

Rétablissement des continuités latérales sur le bassin de la Seine : priorisation, évaluation et valorisation À travers le cycle de vie du Brochet



Rapport Final

2018-2023

Table des matières

I.	Le contexte de l'étude	3
II.	Mise en place de l'étude sur les 4 sites.....	5
III.	Résultats finaux à l'échelle des 4 départements (Calvados, Seine et Marne, Aisne et Aube)	8
A.	<i>Le marais de l'Aure</i>	8
1.	Etat de la fonctionnalité des zones humides	9
2.	Etat de la population de brochets.....	11
3.	Impact des obstacles à la migration.....	12
B.	<i>La Seine en Seine-et-Marne.....</i>	14
1.	Etat de la fonctionnalité des zones humides	15
2.	Etat de la population de brochets.....	15
3.	Impact des obstacles à la migration.....	18
C.	<i>L'Aisne sauvage</i>	19
1.	Etat de la fonctionnalité des zones humides	20
2.	Etat de la population de brochets.....	21
3.	Impact des obstacles à la migration.....	25
D.	<i>La Seine dans l'Aube</i>	26
1.	Etat de la fonctionnalité des zones humides	27
2.	Etat de la population de brochets.....	27
3.	Impact des obstacles à la migration.....	30
IV.	Synthèse	31
A.	<i>Etat des lieux</i>	31
B.	<i>Préconisation d'action sur les 4 sites étudiés</i>	32
1.	Le marais de l'Aure.....	32
2.	La Seine en Seine-et-Marne.....	33
3.	L'Aisne sauvage	33
4.	La Seine dans l'Aube	34
C.	<i>Transposition de la méthodologie sur d'autres secteurs du bassin Seine-Normandie</i>	34
V.	Valorisation des études.....	35
VI.	Bibliographie	37
VII.	Illustrations.....	39

Photo de couverture : Laurent Madelon

I. Le contexte de l'étude

L'Union des Fédérations de Pêche du Bassin Seine Normandie (UFBSN) a initié en 2018 une étude visant à caractériser l'état des connectivités latérales, à travers le cycle de vie du brochet, afin de prioriser des actions de restauration pertinentes et à moindre coût.

Le brochet commun, *Esox lucius*, est une espèce autochtone dont le statut de conservation a été classé « vulnérable » par l'UICN (UICN et al., 2019).

Ce migrateur holobiotique est une espèce parapluie fortement dépendante des zones humides pour la réalisation de son cycle biologique. En effet, les phases de reproduction et de croissance des juvéniles sont liées à leur accessibilité aux zones humides et à la fonctionnalité de celles-ci.

Les brochets passent une grande partie de leur vie, dans des rivières ou des lacs, dans des secteurs peu profonds et calmes, riches en végétation et abris. En réponse à des stimuli environnementaux, les brochets matures vont migrer en fin d'hiver pour atteindre des zones de reproduction favorables, parcourant parfois plusieurs dizaines de kilomètres. Certaines caractéristiques sont nécessaires pour que la reproduction du brochet ait lieu dans ces frayères, notamment : des zones peu profondes et calmes avec des niveaux d'eau stables, ainsi qu'une végétation suffisante (comme source de nourriture et pour que les femelles y déposent leurs œufs). Les frayères doivent être exposées au soleil afin que l'eau s'y réchauffe rapidement pour assurer les degrés/jour nécessaires au développement des œufs et alevins (figure 2). Une bonne connexion entre la frayère et le cours d'eau principal est indispensable ; pour permettre aux géniteurs de pénétrer dans la frayère pour s'y reproduire et pour que les adultes et brochetons puissent la quitter lorsque les niveaux d'eau baissent.



Figure 1 : Frayère de Pignicourt (source : FDAAPPMA 02)

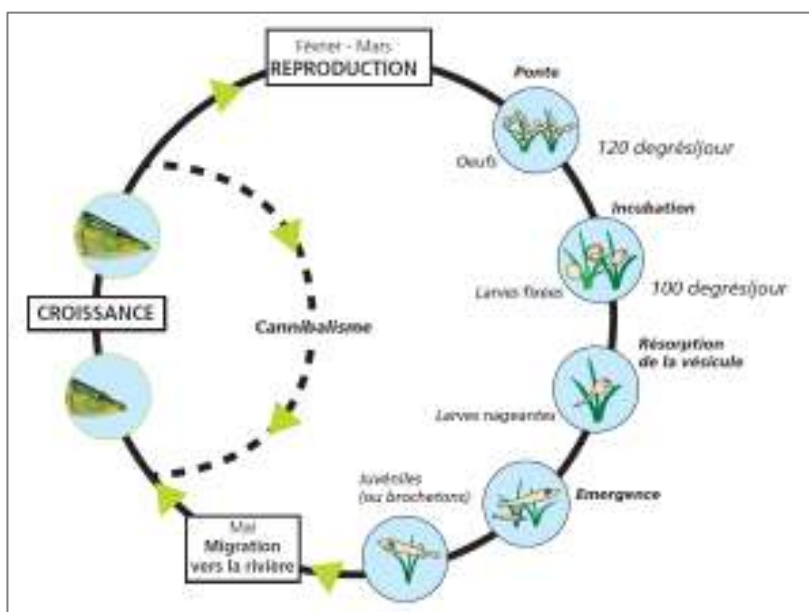


Figure 2 : Cycle de vie simplifié du brochet (source : UFBAG, 2014)

Les milieux tels que les marais, bras morts, prairies inondées ou noues peuvent réunir les critères nécessaires d'une annexe fonctionnelle pour la reproduction du brochet.

Durant plusieurs mois, les déplacements de dizaines de brochets ont été suivis sur 4 sites, permettant d'étudier la fonctionnalité des zones humides et des passes à poissons, l'impact de la gestion hydraulique et l'impact des obstacles transversaux sur la migration des poissons.

L'union de bassin a assuré la coordination générale de cette étude, l'acquisition du matériel de radiopistage et de télémétrie acoustique, le marquage des poissons, le rapportage des résultats et la communication à l'échelle du bassin. L'UFBSN a choisi d'investir dans le matériel de suivi car le coût de cet achat sera amorti dès le 6^{ème} site d'étude.

Les fédérations départementales de pêche ont réalisé le suivi des poissons marqués durant plusieurs mois, les analyses physiques et environnementales, la communication auprès des pêcheurs et des acteurs locaux, le traitement des données obtenues et proposé des préconisations de gestion.

Cette étude d'ampleur a été réalisée sur le territoire du bassin Seine Normandie grâce aux financements de l'Agence de l'Eau Seine Normandie et d'un fond FEDER.



Figure 3 : La Seine (source : FDAAPPMA 10)

Le présent rapport présente une synthèse des 4 études réalisées par les fédérations de pêche de l'Aisne, de l'Aube, du Calvados et de la Seine-et-Marne. Le matériel et les méthodes y sont peu développés, le rapport se focalisant sur les principaux résultats obtenus. Les rapports d'étude de chaque fédération, beaucoup plus complets, sont disponibles sur le site internet de l'union de bassin et sur les sites des différentes fédérations, leurs références sont rappelées à la fin de ce document.

II. Mise en place de l'étude sur les 4 sites

Dès 2018, les protocoles pour le suivi des brochets ont été définis et les phases de terrain ont débuté en 2019 sur les 4 sites choisis (figure 4) :

- l'Aure inférieure dans le Calvados, où les hauteurs d'eau sont gérées par vannage (bleu)
- la Seine en Seine et Marne, sur un tronçon canalisé et navigable (violet)
- la rivière Aisne dans l'Aisne, entre deux barrages non aménagés (rose)
- la Seine dans l'Aube, sur un secteur de libre circulation (orange)



Figure 4 : Cartographie des sites d'étude

Les études se sont déroulées en 2019 et 2020 pour les fédérations de pêche du Calvados et de la Seine-et-Marne et en 2020 et 2021 pour les fédérations de pêche de l'Aisne et de l'Aube (figure 5).

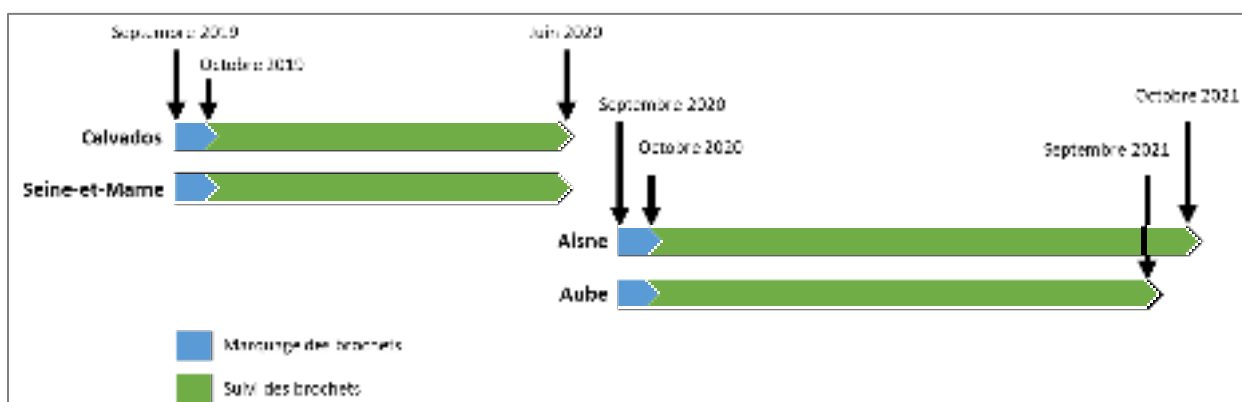


Figure 5 : Planning des études

Deux méthodes de suivi différentes ont été utilisées pour suivre les brochets : le radiopistage et la télémétrie acoustique.



Figure 6 : Capture des brochets par pêche électrique à l'aide d'un electrofishing boat

Dans les deux méthodes, il est nécessaire de capturer des individus matures, suffisamment gros (environ 50 cm) pour que le poids de l'émetteur implanté par chirurgie dans la cavité péritonéale des brochets (figure 7), représente moins de 2% de leur poids, afin de ne générer aucune contrainte sur leur biologie.

Chaque émetteur implanté émet à une fréquence unique, permettant d'identifier chaque brochet.

Les poissons relâchés sont ensuite suivis durant plusieurs mois par des suivis fixes et mobiles (figures 8 et 10). Les suivis fixes sont assurés en continu par des antennes ou hydrophones fixes positionnés à des endroits stratégiques le long des sites d'étude. Ces suivis sont complétés par des suivis mobiles réalisés depuis les berges ou à bord d'un bateau.



Figure 7 : Exemple d'émetteur acoustique de 42mm (à gauche) et brochet après marquage chirurgical (à droite)

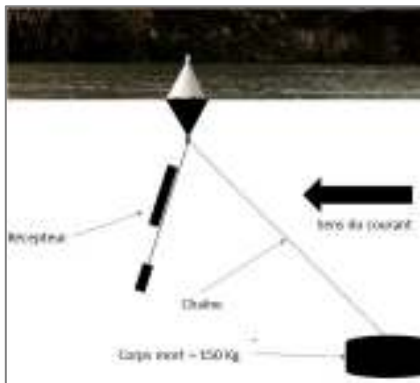


Figure 8 : Suivi acoustique par hydrophone fixe (à gauche) et mobile à l'aide d'hydrophones embarqués (à droite) (source : FDAAPPMA 10)

Les individus capturés ont été mesurés, pesés, sexés et des écailles ont été prélevées pour déterminer leur âge. En plus de l'émetteur, non visible, une marque spaghetti a également été posée sur chaque brochet (figure 9). Des campagnes de sensibilisation des pêcheurs ont été réalisées pour qu'ils puissent identifier les poissons faisant partie des études, transmettre des informations sur leur lieu de capture et les remettre à l'eau.

Durant ces études, des paramètres physico-chimiques ont également été suivis : la température, la pression, la bathymétrie, les débits, les hauteurs d'eau.

Les fédérations du Calvados et de Seine-et-Marne ont rencontré des difficultés liées au Covid qui ont fortement limité les suivis mobiles en mars et avril 2020, pendant la période de reproduction des brochets.



Figure 9 : Brochet marqué avec une marque spaghetti



Figure 10 : Suivi radio poste fixe sur le vannage du Pont de l'Acre à gauche (source : FDAAPPMA 14) et suivi radio mobile depuis les berges (source : FDAAPPMA 02)

III. Résultats finaux à l'échelle des 4 départements (Calvados, Seine et Marne, Aisne et Aube)

A. Le marais de l'Aure

Objectif principal : réaliser un inventaire des frayères potentielles, les hiérarchiser selon leur fonctionnalité et leurs coûts de restauration et mettre en évidence l'impact de la gestion hydraulique pour le brochet sur sa période de reproduction.



Figure 11 : Marais de l'Aure (source : FDAAPPMA 14)

Le marais de l'Aure inférieure fait partie du Parc Naturel Régional des marais du Cotentin et du Bessin. Afin d'assécher le marais pour obtenir plus de surfaces agricoles, le territoire a largement été transformé depuis le XVIIIe siècle. Aujourd'hui, les cours d'eau modifiés par la création de canaux, permettant l'évacuation de l'eau, sont gérés par des vannages qui limitent l'entrée d'eau salée et les inondations. Sans ces aménagements et cette gestion, les marais seraient un vaste réseau de zones humides connectées entre elles et soumises aux invasions marines. Inondés une grande partie de l'année, le marais de l'Aure est principalement occupé par des prairies dédiées à la fauche et au pâturage.

Lors de l'étude, une expérimentation a été mise en place sur la gestion des eaux par un calendrier de manipulation des vannes, planches et portes à flots.

Sur la zone d'étude (figure 12), il existe 6 ouvrages pouvant avoir un impact sur la continuité écologique, dont certains ont été aménagés :

- Ouvrages de Colombières et Monfréville : en 2019 aménagement de passes à anguilles
- Ouvrage du Pont de l'Acre : aménagement d'une rivière de contournement pour le brochet et l'anguille, finalisée en 2023 (figure 36)

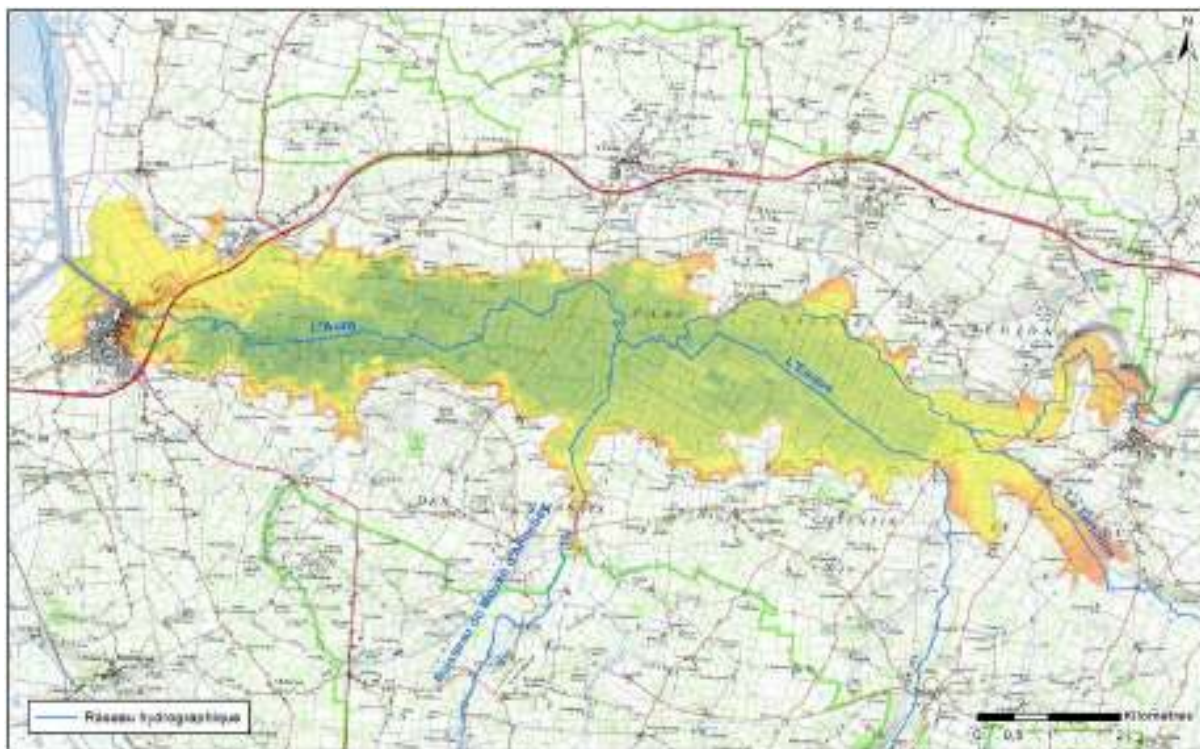


Figure 12 : Carte de la zone d'étude sur le Marais de l'Aure (source : FDAAPPMA 14)

Deux postes de détections fixes ont été installées sur les ouvrages du pont de l'Acre à Ecrammeville et de Monfréville afin de voir leur impact sur les déplacements des brochets.

1. Etat de la fonctionnalité des zones humides

Durant 3 mois, les annexes hydrauliques de la zone d'étude ont été inventoriées à pied, en relevant les critères nécessaires à la reproduction du brochet, afin de cartographier les zones de frai potentielles. 744 annexes ont été évaluées d'avril à juin, sur plus de 53 hectares, suivant différents critères qui ont été notés (reconnexion, type d'obstacles, qualité et quantité de la végétation, ensoleillement, période d'enneigement, pente des berges, ...). Cette évaluation montre que sur la période d'étude :

- Seuls 13 % des annexes présentaient un pourcentage fort de plantes héliophytes, indiquant que de nombreuses annexes ont été asséchées durant cette période d'avril à mai
- 27% des annexes présentaient une durée de maintien en eau de 90 à 120 jours, soit la durée nécessaire au grossissement des juvéniles de brochet. Les conditions de maintien en eau dans les autres annexes ne permettaient pas le déroulement de la totalité du cycle de vie des brochets
- Près de 400 obstacles ont été localisés sur la zone d'étude (buses, ponts, remblais, ...)

Une note globale a été attribuée à chaque annexe en fonction des critères évalués, reflétant ses fonctionnalités pour le brochet. Les 53 hectares d'annexes ont été classés en 4 catégories selon leur note :

- Note inférieure à 16 : annexe à potentiel nul (14%)
- Note comprise entre 16 et 20 : annexe à faible potentiel (10%)
- Note comprise entre 21 et 25 : annexe à potentiel moyen (47%)
- Note comprise entre 26 et 32 : annexe à fort potentiel (29%)

A partir de ces 53 hectares d'annexes, la fédération du Calvados a calculé la surface utile sur l'année 2020 pour laquelle le maintien en eau était supérieur à 60 jours avec une végétation adaptée à la reproduction du brochet. Elle a également calculé la surface utile telle que définie dans l'arrêté de gestion des niveaux d'eau et qui correspond à un maintien d'eau supérieur à 40 jours avec une végétation adaptée. La surface utile pour la reproduction du brochet en 2020 représentait 10,5 ha ; la surface utile avec un maintien des niveaux conforme à l'arrêté représenterait 41,8 ha, soit près du double (figure 13).

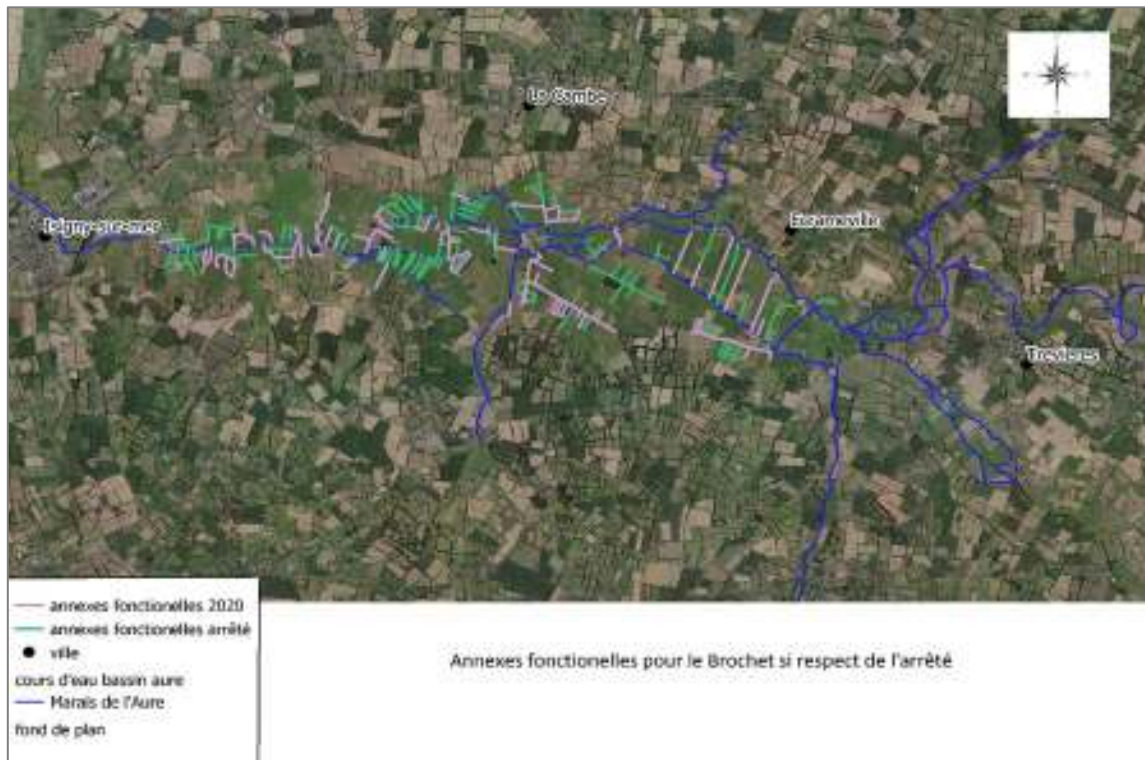


Figure 13 : Carte des annexes fonctionnelles du marais de l'Aure (source : FDAAPPMA 14)

Identification des zones humides à restaurer en priorité

Comme vu précédemment sur les 744 annexes étudiées, représentant 200 km de canaux et fossés, 29% étaient fonctionnelles en l'état pour la reproduction. Seules 45% des annexes diagnostiquées présentaient un maintien en eau supérieur à 60 jours, permettant la migration vers les annexes, la reproduction, le développement des jeunes stades et le retour dans le cours d'eau principal.

En optimisant uniquement la gestion des vannes, la fédération du Calvados estime qu'il est possible de restaurer la fonctionnalité de 22 km de canaux et fossés.

Un plan d'envergure pour la restauration de la petite continuité permettrait à 42% des annexes d'être utilisables et fonctionnelles pour la reproduction du brochet. Cependant, la restauration de certains secteurs pauvres en annexes est plus pertinente, comme les secteurs :

- De la confluence Aure-Tortonne
- De la Tortonne aval
- De l'Aure sur la commune de Trevières

2. Etat de la population de brochets

Durant l'étude sur le marais de l'Aure 17 brochets ont été marqués : 7 mâles, 4 femelles, 6 non identifiés.

Le suivi des déplacements des brochets a posé quelques difficultés du fait que le marais était ennoyé (marais blanc) durant 4 mois : présence d'obstacles, zone de prospection plus étendue, détections plus difficiles car nécessitant de faible distance entre l'émetteur et le récepteur. Durant l'ensemble du suivi, 180 émissions ont été captées (40 détections de femelles, 60 d'indéterminés, 77 de mâles) sur 90 jours de radiopistage.

Ces détections ont permis de repérer 3 grandes phases de déplacements :

- 1^{ère} phase : les brochets rejoignent la zone où ils ont été capturés (septembre à octobre)
- 2^e phase : les brochets migrent latéralement à la recherche d'annexes favorables pour la reproduction (décembre à février)
- 3^e phase : migration latérale inverse au moment de la baisse des niveaux dans le marais, les brochets quittent les frayères et rejoignent l'axe principal du cours d'eau (mars-avril)

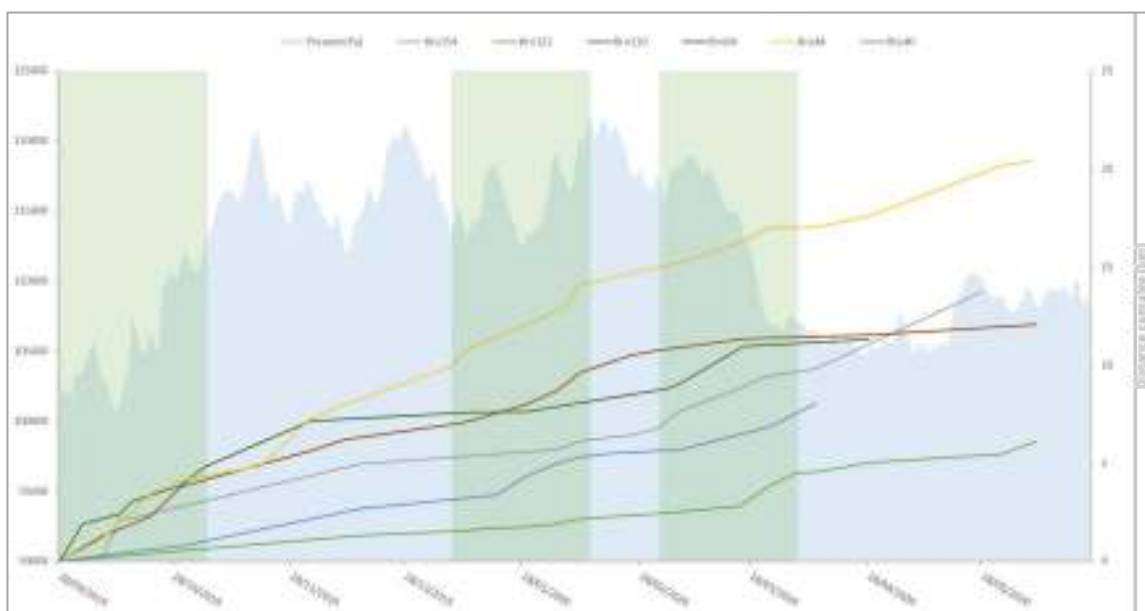


Figure 14 : Distances cumulées parcourues par les brochets les plus détectés en fonction des niveaux d'eau (source : FDAAPPMA 14)

L'étude des détections a permis d'analyser les comportements individuels des brochets que l'on peut regrouper sous 3 types :

- Les brochets de plus de 60 cm (7) : sédentaires voire territoriaux. Ils ont parcouru en moyenne moins d'1 km par mois, même pendant la période de reproduction. Ils ont effectué des déplacements importants après leur marquage pour rejoindre leur domaine vital
- Les brochets de moins de 60 cm (10) : qui ont parcouru moins d'1 km par mois sauf entre janvier et février où des distances plus importantes ont été enregistrées en lien avec la recherche d'annexes où se reproduire
- 2 brochets sur la Tortonne aval ont parcouru environ 500 m par mois d'octobre à décembre puis plus de 2 km en janvier. La Tortonne ne dispose que de quelques annexes qui ont un faible

potentiel. Il est possible que ces 2 individus aient dévalés jusqu'à la confluence avec l'Aure pour se reproduire

Les brochets sont restés dans des zones restreintes. Ce poisson est considéré comme solitaire et territorial sauf lors de la reproduction. L'étude a mis en évidence une migration de reproduction pour la recherche de zone de frai, même si au sein du marais, les distances parcourues sont faibles.

Suivi des frayères

2 mois et demi après la période de reproduction supposée, du 11 au 15 mai, des indices d'abondance brochetons ont été réalisés durant 2 jours afin de vérifier le recrutement de l'année. Aucun brocheton de l'année n'a été capturé (seulement 10 juvéniles d'un an et plus), indiquant qu'aucune reproduction n'a eu lieu dans les annexes favorables qui ont pu être prospectées.

Le marais étant resté en eau durant les périodes propices à la reproduction et la quantité de nourriture étant suffisante, les brochets se sont peu déplacés pour trouver des zones favorables à leur reproduction, celle-ci a pu se faire dans l'ensemble du marais ce qui peut expliquer qu'aucun brocheton n'ait été trouvé dans les quelques annexes favorables prospectées. On peut supposer que lors des années moins favorables hydrologiquement, les brochets se déplacent sur de plus grandes distances



Figure 15 : Marais de l'Aure ennoyé (source : FDAAPPMA 14)

3. Impact des obstacles à la migration

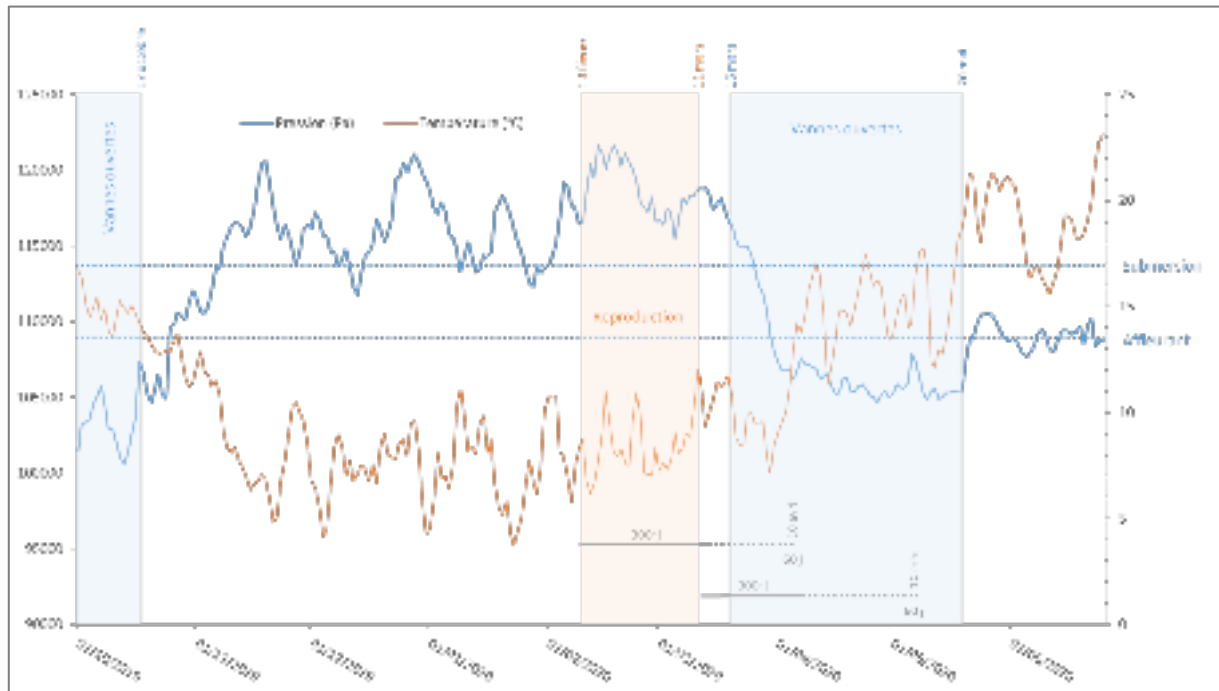
400 ouvrages ont été localisés durant l'inventaire des annexes hydrauliques. Durant cette étude, leur impact n'a pas été évalué, le marais étant ennoyé une grande partie du temps, les brochets ont pu se déplacer librement. Mais avec le non-respect de l'arrêté de gestion des eaux et l'ouverture précoce des vannages, ces ouvrages ont limité le retour des brochets dans le cours d'eau principal quand les zones de reproduction se sont retrouvées en assec, piégeant certains individus.

Identification des obstacles à effacer en priorité

L'impact des obstacles a été difficile à démontrer lors de l'étude car les brochets ont pu se déplacer dans l'ensemble du marais lorsque celui-ci a été ennoyé pendant 4 mois.

L'impact le plus négatif relatif aux ouvrages concerne leur manipulation. Entre mi-février et mi-mars, 4 pics de température ont pu être favorables pour une reproduction précoce. Mais, la gestion de l'eau se faisant par vannages, une ouverture trop précoce a eu lieu en mars (figure 16) conduisant à une diminution rapide des niveaux d'eau dans les annexes (moins 60 cm en une semaine). Cela a entraîné un assec prématuré des zones de développement des alevins en cas de reproduction tardive (œufs non

éclos ou stade nageant non atteint). Aucun brocheton n'a d'ailleurs été capturé sur les annexes prospectées.



La majorité des frayères se sont retrouvées quasi-asec en avril. Il aurait fallu que les vannes restent fermées de mars à mai pour assurer un temps nécessaire à la reproduction et au bon développement des juvéniles.

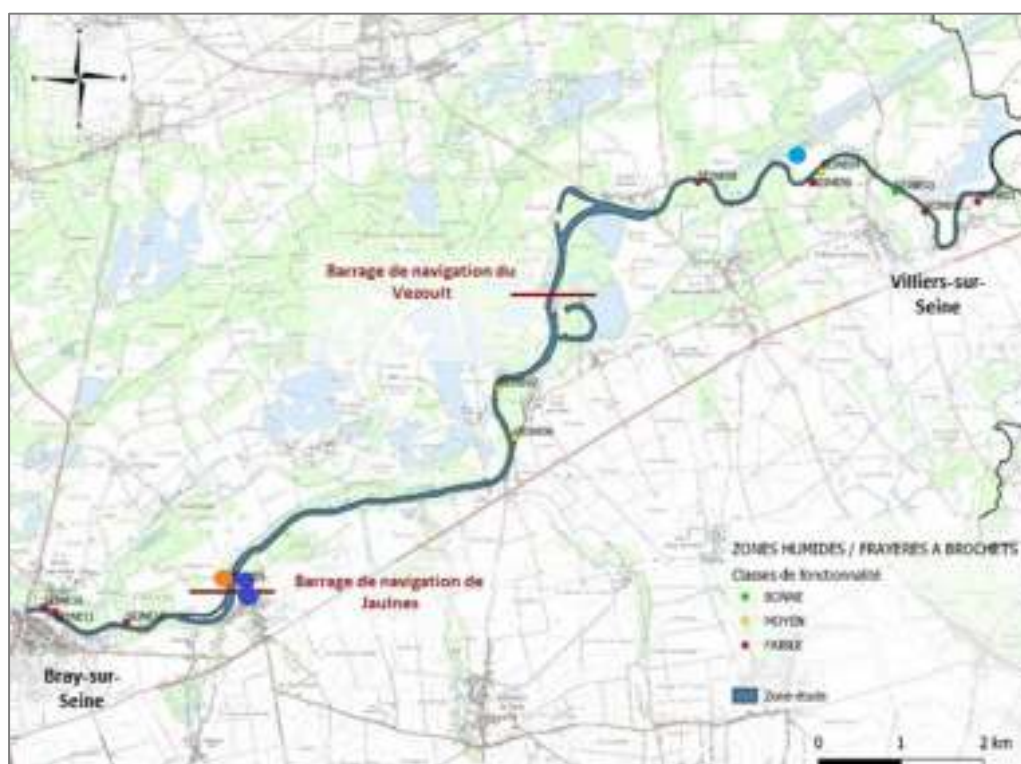
L'action prioritaire à mettre en place, dans une logique coûts/bénéfices, est le respect de l'arrêté de gestion des niveaux d'eau qui permettrait à lui seul de restaurer la fonctionnalité de 22 km d'annexes.

B. La Seine en Seine-et-Marne

Objectif principal : évaluer les impacts des activités anthropiques sur la continuité écologique de la Seine, la qualité des habitats piscicoles et des zones humides à travers l'étude des déplacements des brochets et la fonctionnalité de deux frayères restaurées.

La Seine en Seine-et-Marne est fortement altérée du fait des dégradations hydromorphologiques liées à sa mise en grand gabarit (recalibrage, curage, élargissement), à l'érosion due à la navigation, à la gestion artificielle des lacs réservoirs ou encore à la présence des barrages-écluses qui cloisonnent la Seine et modifient son régime hydraulique. Ce cloisonnement a pour conséquences, entre autres, la rupture de la continuité écologique, la réduction des zones inondables et la perte de connexion entre les zones humides et le fleuve.

La zone d'étude s'étend sur 23,6 km, du pont de Bray-sur-Seine à l'aval à Villiers-sur-Seine à l'amont et comprend deux barrages-écluses : le barrage de Jaulnes et le barrage du Vezoult. Sur ce secteur de la Seine, une partie est naviguée (bief de Jaulnes et aval du bief du Vezoult) et une partie est non naviguée (partie amont du bief de Vezoult).



Deux frayères ont été restaurées en 2017 et 2018 sur le secteur : la frayère de Jaulnes et frayère de Villiers. Leur efficacité a été évaluée lors de l'étude.

Trois postes fixes ont été installés à des endroits stratégiques afin de détecter les brochets (figure 17):

- à l'entrée de la frayère de Jaulnes pour vérifier son utilisation (point orange)
- sur la passe à poissons de Jaulnes pour étudier son utilisation par les brochets lors de leur migration (points violets)
- à l'entrée du canal de Beaulieu pour vérifier si les brochets l'empruntaient et sortaient de la zone d'étude (point bleu)

1. Etat de la fonctionnalité des zones humides

Un inventaire des frayères sur les axes navigables du département a été réalisé en 2016 par la fédération de pêche de Seine-et-Marne (HOUEIX et al., 2017). Cette étude a mis en évidence une diminution du nombre de frayères, et de leur surface, de l'amont vers l'aval de l'axe Seine, en lien avec les pressions anthropiques croissantes (endiguement, urbanisation, exploitation de carrières).

Sur cet axe Seine, parmi les 22 frayères inventoriées, 12 ont été répertoriées sur le site d'étude et classées selon leur état fonctionnel pour la reproduction du brochet : bon (2), moyen (3) et mauvais (7). Les deux frayères en bon état fonctionnel pour la reproduction du brochet sont situées au niveau du barrage de Jaulnes et de la ville de Villiers-sur-Seine. Elles ont fait l'objet de travaux de restauration entre 2017 et 2018 permettant l'ouverture du milieu.

En 2020, la gestion artificielle de la frayère de Jaulnes n'était pas adaptée au cycle du brochet. Une mauvaise gestion des vannes et des manœuvres illégales ont conduit à des variations de hauteurs d'eau importantes, décalant les pontes et ne permettant pas toujours le développement d'alevins.

Cependant, le suivi des frayères de Jaulnes et de Villiers, restaurées peu de temps avant l'étude, a montré que ces frayères sont fonctionnelles pour la reproduction du brochet. Une reproduction a été constatée sur la frayère de Jaulnes et deux sur celle de Villiers.



Figure 18 : Frayère de Villiers (source : FDAAPPMA 77)

Identification des zones humides à restaurer en priorité

Des mesures complémentaires ont été réalisées à l'issue de l'étude sur trois autres frayères à brochets présentes dans le secteur afin d'évaluer les travaux de restauration qui pourraient y être réalisés.

2. Etat de la population de brochets

Sur les 24 brochets marqués (7 mâles et 17 femelles), 17 ont pu être détectés par la suite et 12 ont pu être suivis tout le long de l'étude. Les individus qui n'ont pas été détectés ou, détectés une seule fois, ont pu mourir sans que leur émetteur ne soit détecté, être capturés ou sortir de la zone d'étude.

Durant l'étude, 54 prospections ont été réalisées et ont permis 210 détections de brochets. Ces détections ont permis le calcul d'une distance minimale parcourue correspondant à la distance parcourue entre 2 détections.

Les télédétections ont permis de repérer 2 phases de déplacements :

- Une première phase entre janvier et avril : correspondant à la période de reproduction durant laquelle les déplacements sont plus importants. Cette phase débute lorsque les débits dépassent 50 m³/s et que les températures sont comprises entre 6 et 10°C
- Une phase post-reproduction à partir d'avril

Malgré une absence de détection de certains mouvements durant les mois de mars et avril, les détections ont permis d'observer une grande hétérogénéité dans les comportements migratoires individuels des brochets :

- Les distances minimales parcourues sont très variables d'un individu à l'autre, de 350 m à 65 km, avec une moyenne de 12 km
- Les distances minimales parcourues ne sont pas liées à la taille ou l'âge des brochets
- La majorité des brochets sont restés dans leur bief d'origine, seuls quelques-uns ont franchis les barrages lors de pics de crues
- Aucun brochet marqué n'a emprunté la passe à poissons de Jaulnes

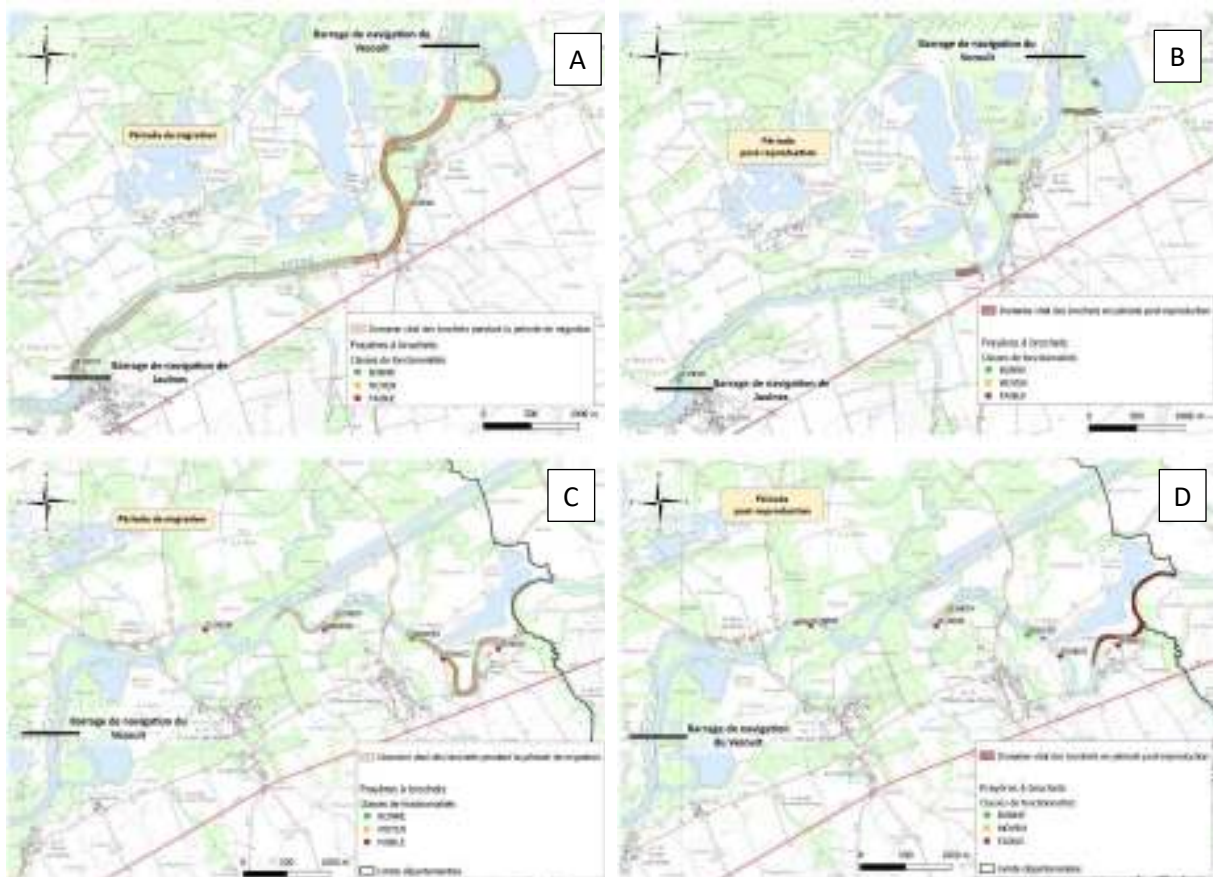


Figure 19 : Etendue des domaines vitaux des brochets marqués dans le bief de Jaulnes pendant la période de migration (A) et la période post-reproduction (B) et dans le bief du Vezoult pendant la période de migration (C) et la période post-reproduction (D) (source : FDAAPPMA 77)

L'étude a permis l'analyse des domaines vitaux :

- Les domaines vitaux des brochets s'étendent de 350 m à 30 km
- La taille des domaines vitaux n'est pas influencée par la taille ou le sexe des brochets
- La taille des domaines vitaux est plus importante chez les individus plus âgés
- La taille des domaines vitaux est plus importante en période de reproduction (4 km en moyenne) qu'en post-reproduction (800 m en moyenne), correspondant à la recherche de zones de frai fonctionnelles
- Les individus dont l'habitat est de bonne qualité, comprenant des frayères, se déplacent moins durant la période de migration

- Une différence a été constatée entre la taille des espaces occupés sur les 2 biefs. Durant la période de reproduction, les domaines vitaux sont plus étendus sur le bief de Jaulnes (différence non significative) où la présence de frayères est moindre et où les individus parcourent une distance plus importante pour atteindre une frayère. Durant la période post-reproduction, les brochets qui occupent un habitat favorable, y restent et se déplacent peu (figure 19)
- La taille des domaines vitaux est plus importante sur le bief du Vezoult, où le milieu est moins anthropisé à l'amont et où les habitats piscicoles de bonne qualité sont plus étendus

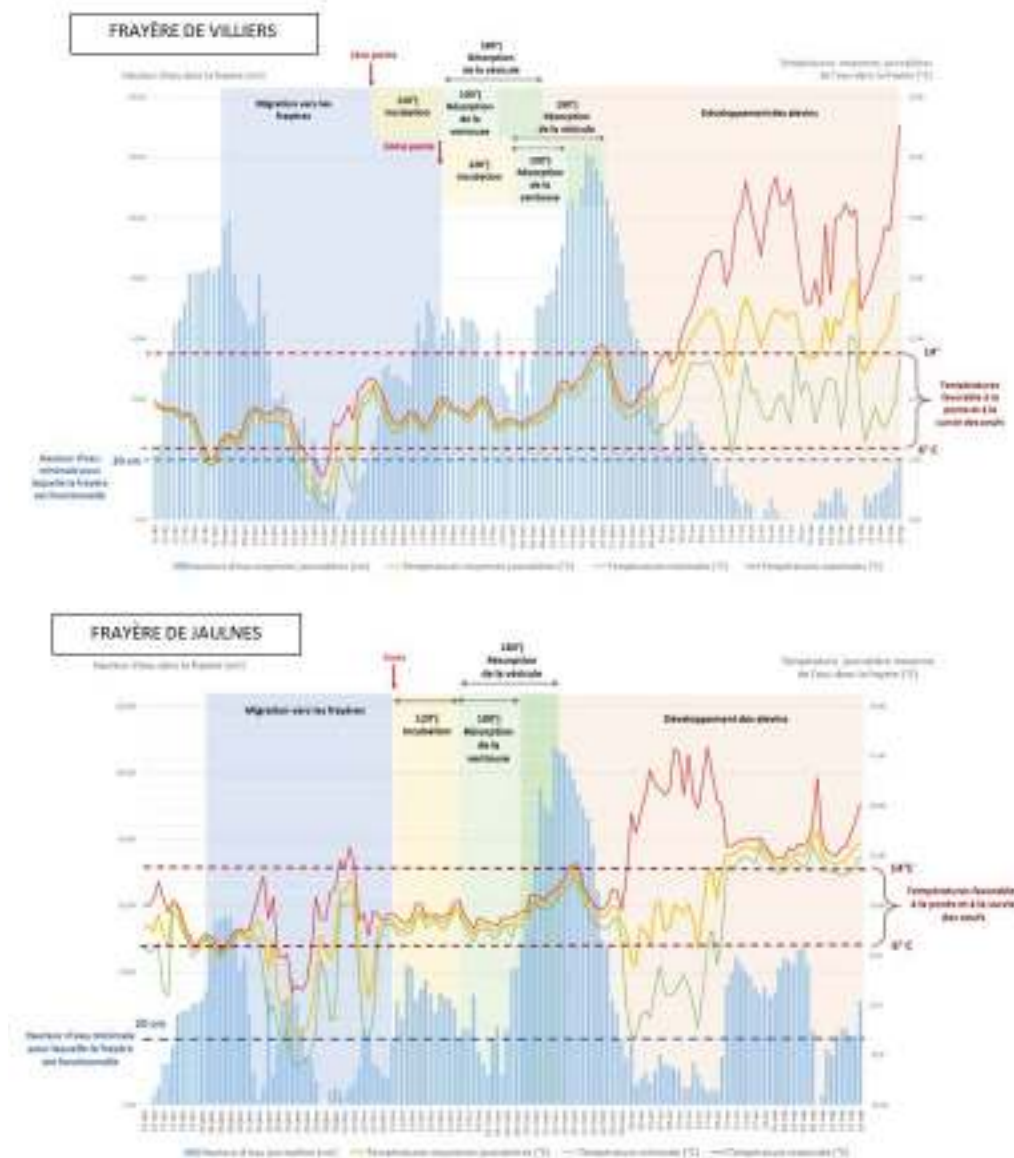


Figure 20 : Hauteur d'eau et température de l'eau enregistrées dans les frayères de Villiers et de Jaulnes. Les seuils de conditions favorables à la reproduction du brochet sont indiqués par les traits en pointillés. Les étapes de développement du brochet ont été délimitées d'après les valeurs seuils, lorsque les conditions de hauteur d'eau et de températures étaient vérifiées (source : FDAAPPMA 77)

Suivi des frayères restaurées

Le suivi des frayères de Jaulnes et de Villiers a permis de déterminer les seuils favorables pour la reproduction du brochet (figure 20). Pour la hauteur d'eau, les conditions sont favorables dans les

frayères (20 cm minimum) lorsque le débit dépasse 100 m³/s. Les températures favorables dans les frayères (entre 6 et 14°C) sont atteintes à des températures atmosphériques comprises entre 8 et 15°C. Ces conditions favorables à la reproduction ont eu lieu entre le 3 février et le 30 mars sur la frayère de Villiers (56 jours) et du 12 au 29 mars sur la frayère de Jaulnes (46 jours).

Des pêches ont été réalisées à la recherche de brochetons dans les frayères restaurées. 2 cohortes de taille de brochetons, issues de 2 reproductions, ont été observés dans la frayère de Villiers. Sur la frayère de Jaulnes, seule une cohorte a été détectée indiquant une unique reproduction.

Le suivi de ces frayères restaurées montre qu'elles sont fonctionnelles pour la reproduction du brochet.

3. Impact des obstacles à la migration

La majorité des brochets sont restés dans leur bief d'origine, les brochets ayant franchis les barrages l'ont fait lors des pics de crues, lorsque les barrages étaient ouverts et ne présentaient plus d'obstacle à la continuité écologique.

Il est possible qu'ils soient également passés par des annexes. En effet, des individus marqués en aval du barrage de Jaulnes, dans le bief de la Grande Bosse, ont été détectés dans la noue de Jaulnes (connue également sous le nom de la Noue d'Isle ou du canal des Graviers), puis dans le bief de Jaulnes.

La passe à poissons sur le barrage de Jaulnes ne semble pas fonctionnelle pour les brochets car aucun individu marqué ne l'a empruntée, le courant y étant probablement trop important. Quant à la passe à poissons du Vezoult, celle-ci est classée par les services de l'État (DRIEAT et OFB) comme non fonctionnelle.

Ces résultats montrent l'effet de cloisonnement des populations de brochets induit par les barrages-écluses du secteur d'étude. Dans les biefs mis au grand gabarit, avec une très faible diversité d'habitats et des frayères dégradées (problème de connexion et fermeture du milieu), les brochets devront d'autant plus se déplacer. L'analyse du domaine vital a également mis en avant l'importance des annexes, qui font la richesse de l'habitat piscicole en servant de zones d'alimentation, de croissance et de reproduction pour certaines espèces, et cela d'autant plus dans les biefs mis au grand gabarit.



Figure 21 : Suivi de frayère (source : FDAAPPMA 77)

C. L'Aisne sauvage

Objectif principal : étudier les comportements des brochets et leurs réactions face aux crues, étudier l'impact des obstacles sur leurs déplacements, identifier les zones de reproduction, caractériser leurs habitats préférés et évaluer la fonctionnalité de frayères restaurées.



Figure 22 : Secteur de l'Aisne sauvage (source : FDAAPPMA 02)

La zone d'étude se situe sur l'Aisne sauvage qui, malgré l'impact des barrages et des rectifications, a une dynamique assez naturelle et peut subir plusieurs crues annuelles. La zone d'étude se situe sur une partie non naviguée de l'Aisne et s'étend sur 17,5 km entre les barrages d'Evergnicourt et de Berry-au-Bac, qui ne sont pas aménagés pour le passage des espèces piscicoles. En plus du suivi du cours principal de l'Aisne, la Retourne et la Suippe, deux de ses affluents, ainsi que les frayères de Guignicourt et de Pignicourt qui ont été restaurées avant l'étude ont également été suivis.

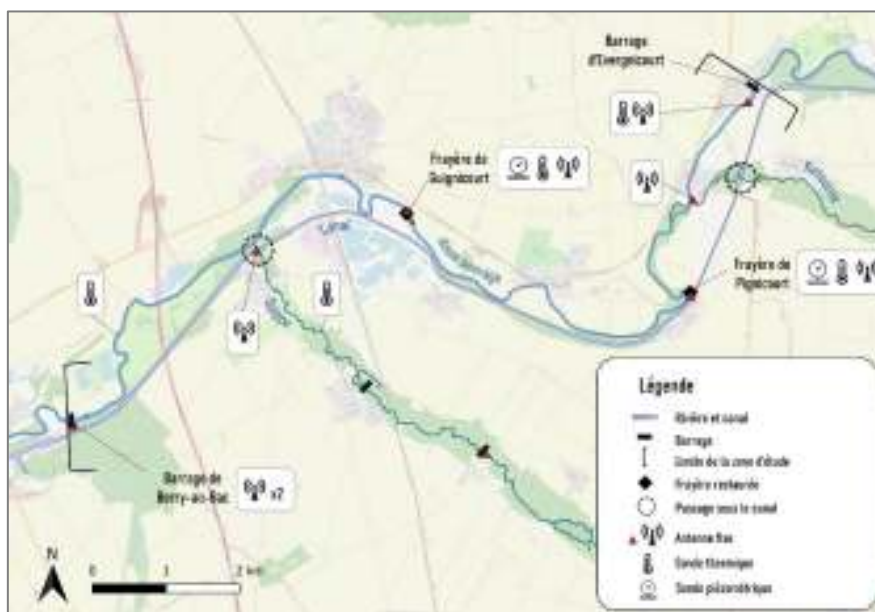


Figure 23 : Carte de la zone d'étude sur l'Aisne et de ses principales caractéristiques (source : FDAAPPMA 02)

Huit postes de détection fixes ont été installés le long de la zone d'étude (Figure 23):

- au niveau du barrage d'Evergnicourt et du barrage de Berry-au-Bac
- à l'entrée des frayères de Guignicourt et de Pignicourt
- à la confluence de la Suipe et de la Retourne
- au seuil d'une pisciculture sur la Suipe

1. Etat de la fonctionnalité des zones humides

A la suite d'une étude de 2018 sur la priorisation de restauration d'annexes, 2 frayères ont fait l'objet de travaux de restauration, en 2018 pour la frayère de Pignicourt et en 2019 pour la frayère de Guignicourt, permettant l'ouverture du milieu (abattage d'arbres pour limiter l'ombrage et favoriser le développement de la végétation basse, talutage des berges, décolmatage, ...).

Une cartographie des habitats de l'Aisne, la Suipe et la Retourne, a été réalisée en été 2020 afin de les caractériser sur des tronçons homogènes.

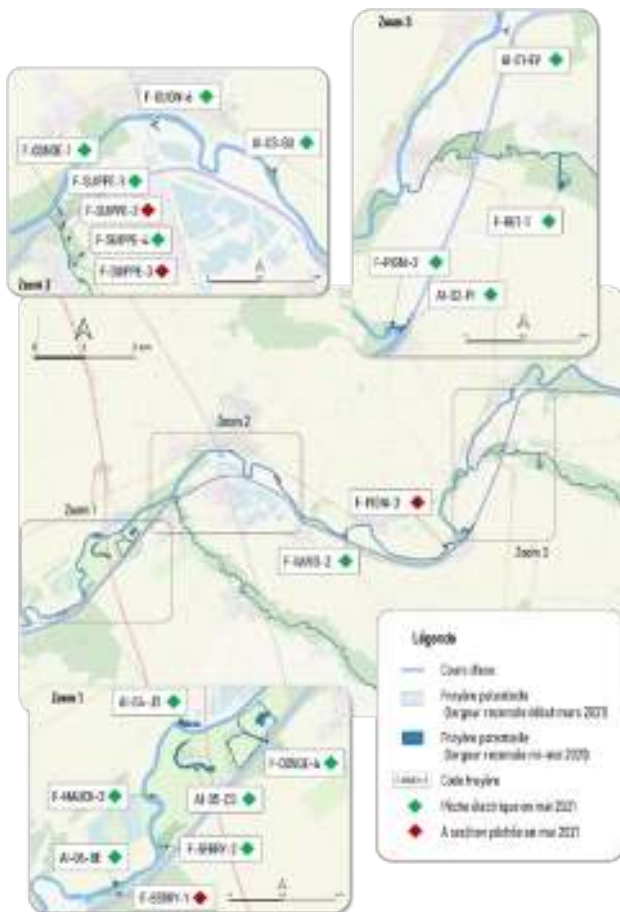


Figure 24 : Cartographie des frayères potentielles (source : FDAAPPMA 02)

En début d'année 2021, l'ensemble des frayères potentielles de la zone d'étude ont été inventoriées (figure 24), caractérisées et une note d'attractivité a été donnée à chacune des frayères. 20 frayères potentielles, propices à la reproduction du brochet, ont été identifiées et inventoriées en mai et septembre 2021 pour évaluer le succès de reproduction.

Identification des zones humides à restaurer en priorité

Plusieurs facteurs peuvent être limitants pour la fonctionnalité des annexes hydrauliques : la déconnexion avec le cours d'eau principal (empêche le retour des alevins dans le lit mineur lorsque les niveaux d'eau baissent), la profondeur, la couverture végétale trop importante, la sédimentation (empêchant le développement de la végétation), la turbidité, la présence d'algues filamenteuses, l'accumulation de bois morts, la présence de certaines espèces (développement d'espèces invasives, présence de sangliers, etc.). Ces facteurs ont été analysés sur chaque frayère pour identifier les améliorations à apporter.

L'étude a permis de mettre à jour une précédente priorisation des annexes à restaurer suivant 4 niveaux :

- Annexes « prioritaires » : peu ou pas fonctionnelles, dont la restauration est souhaitable

- Annexes « non prioritaires » : fonctionnelles et/ou dont la restauration semble difficile ou non rentable en termes de ratio coûts/bénéfice
- Annexes « à entretenir » : déjà restaurées, fonctionnelles, mais qui nécessitent un entretien pour le rester
- Annexes « à suivre avec les propriétaires » : fonctionnelles qui présentent un enjeu majeur pour la reproduction des brochets

4 frayères potentielles ressortent de cette priorisation (AI-06-BE, AI-05-CS, F-VARIS-2, AI-01-EV). Les paramètres de restauration (maîtrise, accessibilité, durée des travaux, ...) et leurs coûts ont été évalués pour chacune d'elles.

Pour le maintien de la fonctionnalité des frayères en terrain privé, des conventions pourraient être mises en place avec les propriétaires.

2. Etat de la population de brochets

Durant cette étude, 30 brochets (6 mâles et 24 femelles) ont pu être marqués et 24 ont pu être suivis tout le long de l'étude. 109 prospections mobiles à pied depuis les berges (2 jours par semaine) et 18 sorties en bateau ont été réalisées durant l'étude en complément des signaux reçus par les antennes fixes (plus de 3,8 millions de détections). En 13 mois, ce sont 2344 points de présence qui ont pu être enregistrés.

Ces détections ont permis d'analyser les comportements migratoires des brochets :

- Les plus grandes distances parcourues l'ont été pendant la période de reproduction
- Les grands mouvements sont liés au débit, et il semble que lors des crues les brochets se déplacent préférentiellement vers l'amont

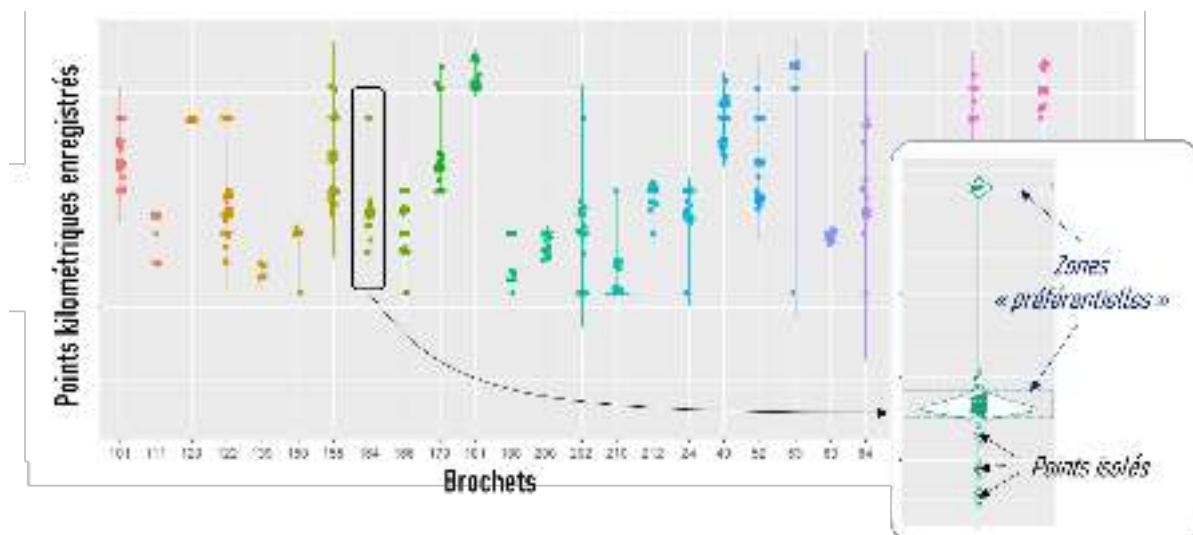


Figure 25 : Placement des points enregistrés sur les domaines vitaux et mise en évidence de l'existence d'un « domaine préférentiel » au sein du domaine vital (source : FDAAPPMA 02)

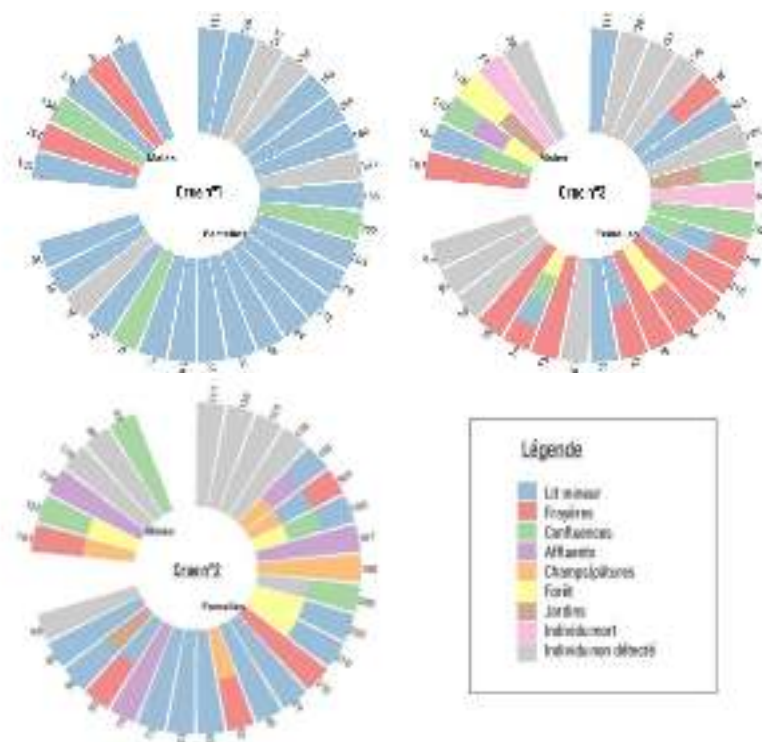
L'étude a permis l'analyse des domaines vitaux :

- La taille des domaines vitaux des brochets est très hétérogène de 100 m à 16 km avec une moyenne de 6,1 km

- La taille des domaines vitaux n'est pas influencée par la taille ou le sexe des brochets, les différences semblent plutôt liées aux individus eux-mêmes plutôt qu'à des tendances biologiques
- Les brochets avec des domaines étendus, n'exploitent pas la totalité du domaine mais fréquentent plutôt des habitats restreints dans leur domaine vital correspondant à des zones préférentielles (figure 25)
- Les brochets utilisent en moyenne 3 zones préférentielles (représentant un tiers de leur domaine vital), estimées grâce à la méthode des kernels browniens (probabilité de présence)
- Les zones les plus attractives sont occupées par un nouvel individu dès que le précédent délaisse la zone. Des phénomènes de remplacement, souvent décrits par les pêcheurs, ont ainsi été observés
- La caractérisation des habitats en 3 classes montre que les brochets fréquentent majoritairement les habitats de classe 3 (écoulements, substrats, type de berges hétérogènes, présence d'abris rocheux, peu de végétation rivulaires). Plus précisément, l'utilisation de l'habitat est significativement liée à la taille des brochets, les plus gros individus (> 60 cm) fréquentant des milieux plus variés et ouverts tandis que les plus petits recherchent des zones plus abritées

L'utilisation des habitats par les brochets a été étudiée lors des 3 crues qui ont eu lieu sur le secteur d'étude (figure 26) :

- Durant la première crue, mineure, de janvier, la majorité des brochets est restée dans le lit mineur de l'Aisne, 2 sont allés dans la frayère de Guignicourt et à la confluence de la Suipe
- Durant la seconde crue, décennale, plus d'habitats ont été inondés et les brochets ont pu se déplacer latéralement et explorer les nouveaux habitats accessibles (pâtures, jardins, forêts)



et explorer les nouveaux habitats accessibles (pâtures, jardins, forêts)

- Durant la 3^{ème} crue, les brochets se sont déplacés une nouvelle fois vers le lit majeur mais les frayères restaurées ont été bien plus visitées (11 brochets)

- Les brochets sortent plus du lit mineur lors des crues importantes pour explorer les nouveaux habitats disponibles du lit majeur ou pour s'écarter des forts courants dans le lit mineur. Lors de la dernière crue, la moitié des brochets détectés sont retournés sur la zone refuge qu'ils avaient occupé lors de la crue hivernale. Ceci met en avant à la fois l'importance des zones-

Figure 26 : Comparaison des comportements des brochets lors des trois principales crues enregistrées depuis le début de l'étude, en termes d'utilisation d'habitats (source : FDAAPPMA 02)

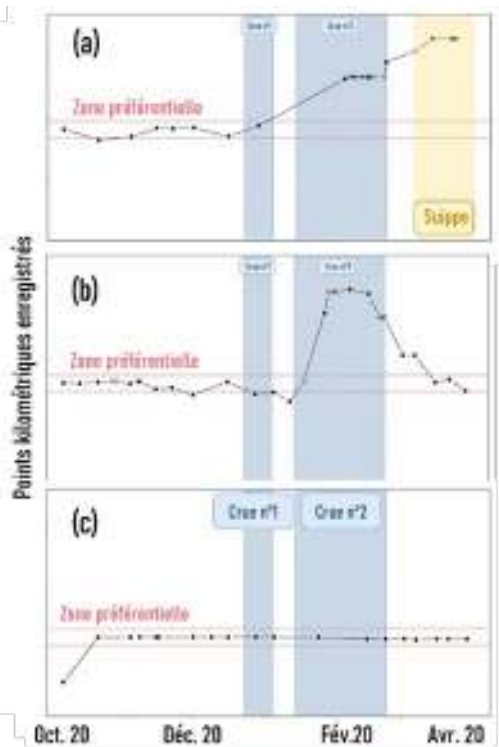


Figure 27 : Illustrations des 3 comportements observés lors des crues : exemple de brochet délaisseur (a), explorateur (b) et sédentaire (c) (source : FDAAPPMA 02)

refuges lors des crues et non seulement lors des migrations, et la capacité d'exploration et de mémorisation du brochet

L'étude des mouvements des brochets a permis de définir 3 types de comportements individuels au moment des crues (figure 27) :

- Explorateurs : brochets qui ont quitté leur zone préférée au moment de la crue mais qui y sont retournés ensuite
- Délaisseurs : brochets qui ont quitté leur zone préférée au moment de la crue mais qui n'y sont pas retournés fin mars
- Sédentaires : brochets qui n'ont pas quitté leur zone préférée lors de la crue

Il est intéressant de noter que le type de comportement migratoire dépend de la taille, avec des gros individus partants plus tôt et plus loin, ce qui peut leur permettre d'atteindre des zones plus propices. Ceci, ajouté à la plus grande quantité d'œufs pondus mais aussi aux effets maternels décrits dans la littérature, semble conférer aux gros individus un avantage reproductif.

Suivi des frayères restaurées

L'analyse des paramètres de température et de hauteur d'eau dans les frayères restaurées permet d'évaluer les périodes propices à la reproduction et au développement des alevins (figure 28).

Selon le facteur température, la date probable de ponte se situe entre le 22 février et le 29 mars. Le paramètre hauteur d'eau permet d'évaluer la survie des alevins en cas de ponte précoce ou tardive. En effet les niveaux d'eau se sont maintenus dans les frayères restaurées mais ce n'est pas le cas dans les autres frayères potentielles qui se sont retrouvées exondées.

Des indices d'abondances brochetons ont été réalisés en mai et juin 2021 sur les 20 zones de fraies déterminées par leur note d'attractivité. 7 d'entre elles étaient partiellement à sec et 3 n'avaient plus de connexion avec le cours d'eau principal. Le peu de frayères dans lesquelles des brochetons ont été retrouvés sont des frayères avec une connexion permettant un retour rapide des alevins vers le cours d'eau principal et avec une végétation importante.

Il n'y a pas de relation entre la présence de brochets dans les frayères et leur note d'attractivité, ce qui peut s'expliquer par la déconnexion de ces annexes avec le lit mineur de l'Aisne. L'attractivité des frayères est évaluée grâce au taux d'entrée qui correspond au nombre de géniteurs pénétrant dans la frayère après être passés devant au moins une fois lors de la période de migration. L'étude montre que les frayères restaurées sont attractives puisque 22 à 40 % des brochets suivis qui sont passés à proximité y sont retournés en période de frai (figure 29).

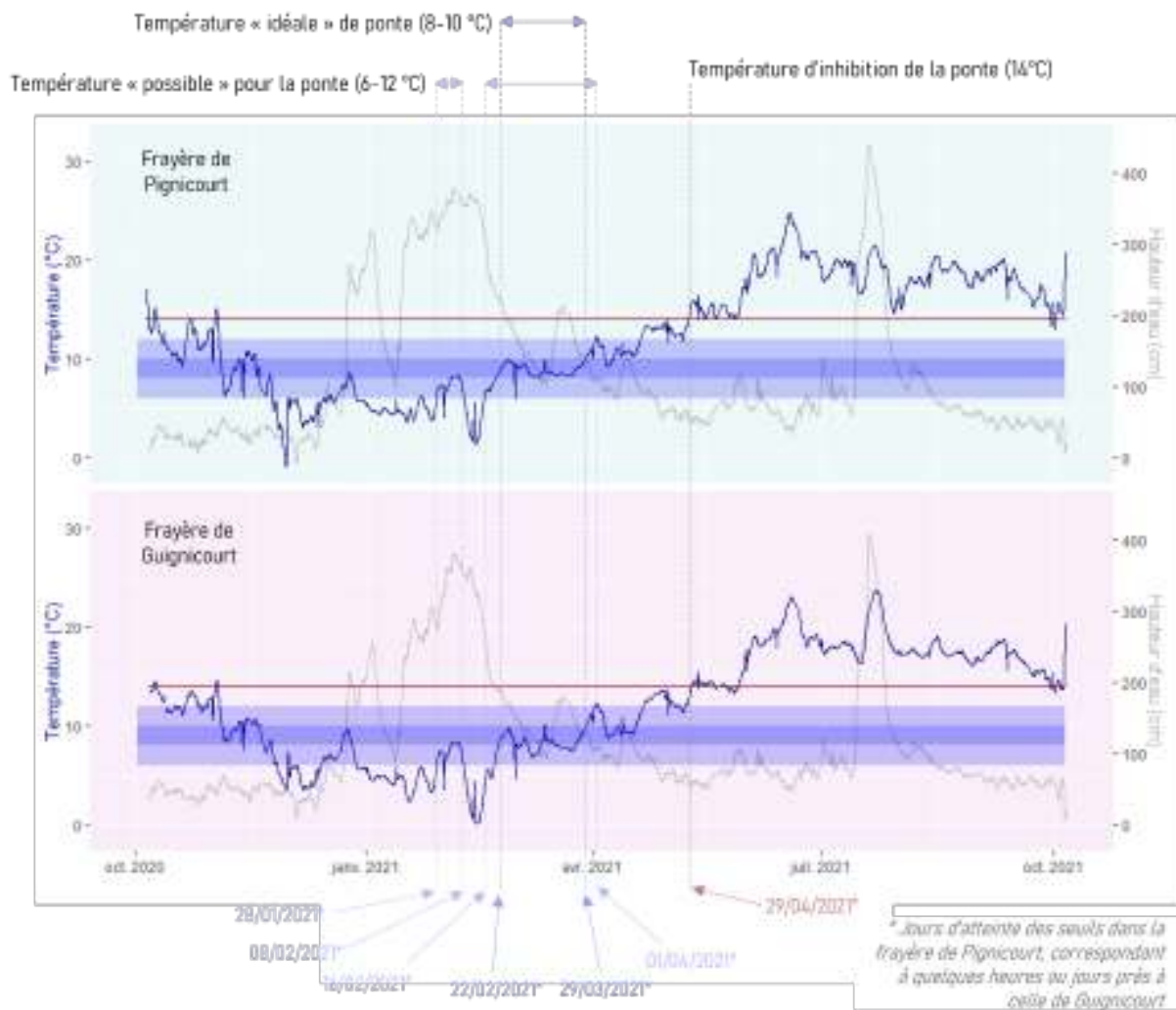


Figure 28 : Lien entre l'évolution de la température dans les frayères et le cycle reproductif du brochet, et déduction des périodes de pontes probables (source : FDAAPPMA 02)

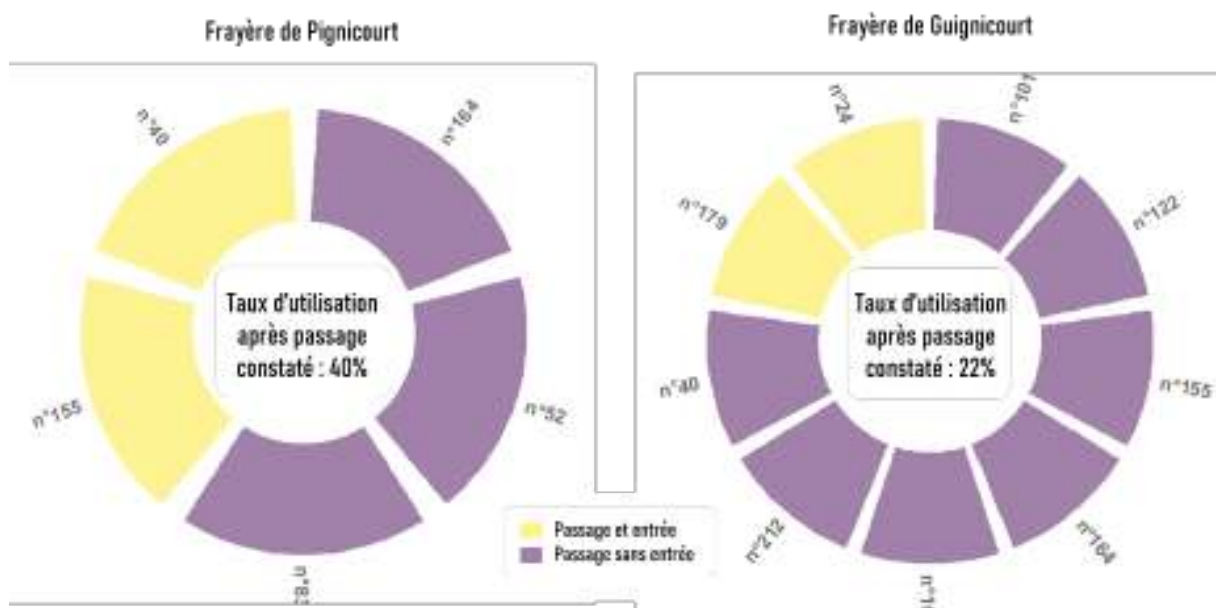


Figure 29 : Taux d'entrées après passage sur les frayères de Pignicourt et de Guignicourt (source : FDAAPPMA 02)

3. Impact des obstacles à la migration

Les détections réalisées à l'aide antennes fixes et mobile ont permis d'évaluer la franchissabilité des obstacles sur la zone d'étude (figure 23):

- Barrage d'Evergnicourt : infranchissable (aucun passage)
- Passage sous le canal de Neufchâtel sur la Retourne : franchissable (passage d'un brochet)
- Passage par le tunnel sous l'écluse sur la Suipe : franchissable (passage de plusieurs brochets)
- Seuil du moulin d'Aguilcourt et seuil de la pisciculture de Merlet sur la Suipe : données insuffisantes (aucun passage mais impossible de déterminer si cela est dû au fait que les brochets marqués n'ont pas emprunté l'affluent ou que l'ouvrage est infranchissable)
- Barrage de Berry-au-Bac : infranchissable, des passages ont été enregistrés mais uniquement lorsque le barrage était abaissé et lors d'une surverse. Rigole d'alimentation du canal : données insuffisantes mais probablement infranchissable (aucun brochet n'ayant réussi à passer)

Les deux barrages limitant la zone d'étude étant infranchissables, les capacités de déplacement des brochets sont probablement sous-estimées.

Identification des obstacles à effacer en priorité

Des travaux de rétablissement de la continuité écologique, permettant la recolonisation des migrateurs, ont été menés sur les obstacles en aval de la zone d'étude. Le suivi des brochets a permis de montrer que les barrages de Berry-au-Bac et Evergnicourt sont infranchissables pour le brochet mais probablement aussi pour d'autres espèces. L'aménagement de ces barrages est donc prioritaire pour assurer le rétablissement la continuité écologique de l'Aisne.

D. La Seine dans l'Aube

Objectif principal : étudier le comportement des brochets, leurs mouvements migratoires, le rôle des facteurs environnementaux dans leurs déplacements, valoriser les travaux de restauration



Figure 30 : Secteur de la Seine auboise

La zone d'étude se situe à l'amont du bassin, sur la partie non navigable de la Seine qui n'a pas été aménagée pour cela. Le secteur d'étude s'étend sur 14 km entre les communes de Pont-sur-Seine et Marnay-sur-Seine sur une zone ne présentant aucun ouvrage bloquant la continuité écologique (figure 31). Le secteur est relativement naturel mais l'hydrologie y est fortement influencée par la gestion des grands lacs réservoirs. L'étude permet également de suivre 4 annexes restaurées en 2006 et 2013.

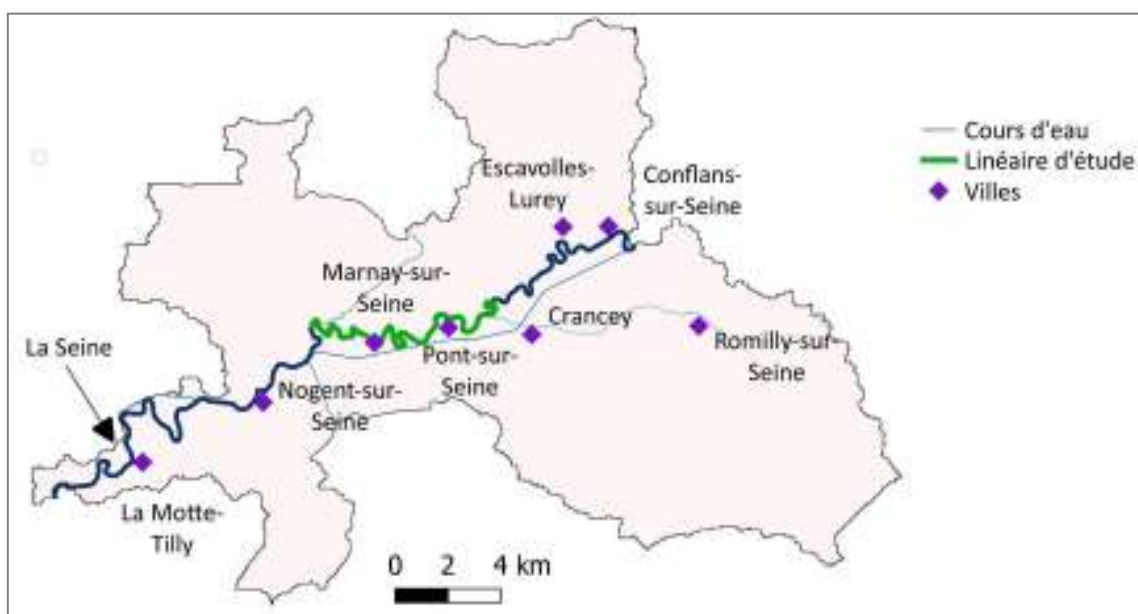


Figure 31 : Carte de la zone d'étude dans l'Aube (source : FDAAPPMA 10)

Huit postes de détection fixes ont été installés le long de la zone d'étude :

- A la limite amont (2) et aval (2) de la zone d'étude
- Devant l'entrée de chacune des 4 annexes hydrauliques restaurées

Les précédentes études réalisées dans le Calvados et la Seine-et-Marne ont permis d'adapter la méthodologie pour l'étude de l'Aube. Il a été décidé de passer à un suivi par ondes acoustiques, plutôt que par ondes radios, car celui-ci est plus efficace pour la détection en milieux profonds. Cette méthode a été peu utilisée en rivière ou pour le suivi du brochet. Seule la fédération de l'Aube a testé cette technologie, les fédérations du Calvados, de Seine-et-Marne et de l'Aisne ont procédé par radiopistage.

1. Etat de la fonctionnalité des zones humides

En 2015, un inventaire des annexes hydrauliques a été réalisé sur le site d'étude. 26 annexes y ont été recensées, certaines naturelles, d'autres anthropiques (figure 32). Parmi ces 26 annexes, 4 ont fait l'objet d'une restauration en 2006 ou 2013 (abattage, déblaiement, abaissement de berges, création d'un second bras de connexion, ...) afin de rétablir la connexion entre la frayère et le cours d'eau principal.

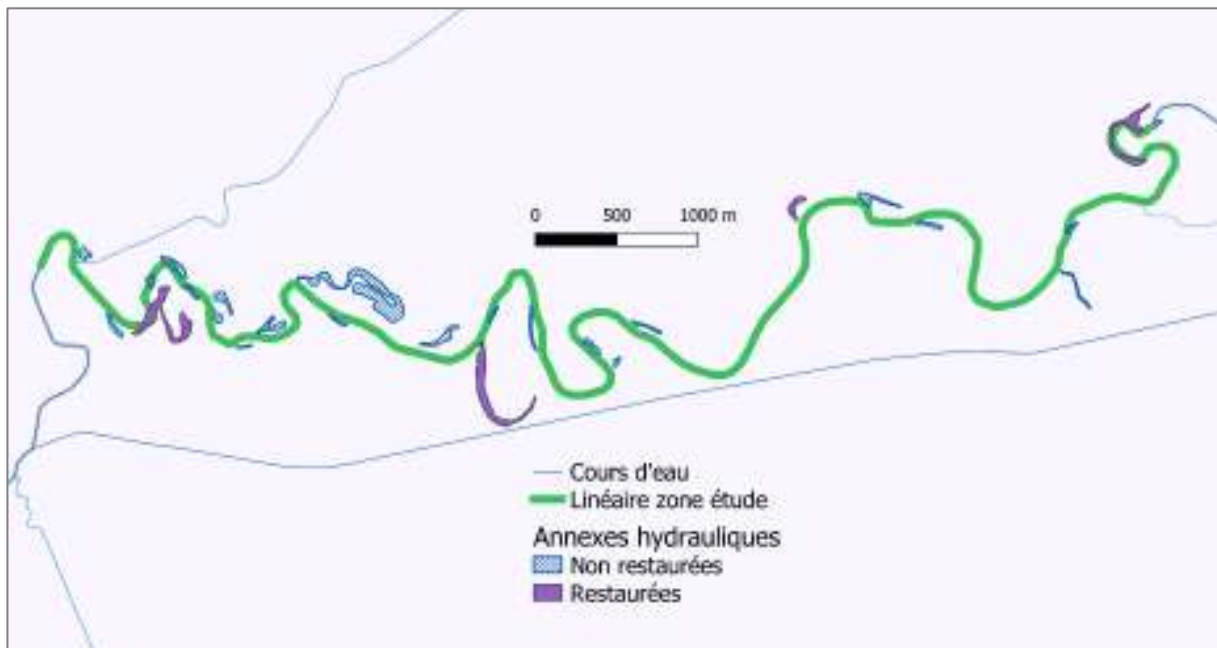


Figure 32 : Carte des frayères restaurées ou non sur le secteur d'étude (source : FDAAPPMA 10)

2. Etat de la population de brochets

Au cours de cette étude, 42 brochets (17 mâles, 19 femelles et 6 indéterminés) ont pu être marqués et suivis. En plus des suivis par hydrophones fixes, un suivi mobile a été réalisé sur un total de 30 jours à bord d'un bateau équipé de 2 hydrophones placés sur chaque côté, permettant d'étendre le champ de détection des poissons marqués. Durant l'étude, plus de 220 000 détections ont été enregistrées.

Les détections acoustiques montrent qu'il existe une grande hétérogénéité inter-individuelle dans les déplacements :

- Les distances nettes totales (somme des distances parcourues) sont très variables d'un individu à l'autre : de 0 à 70 km parcourus. Les émetteurs ont été détectés de 17 à 56 000 fois suivant les individus
- La taille des domaines vitaux est très variable selon les individus : de 0 à 12,6 km (correspondant à l'ensemble de la zone étudiée)
- Le sexe des individus n'a pas d'influence significative sur les distances parcourues

Afin d'identifier les mouvements longitudinaux importants liés aux migrations, la fédération de l'Aube a considéré des mouvements significatifs qui sont de 3 types :

- Les mouvements significatifs simples : mouvements supérieurs à 2 km
- Les premiers mouvements significatifs : premier mouvement supérieur à 2 km réalisé par chaque individu suivi
- Les retours : ensemble des mouvements effectués jusqu'au retour du brochet à sa première localisation. La première localisation étant considérée comme la zone favorable utilisée par le brochet en dehors des périodes de migration

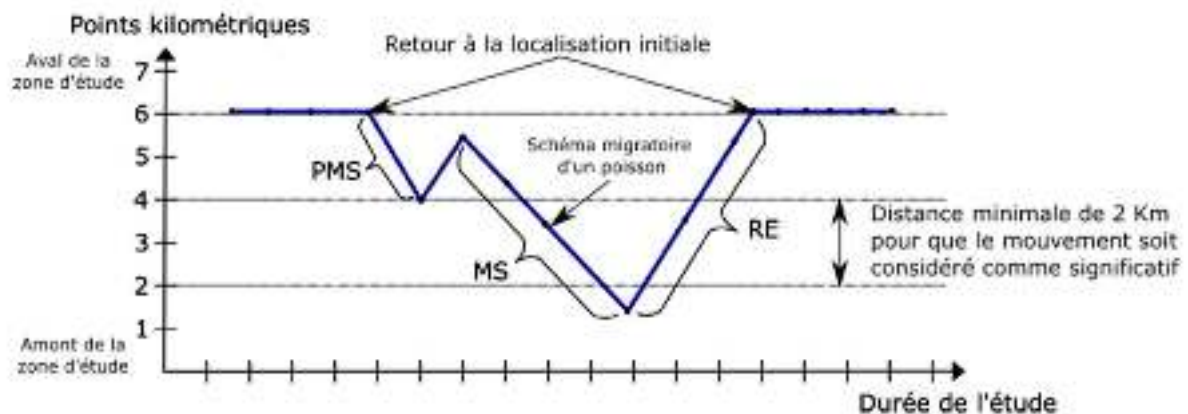


Figure 33 : Caractérisation des différents mouvements significatifs (source FDAAPPMA 10)

- Les premiers grands mouvements sont déclenchés par des augmentations importantes du débit. Tandis que les mouvements de retour vers les sites initiaux sont observés lors des baisses importantes de débits et une augmentation de la température sur 15 jours
- La période de crue est celle durant laquelle le plus de grandes migrations ont été enregistrées, coïncidant avec la période de reproduction. Durant les crues, la majorité des brochets se sont déplacés vers l'amont

Les mouvements significatifs ont été analysés suivant 3 phases : avant crue, crue, post-crue. 31 individus ont réalisé au moins 1 mouvement significatif. Durant la période avant crue, 14 individus ont effectué des mouvements de plus de 2 km, 22 individus durant la période de crue et 6 individus post-crue. L'analyse des mouvements individuels permet de classer les brochets suivis en 4 types de schémas migratoires (figure 34):

- Migration avant crue (8) : migration anticipée avant la période de crue (A). Explications possibles : mauvaise interprétation de l'augmentation des débits, perturbation à la suite du marquage, mouvements liés à d'autres besoins
- Migration aller-retour pendant la crue (10) : migration vers les zones de reproduction ou zones de refuge et capacité à retourner vers les secteurs de vie favorables (B). Explications possibles :

les individus suivant ce schéma sont majoritairement des brochets âgés et femelles. De grandes tailles, ces individus pourraient être plus territoriaux et sédentaires et retourneraient donc plus rapidement vers leur lieu de vie après la reproduction

- Migration aller simple pendant la crue (9) : aucun mouvement retour vers la première localisation (C). Explications possibles : migration vers les zones de reproduction ou zones refuge, mortalité durant la crue empêchant un retour. Les individus suivant ce schéma sont majoritairement des mâles qui pouvant féconder plusieurs femelles sont susceptibles de rester plus longtemps sur les frayères et de s’y faire piéger plus facilement au moment de la décrue
- Aucune migration effectuée (10) : faibles déplacements (D). Explications possibles : zones favorables au déroulement de l’ensemble du cycle biologique à proximité, non détection des mouvements effectués car déplacements hors du lit mineur ou encore une capacité natatoire plus faible des brochets de ce groupe dont la plupart sont de petite taille

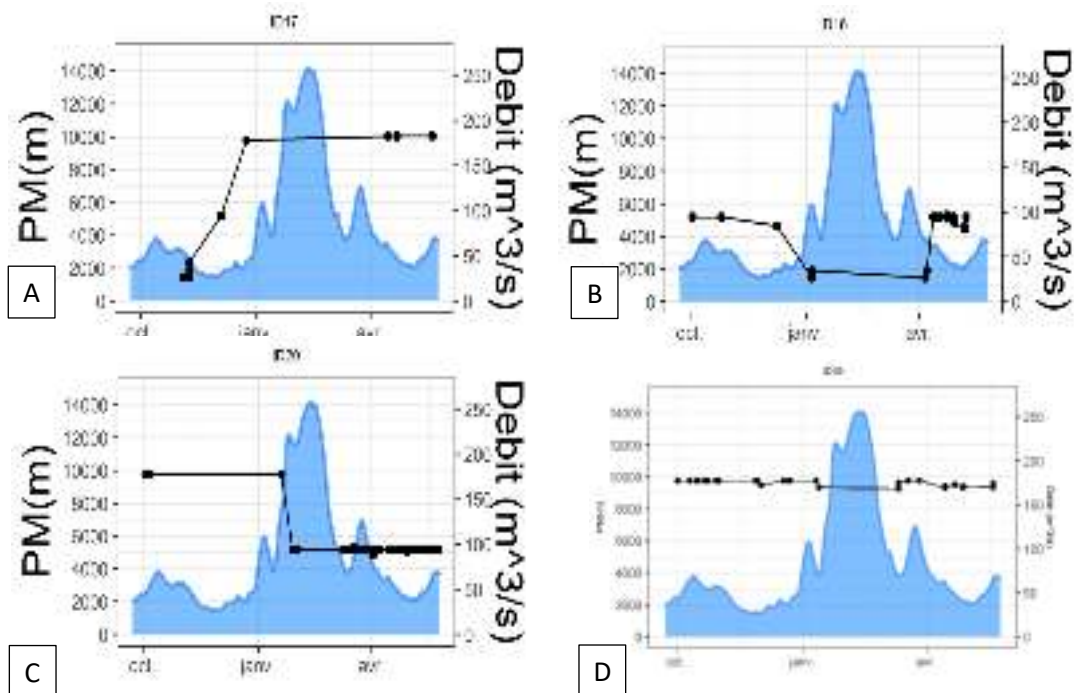


Figure 34 : Exemples de schémas migratoires selon les 4 catégories de déplacements : A exemple d’une migration avant crue, B exemple d’une migration aller-retour pendant la crue, C exemple d’aller simple pendant la crue et D exemple d’absence de migration (source : FDAAPPMA 10)

L’analyse des déplacements montre qu’une majorité des brochets suivis parcourent de grandes distances longitudinales mais qu’il n’existe pas de schéma migratoire unique. Chaque individu semble adopté une stratégie différente en fonction de ses besoins. 4 types de schémas se dessinent tout de même. Il apparaît que certains individus plus âgés ont acquis de l’expérience au regard des précédentes périodes de reproduction qui leur permet d’optimiser leurs déplacements vers les frayères et vers leur lieu de vie après leur reproduction.

Les frayères restaurées

Seule la fonctionnalité de la frayère « des îles » a été évaluée car c’est la seule annexe favorable à la reproduction du brochet. Il a été déterminé que les autres annexes ne permettaient qu’une fonction de refuge ou de repos.

Le succès de la reproduction sur la frayère a été évalué en analysant les combinaisons de facteurs favorables à la ponte (profondeurs entre 30 cm et 1 m, températures entre 6 et 12°C pendant au moins 2 jours) et à la survie des alevins jusqu'à leur phase mobile (250 degrés jours), selon la bibliographie. Un pourcentage de réussite a été calculé pour chaque jour en fonction de la fluctuation des niveaux d'eau par rapport au jour présumé de la ponte. Si la fluctuation est inférieure à 30 cm, la réussite est estimée à 100%, si elle est supérieure à 1 m, la réussite est estimée nulle, l'ensemble des œufs se trouvant alors totalement exondés.

Entre les mois de janvier et avril 2021, 70 journées, réparties en 5 périodes (figure 35), ont été considérées comme favorables à reproduction du brochet sur la frayère dont 9 jours avec 100% de succès possible. Les débits ont également été analysés comme facteur de réussite, sur les 70 journées favorables, 22 jours n'ont pas pu aboutir à des pontes à causes des variations de débits. Les journées avec les pourcentages de réussite de pontes les plus importants sont celles avec des débits les plus bas.

Une fraie de brochets a été observée le 2 mars sur la frayère « des îles » prouvant son attractivité.

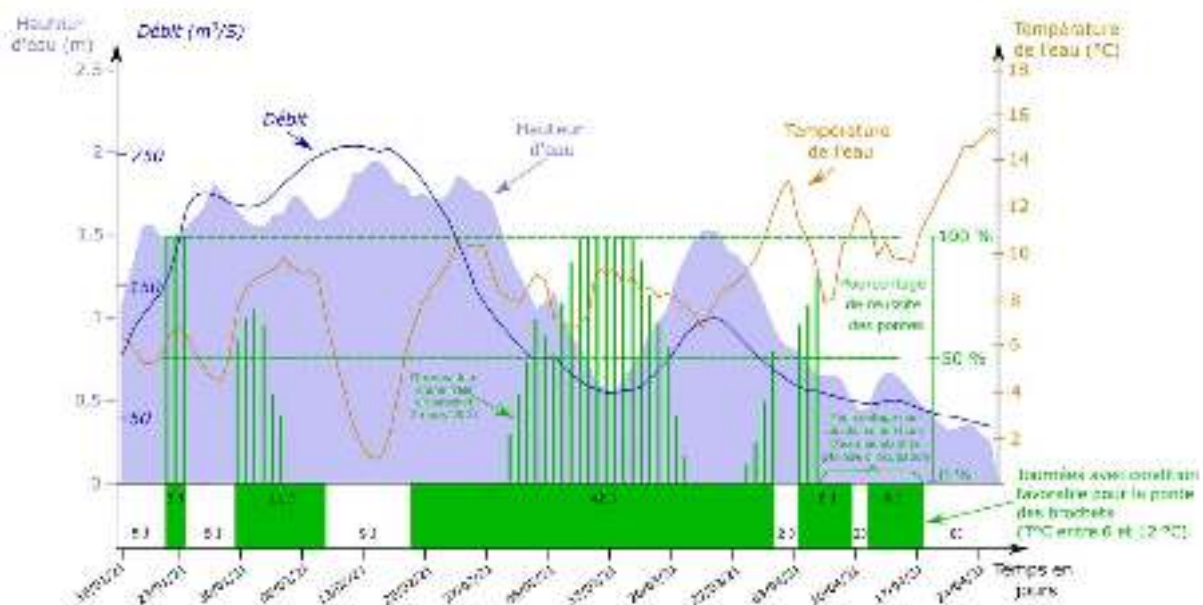


Figure 35 : Pourcentage de réussite des pontes sur la frayère « les îles », pour chaque journée favorable à la reproduction des brochets, calculé en fonction de la fluctuation des niveaux d'eau au cours des 250 degrés jours nécessaires au développement des larves (source : FDAAPPMA 10)

Pour optimiser le succès des pontes, il serait nécessaire d'améliorer l'accès aux frayères lors des faibles débits, or les seules annexes accessibles à faibles débits sont les annexes connectées en permanence au cours d'eau principal. La plupart des annexes n'étant accessibles que lors des débits importants. La restauration des annexes hydrauliques, en opérant leur réouverture, permettrait une accessibilité à faibles débits, et non plus uniquement en période de crue.

3. Impact des obstacles à la migration

Non concerné. La zone d'étude est exempte d'obstacles à la continuité écologique.

IV. Synthèse

A. Etat des lieux

Les études du cycle de vie du brochet ont été réalisées avec des méthodologies différentes, dans des environnements différents, plus ou moins anthropisés, avec des paramètres hydrologiques et physico-chimiques différents, un nombre d'individus suivis variables, etc. Bien qu'elles aient été réalisées dans des conditions différentes, ces 4 études aboutissent à des résultats communs.

Il existe une grande hétérogénéité des comportements individuels chez les brochets sur les 4 secteurs étudiés. Malgré cela, certaines observations sont communes à l'ensemble ou à plusieurs des études.

- Les distances parcourues et la taille des domaines vitaux sont variables d'un individu à l'autre, sans influence du sexe ou de la taille des brochets
- Les mouvements migratoires liés à la reproduction ont lieu lors de variations importantes de débits. C'est dans ces périodes que les brochets parcourent les plus grandes distances, à la recherche de zones de frai. Les brochets qui se sont peu déplacés sont ceux qui semblent avoir à proximité de leur habitat des zones favorables à leur reproduction
- Les brochets ont une mémoire des zones qui leurs sont le plus favorable, notamment chez les individus les plus âgés, qu'ils sont capables de rejoindre en optimisant leurs déplacements

La fédération de l'Aisne a mis en évidence l'existence de zones préférentielles au sein des domaines vitaux des brochets. Son étude montre également l'existence de 3 comportements lors des crues : les brochets explorateurs, les délaisseurs et les sédentaires. De son côté, la fédération de l'Aube a mis en évidence 4 schémas migratoires de déplacements : la migration avant crue, la migration aller simple pendant la crue, la migration aller-retour pendant la crue et l'absence de migration.

Les déplacements observés ne sont pas uniquement liés à la reproduction, des déplacements vers des zones refuge durant les crues ont été observés, de même que des déplacements liés à l'alimentation.

Cela témoigne qu'il n'existe pas de schéma migratoire unique pour les brochets et qu'il existe chez les brochets suivis une grande diversité inter-individuelle dans leurs déplacements en fonction de leurs besoins.

L'analyse des frayères restaurées sur les zones d'études a permis de montrer leur attractivité sur l'Aisne et leur fonctionnalité en Seine-et-Marne où des brochetons ont été inventoriés attestant du succès de reproduction.

Les suivis ont permis de montrer l'impact des ouvrages longitudinaux sur les populations de brochets. Les brochets de Seine-et-Marne, sont restés cloisonnés dans chacun des 2 biefs étudiés. Le bief le moins anthropisés offrant des habitats de meilleure qualité pour le brochet.

Les passes à poissons aménagées sur les secteurs d'étude dans le Calvados et la Seine-et-Marne n'ont pas été empruntées. Ces ouvrages n'ont été franchis que lors d'importantes crues avec surverses.

À la suite de ces études des dispositions ont été prises comme dans le Calvados où l'ouvrage du Pont de l'Acre a été aménagé fin 2023 pour permettre son franchissement aux anguilles mais également aux brochets grâce à la création d'une rivière de contournement (figure 36).



Figure 36 : Rivière de contournement aménagée sur l'ouvrage du pont de l'Acre (source : FDAAPPMA 14)

B. Préconisation d'action sur les 4 sites étudiés

1. Le marais de l'Aure

L'étude n'a pu être réalisée que sur peu d'individus (30). La prospection a été limitée par la présence d'ouvrages et de la submersion du marais durant plusieurs mois.

Entre mi-février et mi-mars, 4 pics de température ont pu être favorables pour une reproduction précoce. Mais, la gestion de l'eau se faisant par vannages, une ouverture trop précoce a eu lieu en mars conduisant à une diminution rapide des niveaux d'eau dans les annexes (moins 60 cm en une semaine). Cela a entraîné un assec prématuré des zones de frai et de développement des brochetons en cas de reproduction tardive (œufs non éclos ou stade nageant non atteint). Aucun brocheton n'a été capturé sur les annexes prospectées.

Il aura fallu que les vannes restent fermées de mars à mai pour assurer un temps nécessaire à la reproduction et au bon développement des juvéniles.

La préconisation principale sur le marais de l'Aure est donc le respect de l'arrêté de manipulation des vannages. Il est nécessaire d'améliorer la gestion des niveaux d'eau et de restaurer les habitats dont la qualité est altérée en :

- limitant la manipulation des vannes (éviter l'assec des zones de frai, grossissement)
- limitant le pompage en étiage,
- limitant le faucardage, en préservant la végétation rivulaire et en favorisant le développement d'hydrophytes

Avec le respect du calendrier de gestion des vannes, 22 km d'annexes verraient leurs fonctionnalités restaurées.

La concertation autour du respect de ce calendrier et la mise en place de seuils à respecter auraient des effets bénéfiques pour l'exploitation des parcelles agricoles ainsi que pour le milieu et les espèces piscicoles.

La fédération du Calvados envisage la mise en place d'un Arrêté de Protection de Biotope sur le marais.

2. La Seine en Seine-et-Marne

L'étude n'a permis de suivre que peu d'individus (12). Le COVID a empêché un suivi précis des brochets au moment de la reproduction, les suivis mobiles étant suspendus plusieurs semaines, cela a également empêché le suivi des paramètres physico-chimiques dans les frayères.

La gestion artificielle de la frayère de Jaulnes, qui n'a pas été adaptée à la reproduction du brochet en 2020, se base sur les périodes supposées de reproduction du brochet et non pas sur les périodes où les conditions du milieu seraient les plus favorables dans la frayère. La fédération de Seine-et-Marne préconise :

- La fermeture des vannes en mars-avril lorsque les débits descendent sous 100 m³/s afin de conserver des niveaux d'eau dans la frayère nécessaire au développement des brochetons
- L'ouverture des vannes en juin-juillet pour permettre aux brochetons de rejoindre le cours d'eau principal et la régénération de la végétation. Cette ouverture permettra ensuite aux brochets de pénétrer dans la frayère lorsque les conditions seront favorables à la reproduction en début d'année

Il a été envisagé d'instaurer une gestion par pâturage sur les 2 frayères pour maintenir une végétation herbacée.

L'étude montre également que certaines annexes, par leur aspect de zone humide, comme la noue de Jaulnes, en plus de jouer un rôle d'alimentation, de croissance et de reproduction, pourraient également servir pour la restauration de la continuité écologique piscicole.

L'impact des paramètres physico-chimiques sur le succès de la reproduction n'a pas pu être suivi dans les frayères, il serait intéressant de les suivre par la suite.

3. L'Aisne sauvage

Suite à l'étude, des mesures d'évolution de la gestion halieutique ont été envisagées. La réglementation dans l'Aisne, a évolué, passant d'une interdiction du prélèvement des brochets de moins de 60 cm, à une fenêtre de capture sur l'ensemble des cours d'eau de 2^{ème} catégorie avec une maille 50-70 cm, permettant le maintien des gros reproducteurs. Le quota de brochet prélevable par jour a également été fixé à un individu par personne. La mise en réserve de certaines frayères et la mise en place du no-kill sur les secteurs les plus fréquentés par les brochets sont également des pistes envisagées.

Afin de préserver de frayères fonctionnelles pour le brochet sur la zone d'étude, la restauration des frayères potentielles a été priorisée et 4 frayères ont été identifiées. La mise en place de conventions avec des propriétaires privés est envisagée pour conserver certaines frayères.

Des opérations de communication pour éviter la pose de clôtures en milieux humides sont également envisagées afin de sensibiliser le public à l'importance de la libre circulation latérale pour le brochet.

Le suivi des frayères potentielles pour la reproduction du brochet va être reconduit pour poursuivre l'acquisition de connaissance de l'espèce sur l'Aisne.

Enfin, les barrages de Berry-au-Bac et Evergnicourt étant infranchissables, sauf lors de surverse en période de crue importante, leur aménagement ou effacement est prioritaire pour assurer leur franchissement et réduire leur impact.

4. La Seine dans l'Aube

L'étude de l'Aube a montré qu'en plus d'être une espèce caractéristique de la continuité transversale, les brochets étaient capables de grands mouvements longitudinaux. Ce qui nécessite une meilleure prise en compte de l'espèce dans les travaux de restauration de la continuité écologique longitudinale.

Comme observées dans l'Aube, les importantes variations de débits jouent un rôle dans le déclenchement des migrations. La fédération de l'Aube préconise donc un maintien des variations de débits lors des épisodes de crues, même lorsque ceux-ci sont contrôlés comme c'est le cas sur la zone d'étude, afin d'assurer le déclenchement des mouvements migratoires et de garantir des niveaux d'eau suffisants dans les frayères et zones de refuge.

Un approfondissement des connaissances sur les caractéristiques et l'utilisation des habitats, autres que les frayères, par les brochets permettrait de protéger d'autres zones nécessaires à l'accomplissement du cycle de vie du brochet.

Enfin, la fédération de l'Aube suggère, pour la gestion halieutique du brochet, la mise place d'une fenêtre de capture plutôt qu'une taille minimale de capture afin de protéger les grands individus. En effet, ces individus plus âgés ont montré qu'ils acquéraient une mémoire en optimisant leurs déplacements vers les habitats qui leurs sont le plus favorable, que ce soit pour la reproduction ou pour leurs autres besoins.

C. Transposition de la méthodologie sur d'autres secteurs du bassin Seine-Normandie

L'étude initiale du rétablissement des continuités latérales prévoyait le suivi de 4 secteurs. Une réutilisation à long terme du matériel par les fédérations du bassin Seine Normandie pour reproduire les méthodologies éprouvées a été envisagée pour :

- La restauration des connectivités latérales et des zones humides
- L'évaluation de l'impact d'obstacles et l'efficacité de leurs dispositifs de franchissement
- L'étude du comportement d'espèces invasives afin d'envisager d'éventuelles actions

Une première étude a été réalisée dans l'Oise en 2021 et 2022 afin de suivre les brochets sauvages et issus de piscicultures de l'Aisne, pour acquérir des connaissances sur les déplacements de l'espèce, identifier les frayères à préserver et réhabiliter des sites non utilisés par les brochets. Des résultats similaires à ceux des 4 premiers suivis ont été observés comme : de plus grands déplacements effectués lors de la période de reproduction, la variabilité des déplacements selon les individus indépendamment de l'âge, du sexe ou de l'origine du poisson, une mémorisation des sites favorables.

D'autres fédérations se sont montrées intéressées pour transposer cette méthodologie de suivi sur leur territoire.

V. Valorisation des études

Ces études ont été valorisées de différentes manières. Les liens vers ces supports sont disponibles dans la bibliographie.

- Communication et sensibilisation à destination des pêcheurs et du grand public (figure 37) au moment de l'étude (implantation de panneaux explicatifs sur les parcours de pêche, affiches sur la présence de poissons marqués, réunions d'informations)

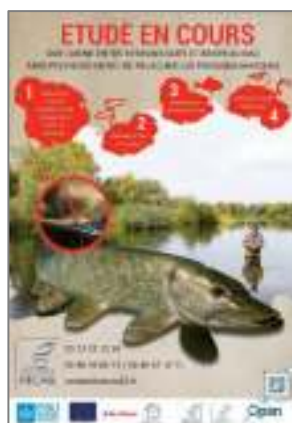


Figure 38 : Exemple de communications faites auprès des pêcheurs (sources : FDAAPPMA 77, FDAAPPMA 02, FDAAPPMA 14)

Figure 37 : Exemple d'article publié sur le site de l'OPSN

- Articles de presse
- Mise en ligne de vidéos réalisées par l'UFBSN pour le lancement des études
- 5 articles dédiés sur le site de l'Observatoire des poissons Seine Normandie (figure 38)
- Les rapports d'étude (figure 39)



Figure 39 : Rapports des 4 études menées sur les continuités latérales

- 4 vidéos de valorisation des résultats (figures 40)



Figure 40 : Miniatures des vidéos réalisées pour présenter les résultats des études sur les continuités latérales

- Communications internes des fédérations (figure 41)



Figure 41 : Synthèses 4 pages des fédérations de l'Aisne et de l'Aube

- Publications scientifiques (figure 42)



Figure 42 : Publication d'un article scientifique dans la revue Cybium (FDAAPPMA 02) et participation à un poster dans le cadre de l'étude CONSACRE (FDAAPPMA 02 et FDAAPPMA 10)

VI. Bibliographie

Chevallier, E., Denys, G. P. J., Marlot, R., Duntze, M., Mierral, A., Fasquel, A., Dhainaut, M., & Boucault, J. (2023). Behaviour of two predator fishes *Esox lucius* Linnaeus, 1758 and *Silurus glanis* Linnaeus, 1758 during two successive floods in the French Aisne River. *Cybium*, 47(1): 79-99. <https://doi.org/10.26028/CYBIUM/2023-471-007>

Fédération départementale de l'Aisne pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (2022). Etude comportementale du Brochet (*Esox lucius* Linnaeus, 1758) par télémétrie dans la rivière Aisne. <https://qrco.de/bcvunw>

Fédération départementale de l'Aisne pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (2022). Plaquette étude comportementale du Brochet sur la rivière Aisne. https://www.peche02.fr/cms_viewFile.php?idtf=33292&path=Plaquette-Etude-comportementale-du-Brochet-sur-la-riviere-Aisne.pdf

Fédération départementale de l'Aube pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (2022). Etude comportementale du Brochet Commun (*Esox lucius* (L.)). Analyse du rôle des paramètres environnementaux et biologiques dans le processus de migration longitudinale. fedepeche10.fr/images/2023/Rapport_complet.pdf

Fédération départementale de l'Aube pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (2022). Etude comportementale du Brochet Commun (*Esox lucius* (L.)). Plaquette étude comportementale du Brochet dans l'Aube. https://www.observatoire-poissons-seine-normandie.fr/wp-content/uploads/espace-prive/Depliant-etude-brochet-FDAAPPMA-10_comprimee.pdf

Fédération départementale du Calvados pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (2021). Etude comportementale du Brochet dans les marais de l'Aure : Optimisation de la gestion hydraulique et de la libre circulation piscicole.

Fédération départementale de la Seine-et-Marne pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (2020). Étude du brochet (*Esox lucius*) et de ses frayères sur la Seine. https://www.observatoire-poissons-seine-normandie.fr/wp-content/uploads/espace-prive/Rapport_FINAL_Marion.pdf

Grimaud M. (2020). Étude du brochet (*Esox lucius*) et de ses frayères sur la Seine.

Houeix K., Lesimple M., Villalta R. (2017). Etudes des frayères à brochets sur les axes navigables de Seine-et-Marne.

Poster CONSACRE : Suivi des déplacements du Brochet par deux méthodes de télémétrie (LEHNA, FDAAPPMA 02) https://www.seine-aval.fr/wp-content/uploads/2022/11/Fede_peche_Brochets.pdf

UF BAG (2014). Guide technique pour la restauration des frayères à brochet. Edition 2014.

UFBSN (2020). Comportement du brochet—étude radiopistage. OPSN. <https://www.observatoire-poissons-seine-normandie.fr/comportement-du-brochet-letude-radiopistage/>

UFBSN (2020). Comportement du brochet : le lancement de l'étude radiopistage : Seine et Marne, Calvados. OPSN. <https://www.observatoire-poissons-seine-normandie.fr/comportement-du-brochet-le-lancement-de-letude-radiopistage/>

UFBSN (2021). Radiopistage des brochets de la Seine. OPSN. <https://www.observatoire-poissons-seine-normandie.fr/radiopistage-des-brochets-de-la-seine/>

UFBSN (2021). Oise : lancement du suivi des brochets de l'Aisne. <https://www.observatoire-poissons-seine-normandie.fr/oise-lancement-du-suivi-des-brochets-de-laisne/>

UFBSN (2023). Comportement du brochet : résultats du suivi acoustique dans l'Aube. <https://www.observatoire-poissons-seine-normandie.fr/resultats-du-suivi-acoustique-des-brochets-dans-laube/>

UFBSN (2023). Etude comportementale du brochet : résultats du suivi sur l'Aisne. <https://www.observatoire-poissons-seine-normandie.fr/etude-comportementale-du-brochet-resultats-du-suivi-sur-laisne/>

UICN Comité français, MNHN, SFI & AFB (2019). La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Poissons d'eau douce de France métropolitaine. Paris, France

Vidéos Youtube :

Fédération départementale de l'Aisne pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (2022). Etude comportementale du Brochet dans l'Aisne.

<https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=5PW3b4Uz3Gw&feature=youtu.be>

UFBSN (2019). L'étude radiopistage : les brochets sont suivis dans le Calvados.

<https://www.youtube.com/watch?v=YUAGtrqEJk>

UFBSN (2020). Le lancement du suivi des brochets dans l'Aube. <https://www.youtube.com/watch?v=y2fDHljjRjo>

UFBSN (2020). Le lancement du suivi comportemental des brochets dans l'Aisne.

<https://www.youtube.com/watch?v=ZZ8xJOFcORY&t=17s>

UFBSN (2021). Radiopistage des brochets en Seine-et-Marne.

<https://www.youtube.com/watch?v=31VeVHtTQMw&t=180s>

UFBSN (2021). Radiopistage des brochets dans le Calvados. <https://www.youtube.com/watch?v=olbWUnEIFbQ>

UFBSN (2021). Lancement du suivi des brochets de la rivière Aisne.

<https://www.youtube.com/watch?v=gPjtm4M-2Y4&t=43s>

UFBSN (2023). Suivi acoustique des brochets dans l'Aube.

<https://www.youtube.com/watch?v=OHMLztIVuCo&t=1s>

VII. Illustrations

Figure 1 : Frayère de Pignicourt (source : FDAAPPMA 02)	3
Figure 2 : Cycle de vie simplifié du brochet (source : UFBAG, 2014)	3
Figure 3 : La Seine (source : FDAAPPMA 10)	4
Figure 4 : Cartographie des sites d'étude.....	5
Figure 5 : Planning des études	5
Figure 6 : Capture des brochets par pêche électrique à l'aide d'un electrofishing boat	6
Figure 7 : Exemple d'émetteur acoustique de 42mm (à gauche) et brochet après marquage chirurgical (à droite).....	6
Figure 8 : Suivi acoustique par hydrophone fixe (à gauche) et mobile à l'aide d'hydrophones embarqués (à droite) (source : FDAAPPMA 10)	6
Figure 9 : Brochet marqué avec une marque spaghetti	7
Figure 10 : Suivi radio poste fixe sur le vannage du Pont de l'Acre à gauche (source : FDAAPPMA 14) et suivi radio mobile depuis les berges (source : FDAAPPMA 02)	7
Figure 11 : Marais de l'Aure (source : FDAAPPMA 14).....	8
Figure 12 : Carte de la zone d'étude sur le Marais de l'Aure (source : FDAAPPMA 14).....	9
Figure 13 : Carte des annexes fonctionnelles du marais de l'Aure (source : FDAAPPMA 14)	10
Figure 14 : Distances cumulées parcourues par les brochets les plus détectés en fonction des niveaux d'eau (source : FDAAPPMA 14).....	11
Figure 15 : Marais de l'Aure ennoyé (source : FDAAPPMA 14)	12
Figure 16 : Gestion hydraulique 2019-2020 du vannage de Monfréville (source : FDAAPPMA 14)	13
Figure 17 : Carte de la zone d'étude de la Seine en Seine-et-Marne (source : FDAAPPMA 77)	14
Figure 18 : Frayère de Villiers (source : FDAAPPMA 77).....	15
Figure 19 : Etendue des domaines vitaux des brochets marqués dans le bief de Jaulnes pendant la période de migration (A) et la période post-reproduction (B) et dans le bief du Vezoult pendant la période de migration (C) et la période post-reproduction (D) (source : FDAAPPMA 77).....	16
Figure 20 : Hauteur d'eau et température de l'eau enregistrées dans les frayères de Villiers et de Jaulnes. Les seuils de conditions favorables à la reproduction du brochet sont indiqués par les traits en pointillés. Les étapes de développement du brochet ont été délimitées d'après les valeurs seuils, lorsque les conditions de hauteur d'eau et de températures étaient vérifiées (source : FDAAPPMA 77)	17
Figure 21 : Suivi de frayère (source : FDAAPPMA 77)	18
Figure 22 : Secteur de l'Aisne sauvage (source : FDAAPPMA 02).....	19
Figure 23 : Carte de la zone d'étude sur l'Aisne et de ses principales caractéristiques (source : FDAAPPMA 02)	19
Figure 24 : Cartographie des frayères potentielles (source : FDAAPPMA 02).....	20
Figure 25 : Placement des points enregistrés sur les domaines vitaux et mise en évidence de l'existence d'un « domaine préférentiel » au sein du domaine vital (source : FDAAPPMA 02).....	21
Figure 26 : Comparaison des comportements des brochets lors des trois principales crues enregistrées depuis le début de l'étude, en termes d'utilisation d'habitats (source : FDAAPPMA 02)	22
Figure 27 : Illustrations des 3 comportements observés lors des crues : exemple de brochet délaisseur (a), explorateur (b) et sédentaire (c) (source : FDAAPPMA 02).....	23
Figure 28 : Lien entre l'évolution de la température dans les frayères et le cycle reproductif du brochet, et déduction des périodes de pontes probables (source : FDAAPPMA 02)	24
Figure 29 : Taux d'entrées après passage sur les frayères de Pignicourt et de Guignicourt (source : FDAAPPMA 02).....	24

Figure 30 : Secteur de la Seine auboise.....	26
Figure 31 : Carte de la zone d'étude dans l'Aube (source : FDAAPPMA 10)	26
Figure 32 : Carte des frayères restaurées ou non sur le secteur d'étude (source : FDAAPPMA 10)	27
Figure 33 : Caractérisation des différents mouvement significatifs (source FDAAPPMA 10).....	28
Figure 34 : Exemples de schémas migratoires selon les 4 catégories de déplacements : A exemple d'une migration avant crue, B exemple d'une migration aller-retour pendant la crue, C exemple d'aller simple pendant la crue et D exemple d'absence de migration (source : FDAAPPMA 10)	29
Figure 35 : Pourcentage de réussite des pontes sur la frayère « les Iles », pour chaque journée favorable à la reproduction des brochets, calculé en fonction de la fluctuation des niveaux d'eau au cours des 250 degrés jours nécessaires au développement des larves (source : FDAAPPMA 10).....	30
Figure 36 : Rivière de contournement aménagée sur l'ouvrage du pont de l'Acre (source : FDAAPPMA 14).....	32
Figure 38 : Exemple d'article publié sur le site de l'OPSN	35
Figure 37 : Exemple de communications faites auprès des pêcheurs (sources : FDAAPPMA 77, FDAAPPMA 02, FDAAPPMA 14).....	35
Figure 39 : Rapports des 4 études menées sur les continuités latérales	35
Figure 40 : Miniatures des vidéos réalisées pour présenter les résultats des études sur les continuités latérales	36
Figure 41 : Synthèses 4 pages des fédérations de l'Aisne et de l'Aube.....	36
Figure 42 : Publication d'un article scientifique dans la revue Cybium (FDAAPPMA 02) et participation à un poster dans le cadre de l'étude CONSACRE (FDAAPPMA 02 et FDAAPPMA 10)	36