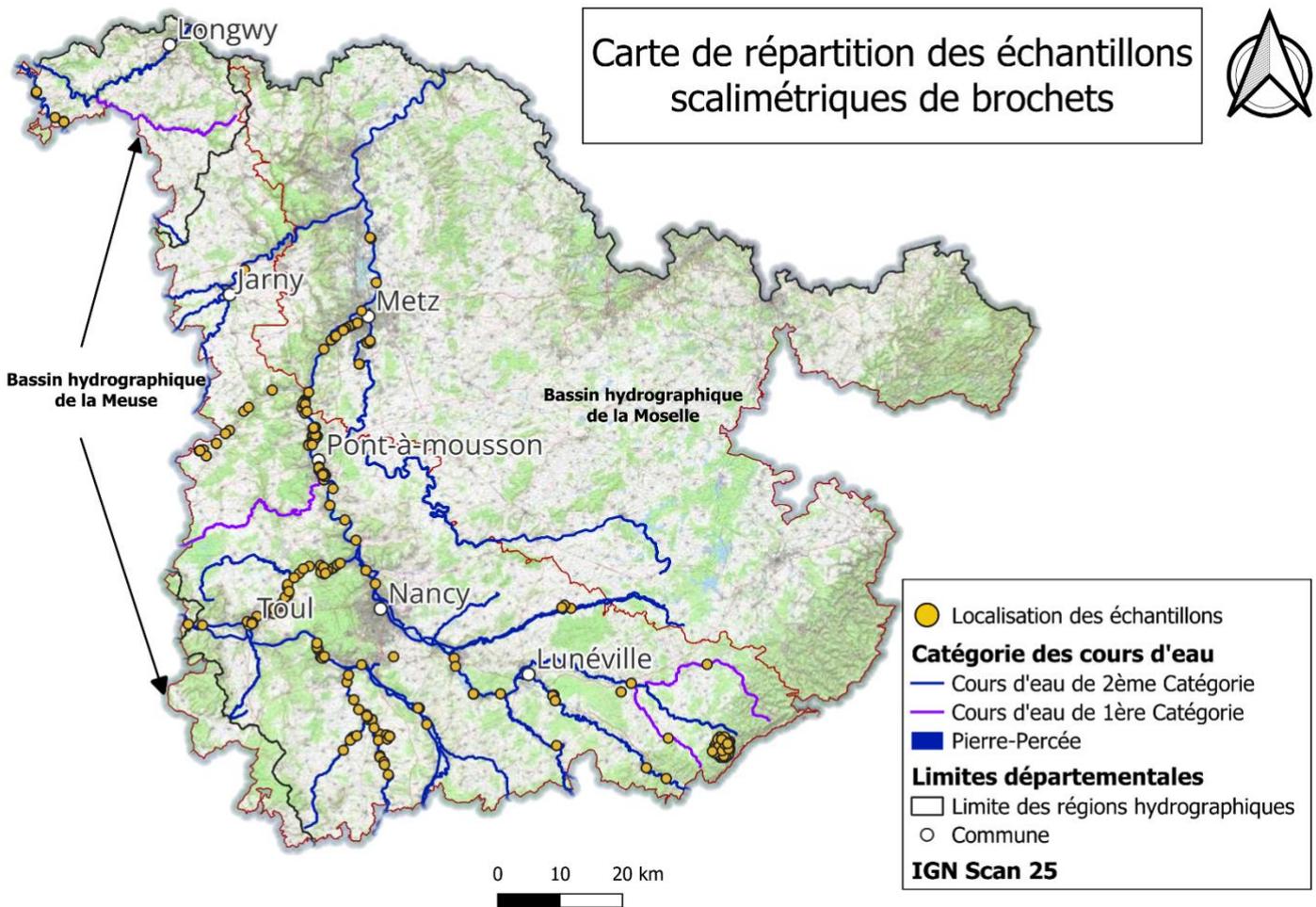


Figure 9 : Cartographie des échantillons compris dans l'étude scalimétrique

La mise en œuvre des moyens de communication, complétée par des pêches d'inventaire, a permis d'obtenir un échantillonnage représentatif, avec au moins un échantillon par masse d'eau. Quelques disparités sont observées en fonction des différents cours d'eau.

Le tableau ci-dessous permet de visualiser précisément le nombre d'échantillons et leur localisation (Tableau 2).

| Masse d'eau | nombre de prélèvements |
|--------------------------|------------------------|
| Moselle | 71 |
| plans d'eau | 62 |
| Pierre-Percée | 53 |
| Madon et affluents | 42 |
| Canaux | 16 |
| Meurthe | 13 |
| Othain | 13 |
| Rupt de Mad et affluents | 11 |
| Seille | 10 |
| Vezouze | 5 |
| Orne | 2 |
| Mortagne | 1 |
| Verdurette | 1 |

Tableau 2 : Nombre d'échantillons par bassins versant et les différents types de masses d'eau

Afin de connaître la robustesse des données, une analyse de puissance est effectuée sur l'échantillon. Ce test statistique permet de savoir si un échantillon de données est suffisant pour détecter une relation significative entre 2 variables. Dans notre cas, les variables sont l'âge et la taille. On considère que la puissance est suffisante lorsque celle-ci est égale ou supérieure à 0,80 (Cohen et al ; 1988).

Suite à la réalisation de ce test statistique avec les données de l'étude, la puissance est égale à 0,99. Ce résultat signifie que la taille de l'échantillon est largement suffisante pour détecter une relation significative entre la taille et l'âge des brochets.

| variable explicative | degré de liberté | taille de l'effet | niveau de significativité | Résultat du test de puissance |
|----------------------|------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------------|
| 1 | 298 | 0.15 | 0.05 | 0.9999989 |

Tableau 3 : Résultat du test de puissance sur l'échantillon

5.2 Bilan synthétique des données scalimétriques

5.2.1 Répartition taille/âge des échantillons d'écailles

Le graphique ci-dessous permet de visualiser l'ensemble des données prises en compte au sein de l'étude (Figure 10).

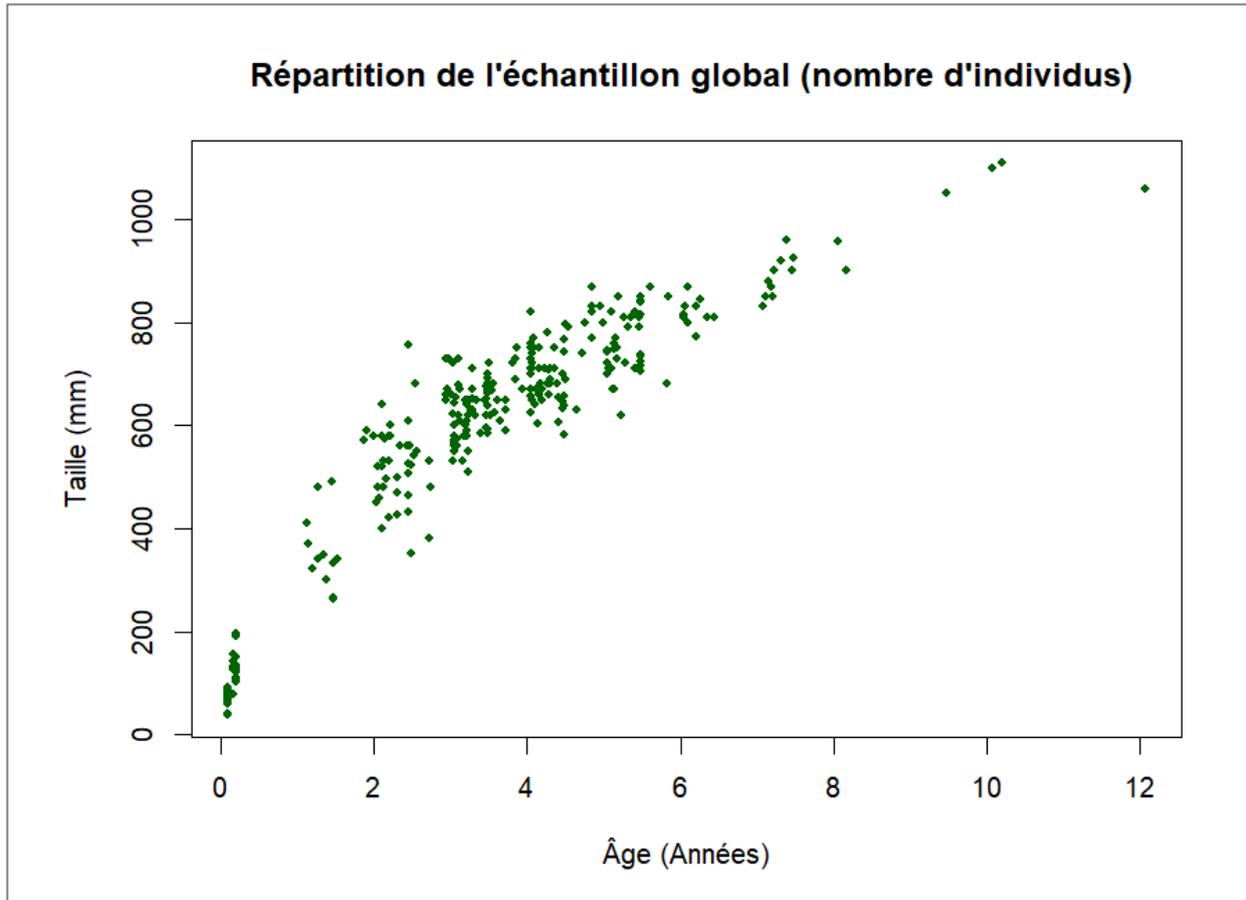


Figure 10 : Répartition des individus en fonction de leur relation taille/âge

Au sein de l'échantillon, l'individu le plus vieux est âgé de 12 ans et plusieurs juvéniles de l'année ont été comptabilisés dans l'étude afin d'avoir par la suite, la courbe de croissance la plus juste possible.

Le graphique permet de visualiser la représentativité des classes d'âge sur l'échantillon. En effet, on peut facilement se rendre compte du nombre faible d'individus de plus de huit ans (2% de l'échantillon), contrairement aux individus entre 2 et 6 ans qui représentent la grande majorité de notre échantillon (78% de l'échantillon). Les individus ayant moins de 1 an (0+), représentent 16% de l'échantillon. Ces poissons sont exclusivement issus des pêches d'inventaires sur les frayères à brochet réalisées par la FDAAPPMA 54.

5.2.2 Courbe de croissance des brochets en Meurthe-et-Moselle

A partir des données scalimétriques, le modèle Von Bertalanffy a permis d'établir la courbe de croissance ci-dessous (Figure 11).

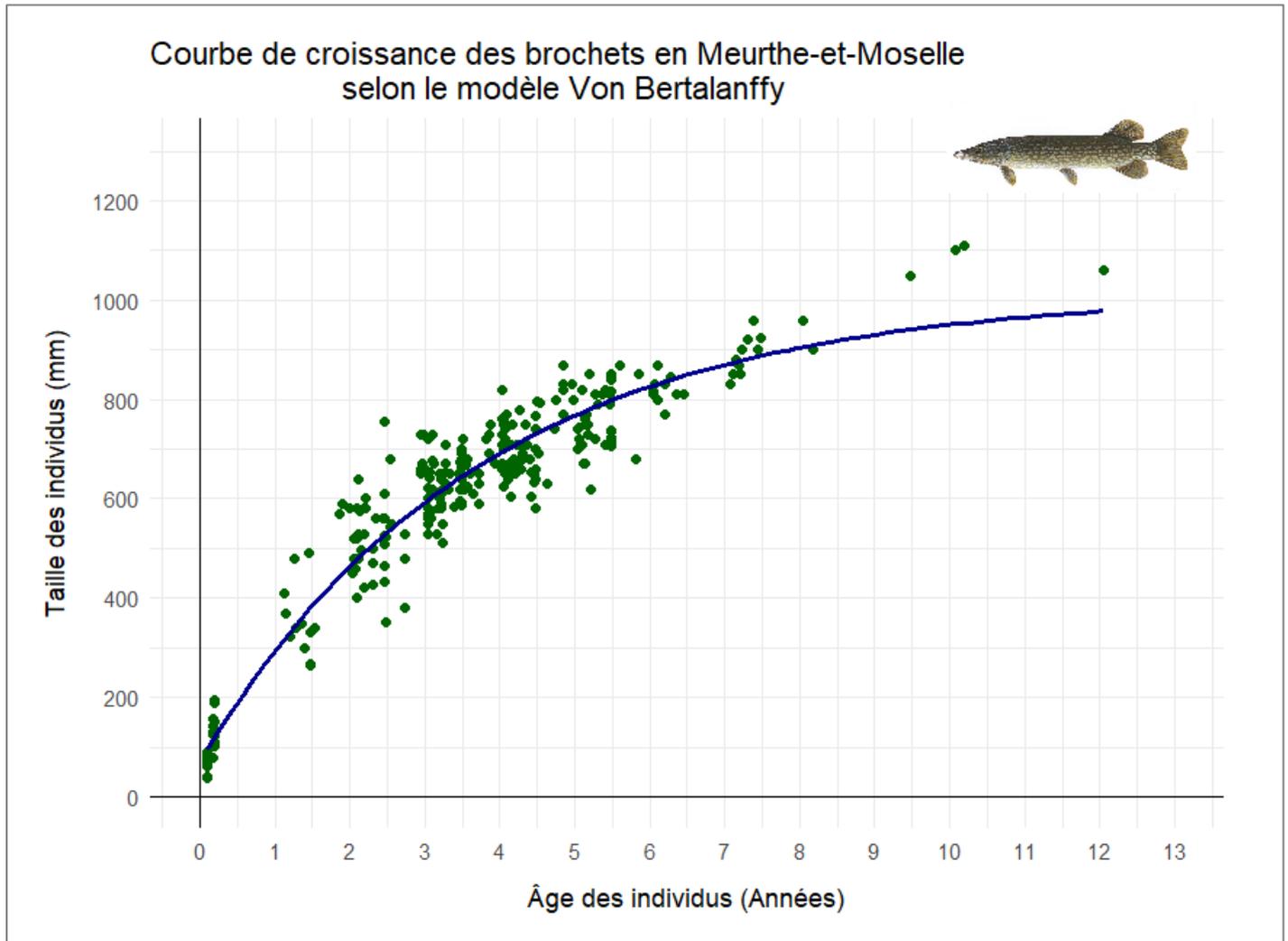


Figure 11 : Courbe de croissance des brochets en Meurthe-et-Moselle

La courbe de croissance permet de déterminer la taille atteinte par un brochet en fonction de son âge. Pour rappel, la maturité sexuelle chez cette espèce est atteinte entre un et trois ans (Chancerel et al ; 2003). Le tableau ci-dessous indique les différentes tailles théoriques atteintes par les brochets âgés d'un à trois ans.

| Âge | Taille théorique (mm) |
|-------|-----------------------|
| 3 ans | 592 |
| 2 ans | 462 |
| 1 an | 292 |

Tableau 4 : Taille théorique atteinte par les brochets de 1 à 3 ans en Meurthe-et-Moselle

La valeur à mettre en parallèle avec la taille légale de capture est la taille théorique atteinte par un brochet au bout de trois ans car c'est la valeur maximale de la maturité sexuelle chez cette espèce. Pour rappel, la mise en place d'une taille légale de capture a pour objectif d'éviter un prélèvement sur un individu n'ayant pas atteint sa maturité sexuelle.

Actuellement de la taille légale de capture est fixée à 60cm, cette valeur est très similaire à la taille atteinte par un brochet au bout de 3 ans (59,2cm). Cette donnée montre que la taille légale de capture à 60 cm est adaptée à la croissance des brochets en Meurthe-et-Moselle.

Au sein de l'échantillon, les individus âgés de 1 à 3 ans ont été isolés afin d'analyser la proportion de poissons qui seraient susceptibles d'être prélevés avant la réalisation de leur cycle de reproduction par des pêcheurs, avec une TLC fixée à 60 cm et une TLC fixée à 50 cm.

| Taille légale de capture | % de brochets qui sont prélevables avant d'avoir potentiellement réalisé au moins 1 fois leur cycle de reproduction |
|--------------------------|---|
| 60cm | 46.60% |
| 50cm | 79.40% |

Tableau 5 : Pourcentage d'individus prélevés en fonction de la TLC

Le résultat laisse peu de place à l'ambiguïté, le retour de la TLC à 50 cm ne serait pas en adéquation avec la biologie de l'espèce. En effet, 80% des individus sont potentiellement prélevables sans avoir pu réaliser leur cycle biologique. Le maintien de la TLC à 60 cm, permet de limiter l'impact potentiel des prélèvements avec seulement 46,6% de poissons prélevables. Cette valeur est en adéquation avec la taille théorique atteinte par les brochets au bout de 3 ans (59,2cm). Mais ce pourcentage reste élevé car la variabilité de la taille des individus chez le brochet est importante et s'explique par des conditions propres à chaque milieu où les individus ont été échantillonnés lors de cette étude.

Le maintien de la TLC à 60cm permet de protéger les brochets de 3 ans, correspondant aux poissons ayant atteint leur maturité sexuelle. Une TLC à 50 cm permettrait de protéger seulement les individus âgés de 2 ans, ce qui ne permet pas à la majorité des individus d'atteindre leur maturité sexuelle.

5.2.3 Comparaison des courbes de croissances entre plans d'eau et cours d'eau

L'échantillon est composé de 300 individus provenant de divers cours d'eau et plans d'eau du département. Il est intéressant tant les milieux peuvent être différents (vitesse du courant, température...), de voir si une différence de croissance est observable. Le graphique ci-dessous permet de visualiser la croissance des poissons prélevés en plan d'eau (courbe bleue) et ceux en cours d'eau (courbe jaune).

Le nombre d'individus par type de masse d'eau est décrit ci-dessous :

- Brochets pris en plans d'eau : 112 individus.
- Brochets pris en cours d'eau : 188 individus.

Le nombre d'individus est suffisant pour créer des courbes à part entière, mais au vu de la variabilité des échantillons (répartition des classes d'âges...), il est important de rester prudent quant à l'interprétation des valeurs.

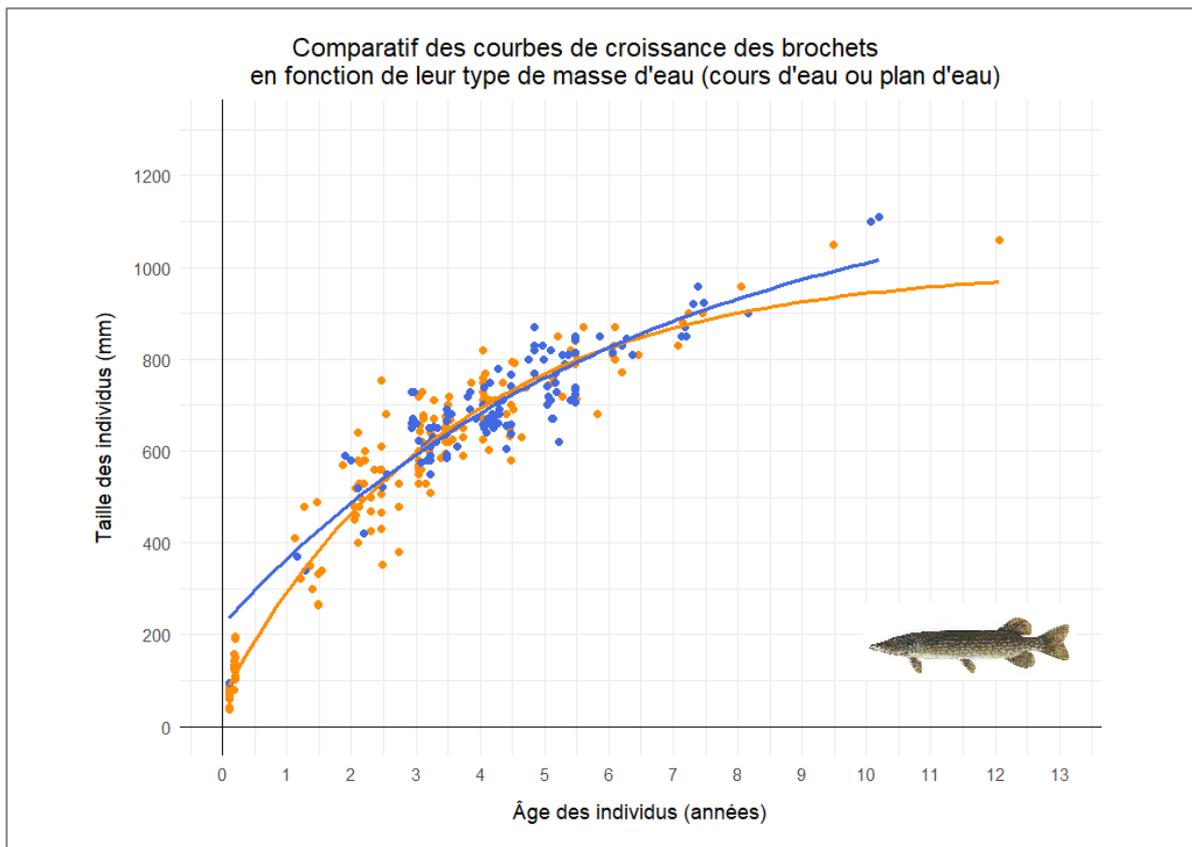


Figure 12 : courbes de croissance des brochets pris en plans d'eau et en cours d'eau

Concernant les valeurs de croissance, si on prend la taille à 3 ans, on obtient 591 mm pour les poissons pris en plan d'eau contre 594 mm pour les poissons pris en cours d'eau. Au bout de 3 ans, la différence n'est pas assez importante pour être considérée comme significative (inférieure à 5 mm). Les différences observables sur les courbes sont développées dans la discussion (mentionné dans le paragraphe 6.1.2).

5.2.4 Courbes de croissances de la Moselle et du Madon

Certains cours d'eau ont assez de données sur leur linéaire pour faire des courbes spécifiques. Les valeurs de croissance atteintes au bout de 3 ans sont représentées dans le graphique ci-dessous (Figure 13). L'objectif est de voir si une différence de croissance est visible entre des individus se développant dans la Moselle et ceux grandissant au sein de ses affluents comme le Madon. Les milieux étant différents (largeur du lit mineur, débit, densité de sites de reproduction...), les croissances pourraient potentiellement être différentes.

Le nombre d'individus par type de masse d'eau est décrit ci-dessous :

- Brochets pris dans la Moselle : 71 individus.
- Brochets pris dans le Madon : 36 individus.

Le nombre d'individus est suffisant pour créer des courbes à part entière, mais au vue de la variabilité des échantillons (répartition des classes d'âges...), il est important de rester prudent quant à l'interprétation des valeurs.

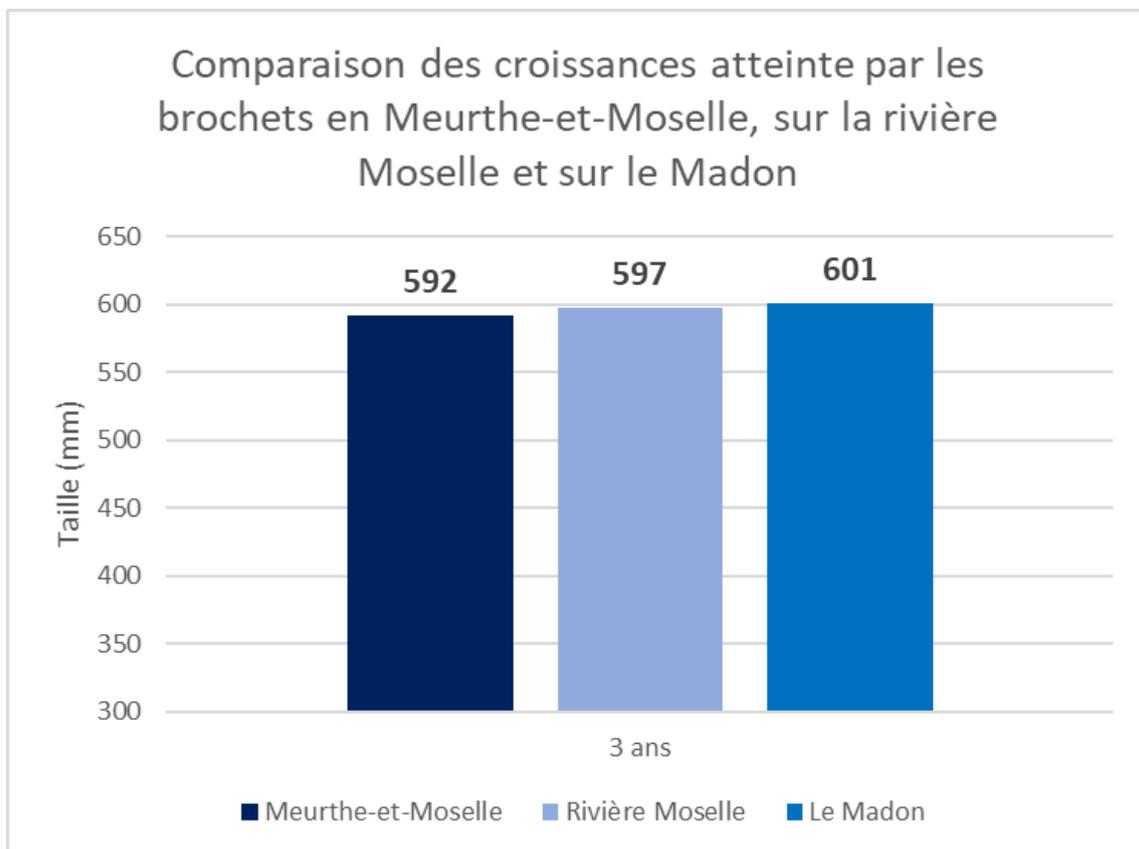


Figure 13 : Comparaison des valeurs de croissance des brochets pris en Moselle et des brochets pris sur le Madon

Les valeurs sont quasiment identiques avec une valeur égale à 597mm pour les poissons de 3 ans en provenance de la Moselle contre 601mm pour les poissons de 3 ans pris dans le Madon. On peut constater que ces deux valeurs sont également similaires à la valeur départementale (592mm) au bout de 3 ans.

5.2.5 Données scalimétriques du lac de Pierre Percée

Le lac de Pierre-Percée est un cas particulier sur le département, une courbe spécifique a donc été réalisée afin de constater si une différence de croissance est notable. Le nombre total de prélèvements sur le lac de Pierre Percée s'élève à 53 échantillons. Ce nombre est suffisant pour être statistiquement valable (supérieur à 30).

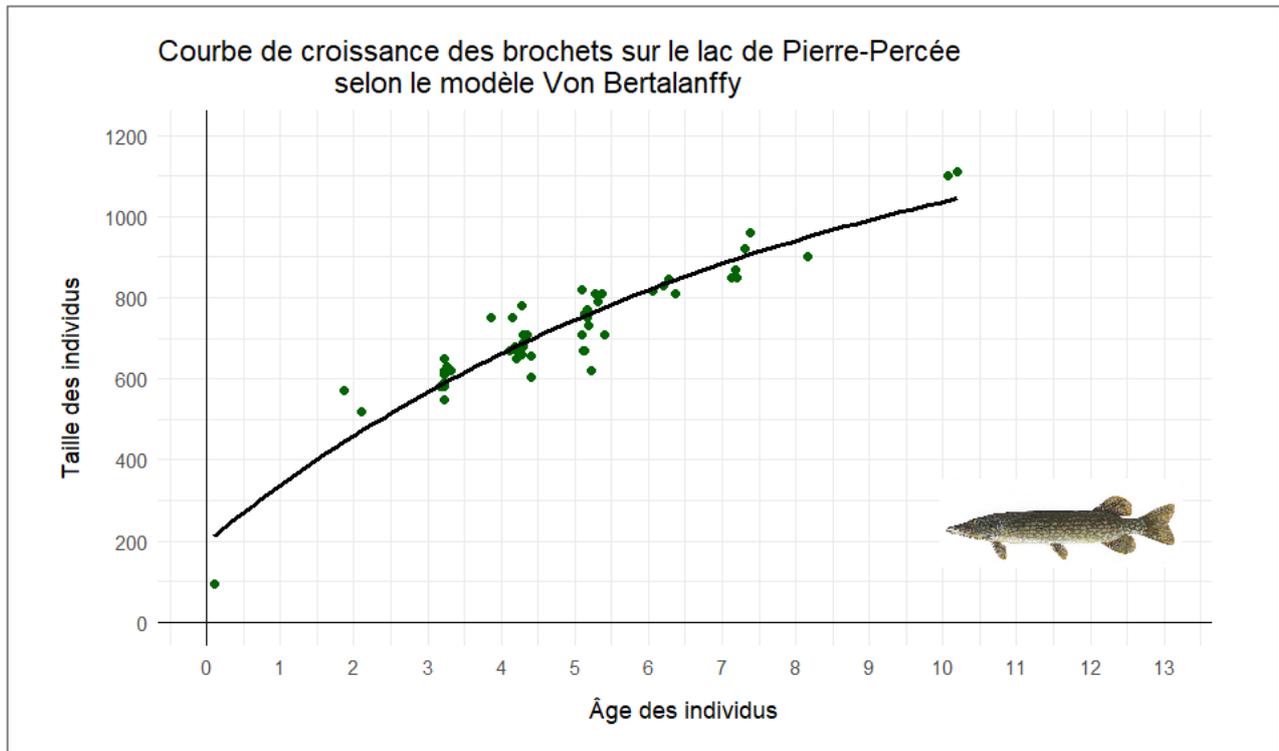


Figure 14 : Courbe de croissance des brochets sur le lac de Pierre-Percée

Dans l'analyse de la relation taille-âge, la courbe obtenue apparaît linéaire, alors qu'elle devrait idéalement être de forme asymptotique comme celle obtenue à l'échelle de la Meurthe-et-Moselle. Cette linéarité s'explique par la composition de l'échantillon, qui comporte un faible nombre de jeunes individus (20% de l'échantillon). La sous-représentation des jeunes poissons influence la forme de la courbe en minimisant la phase de croissance rapide typique des premières années de vie du brochet et en maximisant la croissance lente typique des vieux poissons chez cette espèce. Cela produit une tendance linéaire qui ne reflète pas le modèle de croissance théorique que l'on retrouve habituellement.

En dehors de la forme de la courbe, les valeurs de croissances au bout de 3 ans reste similaire avec le reste des masses d'eau du département avec une valeur de 566mm. La TLC à 60 paraît donc approprié également sur le lac de Pierre-Percée.

6 Discussion

6.1 Variabilité de la taille des individus du même âge au sein d'une même espèce

Les résultats ont permis de mettre en évidence une variabilité importante au sein des individus d'un même âge, allant jusqu'à 20 cm de différence pour certains individus d'une même année (figure 11). Pour éviter le biais lié à la date de capture sur une année, l'âge est calculé en nombre de jours (mentionné dans le paragraphe 4.5.1), mais une différence est toujours observée. Pour illustrer ce propos, au sein de l'échantillon, la taille des individus âgés de 3 ans varie entre 530 mm et 730 mm.

Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette variabilité (Fontaine et al ; 2004) :

- Les facteurs interactifs : liés aux interactions entre individus (*compétition intraspécifique / cannibalisme / compétition interspécifique*).
- Les facteurs non interactifs : liés aux conditions qu'offre le milieu aux différents individus ou des variations génétiques au sein des individus d'une même espèce (*variations génétiques / température de l'eau / durée du jour et intensité lumineuse / ressources abiotiques / disponibilité en nourriture*).

Certains facteurs peuvent être interactifs ou non interactifs comme la disponibilité d'un aliment qui peut varier à cause du milieu (facteur non interactif) mais également à cause d'une compétition intraspécifique (facteur interactif) (Fontaine et al ; 2004).

Plusieurs d'entre eux sont fortement liés à la croissance plus ou moins importante d'un individu. La température par exemple joue un rôle crucial dans la croissance des poissons, elle a notamment été étudiée sur des perches communes (*Perca fluviatilis*). Les observations ont montré qu'une augmentation de la température accentue l'hétérogénéité de la croissance chez des individus d'un même âge avec notamment une augmentation du cannibalisme lors des premiers stades de développement, favorisant une croissance plus importante pour les individus ayant consommé beaucoup de leurs congénères (Fontaine et al ; 2004).

La durée d'éclairement est un autre paramètre qui joue également un rôle sur la croissance des poissons (Kestemont et al ; 2003). En effet, cela va influencer sur la température de l'eau et sur la durée d'activité de prédation du brochet pendant la journée (Fontaine et al ; 2004).

La quantité et le type de proies disponibles dans le milieu jouent elles-aussi un rôle sur la croissance des individus (Fontaine et al ; 2004). Cette quantité varie en fonction des conditions qu'offre le milieu, mais également avec la densité de brochets présents sur un même milieu. Par exemple, un milieu pauvre offrant peu de proies aura un impact sur la croissance (croissance faible), tout comme un milieu avec une densité de brochets importante, où la compétition intraspécifique sera forte. A l'inverse, un milieu avec une densité faible de brochets mais des proies disponibles en quantité permettra une croissance rapide des individus.

6.1.1 Variabilité forte mais croissance similaire : cas concret de la Moselle et du Madon

La croissance des brochets sur la Moselle et sur le Madon au bout de 3 ans est similaire (différence de 4mm) comme le démontre le graphique de la figure 13, mais la variabilité entre individus d'un même âge reste forte, peu importe la masse d'eau étudiée. En dehors de la largeur du lit mineur, les milieux sont globalement semblables (température de l'eau, durée du jour, peuplement piscicole...). Dans notre contexte, la variabilité de taille pour un même âge ne serait pas due à un milieu différent mais plutôt à des facteurs interactifs localisés.

Par exemple, les différences de tailles entre individus d'un même âge seraient plus dues à des conditions particulières localisées, comme un nombre de proies important ou peu de compétitions (intra/interspécifiques) sur un tronçon localisé. Pour valider cette hypothèse, il faudrait corrélérer la localisation des individus avec des données locales sur le milieu (pêches électriques...).

6.1.2 Comparaison entre les poissons de cours d'eau et de plans d'eau : une différence non significative

Les courbes de croissance entre poissons pris en plan d'eau et ceux pris en cours d'eau sont quasiment identiques (figure 12) sur la majorité de l'échantillon. Pour les individus âgés de 3 ans la différence de taille est de 5mm (591mm en plan d'eau contre 594mm en cours d'eau).

Les différences de croissance entre les courbes sont notables sur les juvéniles et sur les poissons ayant un âge avancé (supérieur à 8 ans). L'hypothèse privilégiée est la structure des échantillons. En effet, le sous-échantillon « plan d'eau » qui est représenté par la courbe bleue est beaucoup moins fourni en juvéniles, ce qui induit un biais à ce point de la courbe. Même mécanisme pour les poissons âgés, on a très peu d'individus pour les deux échantillons, cela entraîne une variabilité importante à cet endroit précis de la courbe.

Si les échantillons étaient composés d'un nombre d'individus équivalents sur l'ensemble des classes d'âges, il serait intéressant de voir si une différence est toujours présente car les conditions où évoluent les brochets dans un cours d'eau ou un plan d'eau sont sensiblement opposées.

6.2 Comparaison des résultats avec d'autres études scalimétriques

Plusieurs études scalimétriques ont été réalisées sur des contextes hydrographiques similaires à celui du département de Meurthe-et-Moselle. En effet, les fédérations de pêche et de protection des milieux aquatiques de Meuse et de Moselle ont également étudié la croissance du brochet à l'aide de la scalimétrie. Pour calculer la croissance des brochets, les trois études ont utilisé le même modèle statistique (Von Bertalanffy). Le graphique ci-dessous permet de visualiser les croissances théoriques des brochets au sein de ces études.

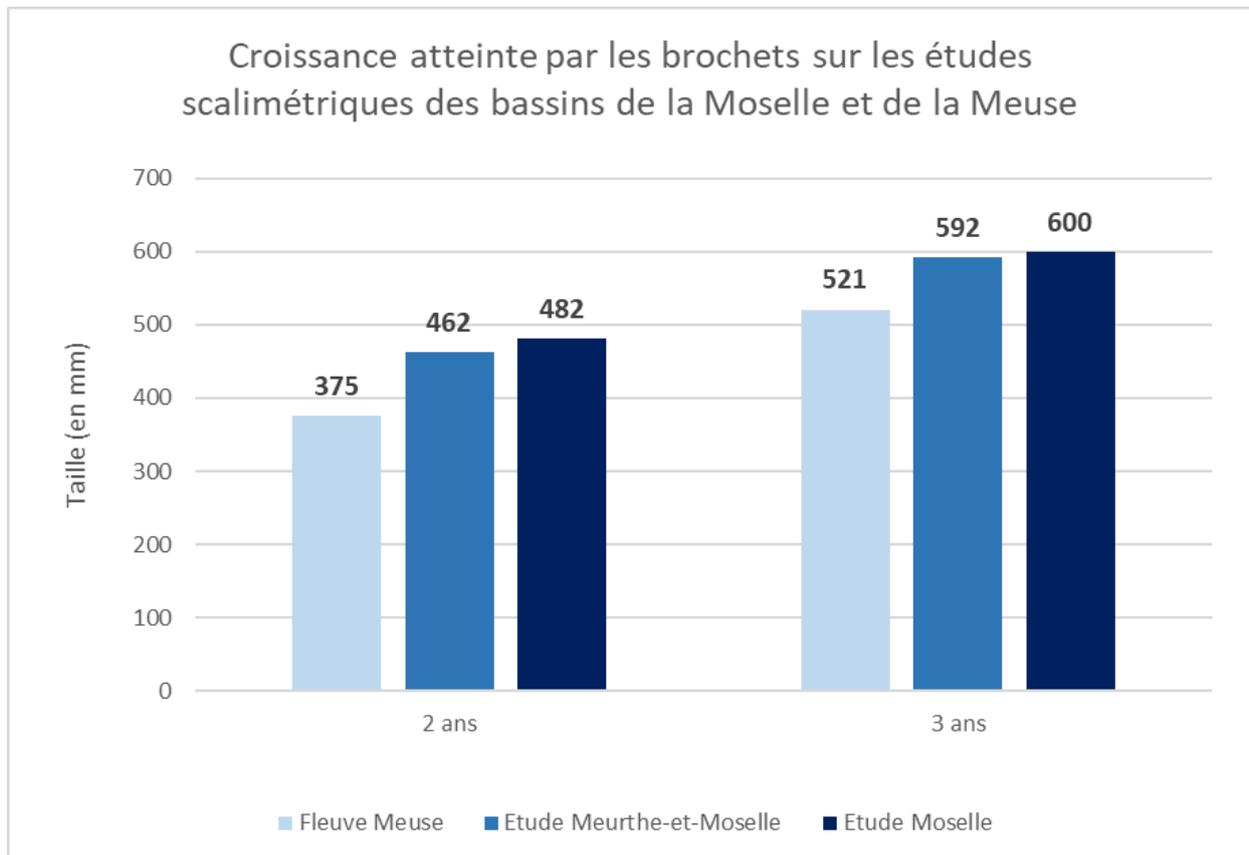


Figure 15 : Graphique comparatif des croissances atteintes par les brochets sur les études en Meuse, Meurthe-et-Moselle et en Moselle

Globalement les croissances sont similaires, mais on peut constater que les brochets du fleuve Meuse grossissent moins vite, comparés aux deux autres études. La différence est d'environ 8cm pour un brochet de 3 ans avec une valeur de 521mm pour les brochets en Meuse contre 592mm pour les brochets en Meurthe-et-Moselle et 600mm pour les brochets en Moselle.

Plusieurs hypothèses pourraient expliquer ces différences comme la taille et la diversité des échantillons. En effet, l'étude meusienne ne porte que sur un cours d'eau (la Meuse) contrairement aux deux autres études qui prennent en compte un plus grand nombre de cours d'eau (échelle départementale). L'échantillon d'individus sur le fleuve Meuse est également plus restreint, avec très peu de poissons âgés de plus de 6 ans. En revanche, l'échantillon de Meurthe-et-Moselle se distingue par une diversité des classes d'âge, incluant des individus âgés jusqu'à douze ans.

Malgré les différences de croissance, la TLC à 60cm reste appropriée pour les 3 études avec une croissance théorique dépassant 50cm au bout de 3 ans. Cela permet de protéger une grande majorité d'individus afin qu'ils réalisent leur cycle de reproduction avant un éventuel prélèvement.

6.3 Critique des données

6.3.1 Prendre avec précaution les valeurs de croissance chez les poissons âgés

La courbe de croissance générale (figure 11), estime que la taille théorique d'un poisson de 12 ans est de 96,7cm. Cette valeur présente une différence importante avec la bibliographie scientifique, plusieurs études montrent des croissances plus importantes avec des poissons ayant une taille comprise entre 110 cm et 127 cm pour des poissons âgés entre 10 et 12 ans (P.CHIMITS ; 1956).

Au sein de l'étude, les poissons de plus de 8 ans représentent très peu d'individus (2%). La croissance paraît donc sous-estimée par rapport à l'ensemble de l'échantillon et à la réalité sur les poissons âgés. Le cas a déjà été observé dans l'étude réalisée par la FDAAPPMA 55, où la croissance stagne énormément (taille estimée à moins de 90cm pour un poisson de 12 ans) à partir des poissons âgés d'au moins 6 ans, où le manque de données avait déjà été souligné dans l'interprétation de la courbe.

6.3.2 Interpréter avec réserve les valeurs issues des sous échantillonnages

Plusieurs graphiques issus de sous-échantillonnage ont été analysés afin de voir si des différences étaient observables au sein du département (courbes plans d'eau/cours d'eau, courbe de Pierre-Percée...). L'ensemble des sous-échantillonnages ont montré que la croissance des brochets au bout de 3 ans sur les masses d'eau étudiées en Meurthe-et-Moselle est comprise entre 566 mm et 601 mm. Une taille légale de capture à 60 cm paraît donc appropriée sur l'ensemble des contextes du département.

Néanmoins, les courbes présentent une forte hétérogénéité. Ces différences sont principalement dues à la composition des sous-échantillons, notamment en termes de nombre total d'individus et de répartition par classes d'âges. L'interprétation de ces valeurs doit donc être réalisée avec prudence, en tenant compte des particularités de chaque sous-échantillon.

7 Conclusion

Le brochet étant un poisson avec un intérêt halieutique fort, la pression de pêche est ainsi plus importante sur cette espèce que sur d'autres. Afin de limiter les éventuels impacts de la pratique sur la population de l'espèce, une taille légale de capture en cohérence avec le cycle de reproduction et la maturité sexuelle du brochet semble donc pertinente.

Le présent document a permis de trancher sur la question, en estimant que la taille légale de capture à 60 cm est la plus adaptée à la croissance du brochet en Meurthe-et-Moselle.

En effet, les résultats obtenus dans cette étude mettent en évidence que le maintien de la taille légale de capture à 60 cm est en adéquation avec la taille des brochets au moment où ils atteignent leur maturité sexuelle (59,2cm). Des conclusions similaires dans les départements voisins (Meuse et Moselle) renforcent cette prescription.

Un retour à une taille légale de capture (TLC) de 50 cm pour le brochet en Meurthe-et-Moselle pourrait fragiliser les populations de cette espèce, surtout au regard des données actuelles, ou du moins ne pas être cohérente avec les réalités biologiques observées.

Le brochet est une espèce « parapluie », ce qui signifie que la protection de ses populations bénéficie à l'ensemble de l'écosystème aquatique (Keith et al ; 2020), d'où l'importance de garder une TLC adaptée, afin de viser à maintenir des populations de brochets fonctionnelles.

Il est important de souligner que les prélèvements effectués par les pêcheurs ne représentent qu'une infime partie des pressions subies par les populations de brochets, comme la dégradation de leurs habitats ou la présence d'espèces exotiques envahissantes (Benoit O. et al ; 2012).

C'est dans ce sens que la FDAAPPMA 54 réalise depuis une dizaine d'années des restaurations d'annexes hydrauliques, permettant aux brochets de disposer de zones favorables pour leur reproduction (Chancerel et al ; 2003) sur des tronçons de rivière peu fonctionnels.

8 Bibliographie

- Benoit, O. (2012).** Contrôle des espèces aquatiques envahissantes du Québec : le cas du gobie à taches noires (*Neogobius melanostomus*) au lac saint-pierre. 108.
- Bruslé, J., & Quignard, J.-P. (2013).** Biologie des poissons d'eau douce européens (2e éd. [revue et augmentée]). Tec & doc-Lavoisier.
- Chancerel, F. (2003).** Le brochet : Biologie et gestion. Conseil supérieur de la pêche.
- Chimits, P. (1956).** Bulletin français de pisciculture. Le Brochet
- Cohen, J. (1988).** Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Daphney, D., & Denis, L. (2008).** Etude de la répartition en âges et de la croissance de la population de brochets (*Esox lucius*) du lac d'Annecy.
- FDAPPMA 02. (2021).** — Etude comportementale du Brochet.pdf.
- FDAPPMA 55. (2020).** — Étude comportementale du brochet en vallée de Meuse
- Fontaine, P., & Le Bail, P. Y. (2004).** Domestication et croissance chez les poissons. INRAE Productions Animales, 17(3), 217-225. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2004.17.3.3595>
- Frost, W. E., & Kipling, C. (1967).** A Study of Reproduction, Early Life, Weight-Length Relationship and Growth of Pike, *Esox lucius* L., in Windermere. The Journal of Animal Ecology, 36(3), 651. <https://doi.org/10.2307/2820>
- Hokonique, E. (2021).** Plan départemental pour la protection des milieux aquatiques et la gestion des ressources piscicoles. <https://www.peche-54.fr/5254-plan-departemental-pour-la-protection-des-milieux-aquatiques-et-la-gestion-des-ressources-piscicoles-pdpg-.htm>
- Keith, P. (2020).** Les poissons d'eau douce de France (2e éd). Biotope éditions Muséum national d'histoire naturelle.
- Kestemont, P., Jourdan, S., Houbart, M., Mélard, C., Paspatis, M., Fontaine, P., Cuvier, A., Kentouri, M., & Baras, E. (2003).** Size heterogeneity, cannibalism and competition in cultured predatory fish larvae : Biotic and abiotic influences. Aquaculture, 227(1-4), 333-356. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00513-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00513-1)
- Panfili. (2001).** Manuel de sclérochronologie des poissons. IRD Éditions.
- Romain, E., & Mahé, K. (2014).** Interprétation d'écaillés de poissons d'eau douce.
- Vallières, L., & Fortin, R. (1988).** Le grand brochet (*Esox lucius*) au Québec : Biologie et gestion. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche

9 Annexes

Annexe 1 : La fiche méthodologique élaborée pour l'étude

FICHE – ETUDE SCALIMETRIQUE DU BROCHET SUR LE DEPARTEMENT 54

Aidez-nous à faire évoluer les tailles légales de capture !

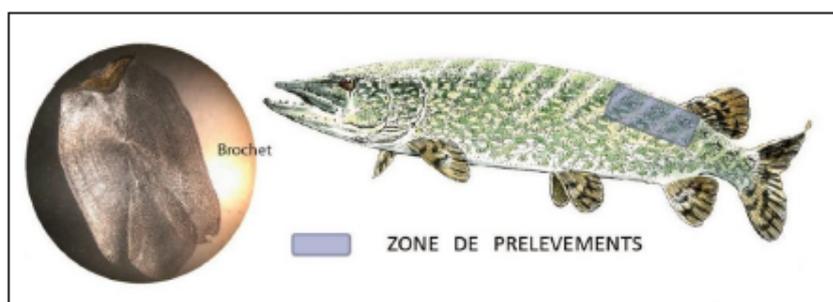
Dans le cadre de l'article R436-19 du code de l'Environnement, la fédération sollicite les pêcheurs du département pour la récolte de données permettant de finaliser une étude scalimétrique, dans le but d'argumenter sur la modification des tailles de captures légales du brochet (*Esox lucius*).

Ainsi nous sollicitons les pêcheurs volontaires pour nous envoyer des échantillons d'écailles prélevées sur les poissons capturés, afin de déterminer la taille de la première reproduction.

Si vous souhaitez contribuer à cette étude, vous trouvez ci-dessous les indications à respecter.

1/ Effectuer les prélèvements de préférence sur des individus d'au moins 30cm. Cette taille a été décidée pour minimiser les risques de blessures sur les juvéniles.

2/ Les prélèvements d'écailles doivent être réalisés sur la partie postérieure au-dessus de la ligne latérale. Il faut éviter la ligne latérale, car les écailles sont peu visibles sur cette partie, cela blesserait le poisson inutilement. La zone à prélever est représentée sur le schéma ci-dessous :



3/ Piquer légèrement l'écaille avec un hameçon très piquant ou une pince brucelle puis faire coulisser l'écaille vers l'arrière du poisson. Dix à douze écailles par poisson suffisent. Prélever par exemple six écailles par flanc, en évitant qu'elles ne se touchent pour minimiser la blessure.



Pince brucelle
Source : Leroy Merlin

4/ Après le prélèvement rincer les écailles à l'eau douce pour retirer le mucus sur les écailles et conserver au frais dans un journal ou un morceau de sopalin pour retirer l'humidité, cela évitera que les écailles moisissent. Les écailles pourront ensuite être mis dans une enveloppe.

5/ Déposez ou envoyez vos prélèvements au siège de la FDAAPPMA 54 (coordonnées dans le guide annuel ou sur internet).

Annexe 2 : Script R-studio pour le calcul de la croissance des brochets selon le modèle Von Bertalanffy

```
install.packages("cowplot")
install.packages("magick")
require(devtools)
library(FSA)
library(nlstools)
library(readxl)
library(ggplot2)
library(cowplot)
library(magick)
##lecture des données et représentation des données
data <- read.table("essai_R2.csv", sep=";", header=T)
plot(taille~age, data=data, xlab="age", ylab="taille", pch=20, col="darkgreen", main="Répartition de l'échantillon (nombre d'individus de brochets)")
##recherche des paramètres de départ du modèle
svTypical <- vbStarts(taille~age, data = data, methLinf = "longFish")
unlist(svTypical)
##calage du modèle sur la base des valeurs de départ
vbTypical <- taille~Linf*(1-exp(-K*(age-t0)))
fitTypical <- nls(vbTypical, data=data, start = svTypical)
overview(fitTypical)
##Charger image brochet dans le script
img <- image_read("C:/Users/direction/Documents/Missions/scali/données_2023_2024/scriptR modèlevb/brochet.jpg")
##courbe de croissance
plot(taille~age, data=data, xlab="age", ylab="taille", pch=20, col="darkgreen", main="Répartition de l'échantillon (nombre d'individus de brochets)")
p <- ggplot(data = data, aes(x = age, y = taille)) +
  geom_point(color = "darkgreen") +
  geom_smooth(method = "nls",
              formula = y ~ Linf * (1 - exp(-k * (x - t_0))),
              method.args = list(start = c(Linf = 991.94241, k = 0.28104, t_0 = -0.25341)),
              se = FALSE, col = "darkblue") +
  labs(title = "Courbe de croissance des brochets en Meurthe-et-Moselle
           selon le modèle Von Bertalanffy",
        x = "Age des individus",
        y = "Taille des individus") +
  scale_x_continuous(limits = c(0, 13), breaks = seq(0, 13, 1)) +
  scale_y_continuous(limits = c(0, 1300), breaks = seq(0, 1300, 200)) +
  theme_minimal() +
  geom_hline(yintercept = 0, color = "black") + # Lignes noires pour les axes
  geom_vline(xintercept = 0, color = "black") +
  theme(axis.title.y = element_text(margin = margin(t = 0, r = 10, b = 0, l = 0)),
        axis.title.x = element_text(margin = margin(t = 10, r = 0, b = 0, l = 0)),
        plot.margin = unit(c(1, 1, 1, 1), "lines")) # Ajuster les marges du graphique
# Ajouter l'image sur le graphique
final_plot <- ggdraw() +
  draw_plot(p) +
  draw_image(as.raster(img), x = 0.75, y = 0.75, width = 0.2, height = 0.2) # Ajuster les valeurs x, y, width et height selon les besoins

# Afficher le graphique final
print(final_plot)
##valeur age 3 ans brochet
x_value <- 3
y_value <- predict(fitTypical, newdata=data.frame(age=x_value))
print(paste("La valeur de la courbe lorsque l'axe des abscisses est égale à 3 est:", y_value))
##valeur age 2 ans brochet
x_value <- 2
y_value <- predict(fitTypical, newdata=data.frame(age=x_value))
print(paste("La valeur de la courbe lorsque l'axe des abscisses est égale à 2 est:", y_value))
##valeur age 1 an brochet
x_value <- 1
y_value <- predict(fitTypical, newdata=data.frame(age=x_value))
print(paste("La valeur de la courbe lorsque l'axe des abscisses est égale à 1 est:", y_value))
```