

Rapport d'étude

*Inventaire, diagnostic et proposition d'un programme de
restauration des annexes hydrauliques de l'Othain en lien
avec la reproduction du brochet (Esox lucius)*

Rédigé par :

- **DIDESCH Corentin** - Étudiant en 2^{ème} année de Master Gestion Conservatoire et Restauration des Écosystèmes à l'Université de Lorraine

Sous la responsabilité de :

- **Monsieur Brand Simon** - Chargé de Mission « Milieux Aquatiques » à la Fédération de la Meuse pour Pêche et la Protection du Milieu Aquatique

Etude réalisée du 05/02/2024 au 02/08/2024

Table des matières

◆ I- Introduction	1
◆ II- Contexte de l'étude	2
2.1 / Le bassin versant de l'Othain	2
2.1.1 Généralités	2
2.1.2 L'hydrologie et la géologie	2
2.1.3 Les menaces	2
2.2 / Les annexes hydrauliques	3
2.2.1 Généralités	3
2.2.2 Formation et évolution morphodynamique des annexes hydrauliques	3
2.2.3 Le rôle des annexes hydrauliques	4
2.3 / Espèce repère, le brochet	4
2.3.1 Généralités	4
2.3.2 Les habitats	5
2.3.3 La reproduction	5
◆ III- Matériels et Méthodes	6
3.1 / Échantillonnage et collecte des données	6
3.1.1 Création d'un protocole d'étude et choix des types hydromorphologiques	6
3.1.2 Développement des outils cartographiques	8
3.1.3 Analyse du peuplement piscicole	8
3.1.4 Proposition d'un programme de restauration	9
3.2 / Analyse des données écologiques	10
3.2.1 Analyse des superficies relatives à chaque type hydromorphologique	10
3.2.2 État de dégradation des annexes hydrauliques de l'Othain	10
3.2.3 Relations entre qualité des annexes hydrauliques et critères d'étude	10
◆ IV- Résultats	11
4.1 / Généralités sur les annexes hydrauliques de l'Othain	11
4.1.1 Typologie des annexes hydrauliques recensées	11
4.1.2 Le potentiel de frayère des annexes hydrauliques	12
4.2 / Étude des caractéristiques hydromorphologiques, d'habitats et de dégradation	13
4.2.1 Relations entre qualité des annexes hydrauliques et critères d'étude	13
4.2.2 État de dégradation des annexes hydrauliques	14
4.3 / Communautés piscicoles des annexes hydrauliques de l'Othain	16
◆ V- Discussion	17
5.1 / Généralités sur les annexes hydrauliques de l'Othain	17
5.2 / Évaluation du potentiel de frayère des annexes hydrauliques de l'Othain	17
5.2.1 Évaluation de la qualité des annexes hydrauliques	17
5.2.2 Classe de qualité, un autre regard sur les annexes hydrauliques	18

5.2.2.1 Classe de qualité médiocre	18
5.2.2.2 Classe de qualité moyenne	19
5.2.2.3 Classe de qualité bonne	20
5.3 / État de dégradation des annexes hydrauliques de l'Othain - - - - -	20
5.4 / Peuplement piscicole de l'Othain - - - - -	21
5.4.1 La reproduction du brochet	21
5.4.2 La présence d'espèces exotiques envahissantes	22
5.5 / Programme de restauration des annexes hydrauliques de l'Othain - - - - -	22
5.6 / Critiques et perspectives de l'étude - - - - -	23
◆ VI- Conclusion	24
◆ VII- Bibliographie	25

Table des illustrations :

Figure 1 : Cartographie de la zone d'étude (bassin versant de l'Othain).	2
Figure 2 : Régime hydrographique de l'Othain à partir de la station de Othe.	2
Figure 3 : Représentation schématique du Brochet commun (<i>Esox lucius</i>).	4
Figure 4 : Cycle de reproduction du brochet d'après Chancerel (2003).	5
Figure 5 : Illustration d'une pêche électrique. Source : FDPPMA55.	8
Figure 6 : Schéma décisionnel des sites à priorité de gestion selon les classes de qualité, les charges de travail et les observations de terrain.	9
Figure 7 : Répartition des types hydromorphologiques selon les effectifs (A) et les surfaces (B).	11
Figure 8 : Répartition des surfaces moyennes d'annexes selon les types hydromorphologiques.	11
Figure 9 : Surface des annexes hydrauliques de l'Othain en fonction des types hydromorphologiques et des classes de qualité en tant que frayère à brochets.	12
Figure 10 : Représentation des annexes hydrauliques selon les critères d'études à partir de l'analyse en composantes principales.	13
Figure 11 : Répartition des types de travaux envisagés sur les annexes hydrauliques de l'Othain.	14
Figure 12 : Représentation des types hydromorphologiques selon les classes de travail à partir de l'analyse factorielle des correspondances.	15
Figure 13 : Effectifs des communautés piscicoles inventoriées lors des pêches électriques sur six annexes hydrauliques.	16
Tableau 1 : Liste des critères pour l'analyse des caractéristiques hydromorphologiques et du fonctionnement hydraulique.	6
Tableau 2 : Liste des critères pour l'analyse des habitats présents pour le brochet.	7
Tableau 3 : Classe de qualité des annexes hydrauliques.	7
Tableau 4 : Analyse du potentiel de restauration sur les annexes.	7
Tableau 5 : Liste des sites inventoriés par pêche électrique.	9
Tableau 6 : Liste des variables explicatives.	10

Liste des abréviations, sigles et acronymes

AAPPMA : Association Agréée pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique

ACP : Analyse en Composantes Principales

AFC : Analyse Factorielle des Correspondances

EEE : Espèces Exotiques Envahissantes

FDPPMA : Fédération Départementale pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique

PDPG : Plan Départemental de Protection des milieux aquatiques et de Gestion des ressources Piscicoles

RDA : Analyse Canonique des Redondances

SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SIG : Système d'Information Géographique

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

I- Introduction

En Europe, 87 % des zones humides ont disparu depuis le 20^{ème} siècle. La France n'est pas non plus épargnée, avec la disparition de ces milieux estimée à hauteur de 60 % depuis 1960 (Barnaud, 1997). L'Homme, le seul responsable de la perte des zones humides, a historiquement lutté contre ces milieux jugés comme insalubres et dangereux car ne pouvant les maîtriser. Les progrès techniques ont inversé la tendance et les Hommes ont commencé à les modifier puis les détruire, au détriment des équilibres biologiques et de leurs fonctionnalités (COMITÉ INTERMINISTÉRIEL DE L'ÉVALUATION DES POLITIQUES PUBLIQUES, 1994). Les pressions exercées sur les zones humides sont multiples, mais il ressort davantage que l'artificialisation des sols, le changement d'usage des terres avec le drainage des sols et l'introduction d'espèces exotiques envahissantes sont les principaux facteurs explicatifs de leur destruction (Office Français de la Biodiversité, 2020). Par définition, les annexes hydrauliques représentent l'ensemble des zones humides alluviales en relation permanente ou temporaire avec le milieu courant par des connexions superficielles ou souterraines (Comité de Bassin Rhin-Meuse, 2022).

L'Othain est une rivière qui s'étend sur 67 kilomètres au nord-est du département de la Meuse, traversant quelques zones enclavées de Meurthe-et-Moselle. Présente dans le bassin ferrifère lorrain, elle a longtemps fait l'objet de remaniements pour accueillir les eaux d'exhaures des mines. Depuis l'arrêt de ces rejets en 2004 et du soutien à l'étiage (Vaute & Soulas, 2007), les débits sont en baisse avec des périodes d'assec à l'amont pendant l'étiage (Rodriguez & al., 2004). Le régime hydraulique d'un cours d'eau est sans doute la clé de voûte du bon fonctionnement écologique de cet hydrosystème. Ces perturbations et modifications auront forcément une incidence sur les habitats et les espèces qui composent l'Othain. Des études montrent que des régimes hydrauliques stables favorisent la présence d'espèces spécialistes, tandis que les régimes perturbés induisent plutôt des communautés composées par des espèces généralistes (Poff et Allan, 1995). Le brochet est l'espèce piscicole repère de l'Othain. Ainsi, leur présence traduit du bon fonctionnement (FDPPMA55, 2006). Les exigences écologiques du brochet en font un excellent indicateur de la qualité des écosystèmes. De plus, considéré comme une espèce « parapluie », sa conservation entraîne la protection d'un grand nombre d'espèces. Par conséquent, étudier les annexes hydrauliques, principaux sites de reproduction du brochet permet de mieux comprendre les facteurs de dégradation. En analysant les conditions environnementales de ces milieux et en attestant du succès de la reproduction, il est donc possible de proposer des mesures de gestion adaptées à la conservation de l'espèce et à l'amélioration de la qualité des milieux aquatiques dans leur ensemble.

Cette étude s'inscrit dans la continuité des inventaires d'annexes hydrauliques réalisés par la fédération de pêche de la Meuse depuis 2008. Initialement réalisée sur le fleuve de la Meuse (FDPPMA55, 2009), la fédération a décidé d'étendre ce type d'étude sur l'Othain. L'enjeu est d'apporter les connaissances nécessaires pour comprendre leur fonctionnement et de mieux les restaurer et les protéger. Ainsi, est-ce que les annexes hydrauliques présentes sur l'Othain sont susceptibles de pérenniser les populations de brochets (*Esox lucius*) ?

Pour réaliser l'étude, et ainsi répondre aux objectifs suivants : identifier les annexes, caractériser ces dernières en termes d'habitats et de restauration, un protocole a été créé. Plus précisément, ce dernier permet, grâce aux relevés réalisés sur le terrain de répondre aux objectifs par des analyses réalisées ultérieurement. Ces analyses se basent sur trois groupes d'indicateurs : les caractéristiques hydromorphologiques et le fonctionnement hydraulique des sites, la description des habitats présents pour le brochet et le potentiel de restauration des sites. Toutes les données collectées sont stockées à la fois dans une base de données Excel pour les relevés de terrain, et également dans un système d'information géographique (QGIS). Cette base de données fournit les éléments de localisation pour chaque annexe ainsi que pour les classes de végétation aquatiques et terrestres identifiées. Le résultat attendu est un état de dégradation général des annexes hydrauliques avec la capacité d'améliorer la fonctionnalité par la mise en œuvre de projets de restauration.

II- Contexte de l'étude

2.1 Le bassin versant de l'Othain

2.1.1 Généralités

D'une longueur de 67 kilomètres, l'Othain (code sandre : B43-0200) est une rivière de deuxième catégorie piscicole qui prend sa source sur la commune de Gondrecourt-Aix en Meurthe-et-Moselle et conflue en rive gauche avec la Chiers dans la commune de Montmédy, en Meuse. La rivière chemine à travers un bassin versant de 247 km² (FDPPMA55, 2006) séparé par deux contextes piscicoles (figure 1) en formant des réseaux hydrographiques dans lesquels les populations piscicoles fonctionnent de façon autonome (réalisent l'ensemble de leur cycle de vie). Ces contextes sont gérés en partie par les fédérations départementales de pêche de Meurthe-et-Moselle (contexte « Othain 1 ») et de Meuse (contexte « Othain 2 »).

2.1.2 L'hydrologie et la géologie

L'Othain est alimenté par de nombreux affluents, qui parcourent dans leur globalité plus de 200 km. Les plans d'eau représentent 49 ha, mais la totalité des surfaces hydrographiques (mares, réservoirs, plans d'eau, etc.) couvre plus de 132 ha de milieux aquatiques dans le bassin versant de l'Othain (source : BD Topo version 3.0). La rivière subit des assèchs estivaux réguliers (figure 2) causés par l'arrêt des rejets d'eau d'exhaure (Rodriguez & al, 2004) dans l'Othain et, par conséquent, des secteurs sont devenus surdimensionnés par rapport aux débits observés à la suite de l'arrêt des rejets (FDPPMA54, 2020) (figure 2).

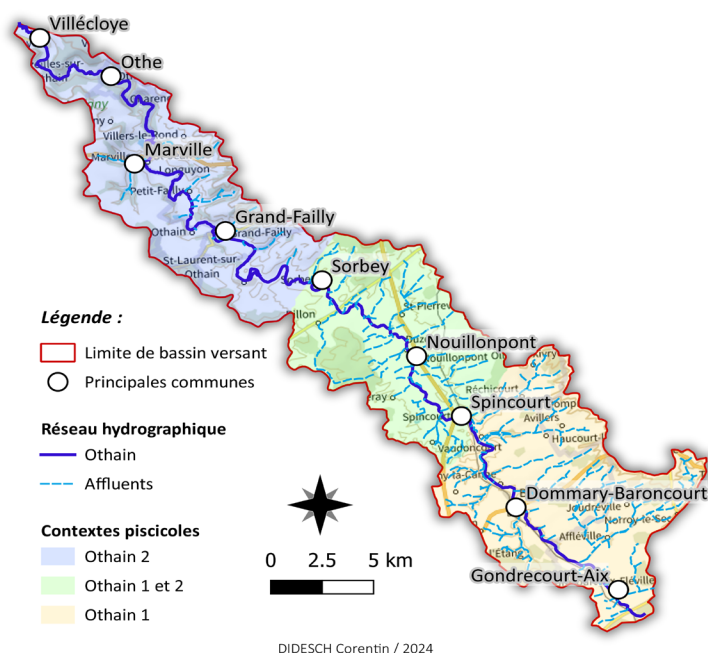


Figure 1 : Cartographie de la zone d'étude (bassin versant de l'Othain).
La coloration est réalisée selon le contexte piscicole.

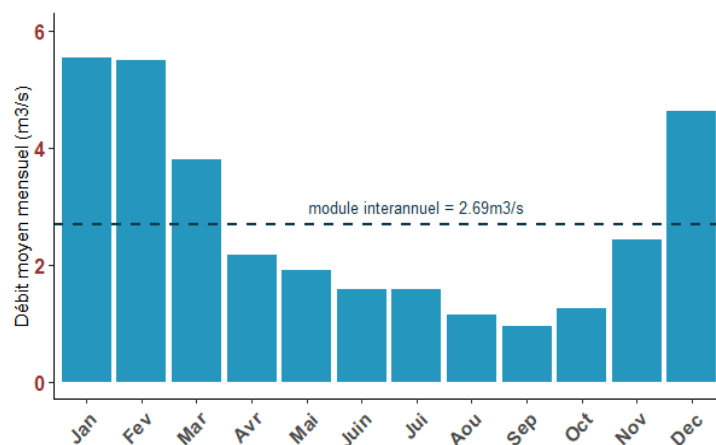


Figure 2 : Régime hydrographique de l'Othain à partir de la station de Othe.
La droite en pointillé caractérise le débit moyen interannuel et les débits moyens mensuels sont calculés sur la période du 01/01/1968 au 01/04/2024.

L'Othain repose sur quatre domaines hydrogéologiques (FDPPMA54, 2020) comprenant principalement :

- Les argiles du Callovo-Oxfordien de la Woëvre, principalement en zone amont, avec des problématiques de ruissellement en zone agricole.
- Les calcaires de Dogger des Côtes de Moselle Nord, majoritaires dans la zone aval, favorisant les infiltrations et la dégradation des eaux souterraines par les pesticides et les nitrates.

Plus faiblement représentés au niveau de la confluence avec la Chiers (FDPPMA55, 2006) :

- Les argiles du Lias des Ardennes.
- Les alluvions quaternaires de la Chiers.

2.1.3 Les menaces

Au-delà des débits en baisse causés par l'arrêt du rejet des eaux d'exhaure, plusieurs études mentionnent des impacts sur le lit majeur et mineur de l'Othain.

Concernant le lit majeur, la présence des zones urbanisées participe au transfert rapide des crues, empêchant la recharge de la nappe phréatique et aggravant les étiages estivaux. De plus, ce transfert rapide participe à la destruction des zones humides (DIREN, 1998). La ripisylve, parfois présente en abondance sur certains secteurs, peut apparaître absente sur de longs linéaires. Son absence est généralement liée à la destruction des berges par le piétinement des bovins (SIE, 2013) ou encore par l'activité agricole avec le retournement des zones prairiales au profit des cultures céréalières.

Le lit mineur est principalement impacté par la rectification des méandres, induisant une accélération des crues et favorisant l'érosion en aval. Les habitats y sont impactés par l'uniformisation des profondeurs et de la granulométrie, avec comme conséquence la perte de faune, de flore et d'autoépuration (DIREN, 1998 ; Commission Locale de l'Eau du SAGE du Bassin Ferrifère, 2015). Dernièrement, la présence de nombreux seuils tend à favoriser l'uniformisation des faciès d'écoulement et de la destruction des zones humides. De plus, on observe la destruction des niches écologiques pour les espèces de milieu lotique (chevesnes, barbeaux, etc.), remplacées par les espèces de milieu lentique (carpes, brêmes, etc.).

Plus récemment, les Plans Départementaux pour la Protection des milieux aquatiques et la Gestion des ressources Piscicoles (FDPPMA55, 2006 ; FDPPMA54, 2020) mentionnent la présence d'espèces exotiques envahissantes sur l'Othain. Aux niveaux piscicoles et astacicoles, on retrouve le Goujon asiatique (*Pseudorasbora parva*), la Perche soleil (*Lepomis gibbosus*) et l'Écrevisse américaine (*Orconectes limosus*). Concernant les plantes exotiques envahissantes, on retrouve la Renouée du Japon (*Reynoutria japonica*) et l'Élodée du Canada (*Elodea canadensis*). Enfin, une dernière espèce exotique envahissante est recensée, il s'agit d'un rongeur, le Ragondin (*Myocastor coypus*). Toutes ces espèces représentent une menace pour les populations autochtones de par leurs interactions de compétition, de prédation et de transmission des maladies.

2.2 Les annexes hydrauliques :

2.2.1 Généralités

Les annexes hydrauliques, composantes majeures du fonctionnement des cours d'eau, caractérisent la dynamique des rivières en termes d'érosion et de sédimentation (Tockner & al, 2008). Amoros (1987) les définit à partir de quatre dimensions : longitudinale (de l'amont vers l'aval), transversale (du cours d'eau vers sa plaine alluviale et de ses interactions), verticale (entre la nappe aquifère et l'écosystème de surface) et temporelle (le régime hydrologique et l'évolution du milieu). Ce sont des milieux du patrimoine naturel d'une grande richesse dont 40 % des espèces mondiales dépendent et jouent un rôle majeur face aux changements climatiques en diminuant l'intensité des crues, en rafraîchissant les milieux urbains et en stockant du carbone (Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires, 2024).

2.2.2 Formation et évolution morphodynamique des annexes hydrauliques

En prenant l'exemple d'un bras mort, sa vitesse de création est soumise à la présence de méandres eux-mêmes soumis à l'érosion et à la sédimentation (Amoros & Petts, 1993). Différents facteurs entrent en compte, tels que : la pente, la granulométrie du lit et des berges ainsi que la présence, l'absence et le type de végétation sur les berges (Malavoi & Souchon, 1996). Dès lors, divers mécanismes expliquent la formation des bras morts (annexe 1). Le recoupement par déversement peut brièvement être expliqué par la création d'un chenal préférentiel connecté à l'amont et à l'aval, isolant ainsi l'ancien chenal et formant un bras mort (Le Coz, 2007). Un autre cas de figure est le recoupement par tangence (Le Coz, 2007), expliqué par le resserrement de la base d'une boucle d'un méandre, isolant cette dernière avec le temps (formation d'un lac d'oxbow). Enfin, les activités humaines influent sur la création des annexes hydrauliques par le recalibrage, la rectification ou encore la création de cheneaux. Il s'ensuit une évolution morphodynamique des bras morts à travers deux processus d'atterrissement (Le Coz, 2007). L'obstruction rapide des embouchures, caractérisée par le dépôt de charge de fond à l'amont et à l'aval ou par l'alluvionnement progressif des plans d'eau avec le dépôt de particules fines, accompagnée d'un développement de la végétation.

Naturellement, les annexes hydrauliques évoluent par le passage d'un état aquatique vers un état terrestre. La végétation ainsi établie, évolue à partir des processus de succession écologique où les populations végétales progressent vers un stade théorique final dit « climacique » : la forêt alluviale. Cependant, la succession écologique peut être interrompue par la dynamique fluviale avec une remise en eau des annexes lors des crues, par le battement de la nappe aquifère (Amoros & al, 1988) ou encore par les interventions humaines.

2.2.3 Le rôle des annexes hydrauliques

La diversité des annexes participe à la diversité des peuplements (faunistiques ou floristiques) qui les utilisent. De nombreuses études démontrent l'importance des annexes en termes d'habitat, d'alimentation ou encore de sites pour la reproduction vis-à-vis de grands groupes faunistiques. Par exemple, dans leur étude, Godreau et al (1999) montrent que les odonates affectionnent ces sites. En effet, l'inventaire réalisé sur les annexes de la Saône a permis de mettre en évidence une diversité taxonomique de 40 espèces, équivalent à 43% des espèces représentées en France métropolitaine.

Concernant l'ichtyofaune, les rôles joués par les annexes sont divers. Selon la connectivité de ces dernières, les poissons y trouvent des sites de reproduction avec des espèces lithophiles (dépendant des fonds pierreux et frayant sur un substrat de pierres) sur les sites fortement connectés et des espèces phytophiles (déposant les œufs sur la végétation immergée) sur les sites les moins connectés. Outre la reproduction, les annexes agissent comme des caches où les espèces s'y réfugient lors des crues ou des périodes d'étiages (Amoros & al, 1988 ; Malavoi & Souchon, 1996) et s'y développent lors des premiers stades de croissance.

Finalement, les annexes jouent un rôle sur les différents services écosystémiques. Ces milieux jouent un rôle de régulation en limitant l'impact des crues (effondrement des ponts, inondations,...) (Malavoi & Souchon, 1996), permettent l'épuration des eaux avec la réduction du lessivage des composés azotés et phosphatés dans le lit mineur. Enfin, les services culturels que rendent les annexes sont associés à la valeur patrimoniale de ces dernières ou encore à des aspects récréatifs comme la pêche de loisir.

2.3 Espèce repère, le brochet :

2.3.1 Généralités



Figure 3 : Représentation schématique du Brochet commun (*Esox lucius*).

Le brochet (*Esox lucius*) est une espèce de l'ordre des Esociformes. Outre le Brochet commun, quatre autres espèces sont présentes dans le monde. En France, outre le Brochet commun, on retrouve le Brochet aquitain (*Esox aquitanicus*) et le brochet italien (*Esox cisalpinus*). Morphologiquement, l'espèce présente une tête pointue et un corps fusiforme avec une nageoire dorsale très reculée, opposée à la nageoire anale (figure 3). Sa coloration varie mais reste globalement verte sur le dos avec un dégradé de blanc et de jaune au niveau du ventre, surmonté au niveau des flancs par une ponctuation jaunâtre (figure 3), le tout, conférant à l'espèce un mimétisme dans les herbiers, assurant principalement la survie des juvéniles et le succès de chasse.

Prédateur au sommet de la chaîne alimentaire, le brochet est carnivore, sauf au stade alevin où il est planctonophage. Durant les premiers stades de développement, l'alimentation est centrée sur le plancton et les invertébrés. Par la suite, le brochet s'alimente sur tout type de proies, mais il reste principalement ichtyophage. L'espèce présente un comportement de cannibalisme en plus d'être un grand opportuniste qui s'alimente parfois d'amphibiens, d'écrevisses ou encore d'oiseaux (Keith & al., 2011).

Dans le monde, le brochet est classé comme étant en « préoccupation mineure » (LC) par la Liste rouge mondiale de l'UICN (MNHN & OFB, 2024). Cependant, en France, le brochet est classé « vulnérable » (VU) par la Liste rouge des poissons d'eau douce de France métropolitaine. Cela traduit un risque élevé d'extinction à l'état sauvage en raison de la pollution, de la surpêche, de l'exploitation des berges (ripisylves et sédiments) et des barrages ainsi que de la perte d'accès aux zones de frayères (Denys & al., 2014).

2.3.2 Les habitats

Le brochet est une espèce généraliste présente dans l'hémisphère Nord des continents européen et américain. Il se rencontre dans les cours d'eau et les plans d'eau de différentes tailles à la fois dans les eaux douces ou saumâtres (mer Baltique, estuaires)(Puissauve & Poulet, 2015). En France, selon la typologie considérée, on retrouve le brochet dans les biocénotypes B6 à B9 (grands cours d'eau de plaine) d'après Verneaux (1973). Le brochet est une espèce holobiotique à migration potamodrome qui va donc rejoindre des sites secondaires présents dans le lit majeur pour s'y reproduire (annexes hydrauliques) (Derouch, 2024). Ces sites présentent dans la majorité des cas une submersion temporaire et sont marqués par des eaux calmes et peu profondes (jusqu'à 1 mètre) associées à un recouvrement végétal important (Chancerel, 2003).

2.3.3 La reproduction

La reproduction du brochet s'étale sur les mois de février à avril. Elle débute par la migration des géniteurs vers les zones de frayères, avec une maturité sexuelle atteinte à deux ans pour les femelles, tandis que chez les mâles, elle est fréquente dès la première année (Billard, 1996). Dans les faits, la maturité sexuelle est plutôt déterminée par la taille que par l'âge (Chancerel, 2003). Les femelles, phytophiles, vont sur les zones de frayères et utilisent les végétaux comme un support de ponte. Elles privilégient davantage les plantes de la famille des poacées ou des cypéracées qui restent dressées sous l'eau (Chancerel, 2003). Lorsqu'absentes, les femelles utilisent d'autres types de végétaux comme les plantes hydrophytes ou hélophytes.

La ponte est déclenchée courant mars lorsque la température de l'eau se situe entre 7 et 10 °C (figure 4). Au-delà de cette gamme, il y a une inhibition de la ponte (Chancerel, 2003). Les brochets femelles disposent d'une fécondité de l'ordre de 16 000 à 28 000 ovules/kg. L'incubation des œufs dépend directement de la température de l'eau avec une éclosion courant mars pour 120 degrés-jour (figure 4). Durant les premiers stades de l'alevin, deux étapes sont importantes. Premièrement, la résorption de la ventouse qui permet à l'alevin d'être fixé à la végétation à partir de 100 degrés-jour. Cette ventouse confère à l'alevin une protection contre les dépôts et les teneurs en oxygène plus faibles à proximité du fond (Chancerel, 2003). Deuxièmement, il y a la résorption de la vésicule vitelline (réserve nutritive) pendant la phase alevin nageant à partir de 80 degrés-jour (figure 4). Dernièrement, les alevins utilisent les annexes hydrauliques comme habitat en attendant leur migration vers le lit mineur lorsque les conditions hydrauliques seront plus favorables (figure 4).

Les taux de mortalité apparaissent comme élevés avec 99 % de mortalité du stade œuf à la première reproduction et 2 % de survie au stade nageant en milieu naturel fonctionnel de bonne qualité. La survie des brochets peut cependant être améliorée lorsque les conditions du milieu sont bonnes (Chancerel, 2003).

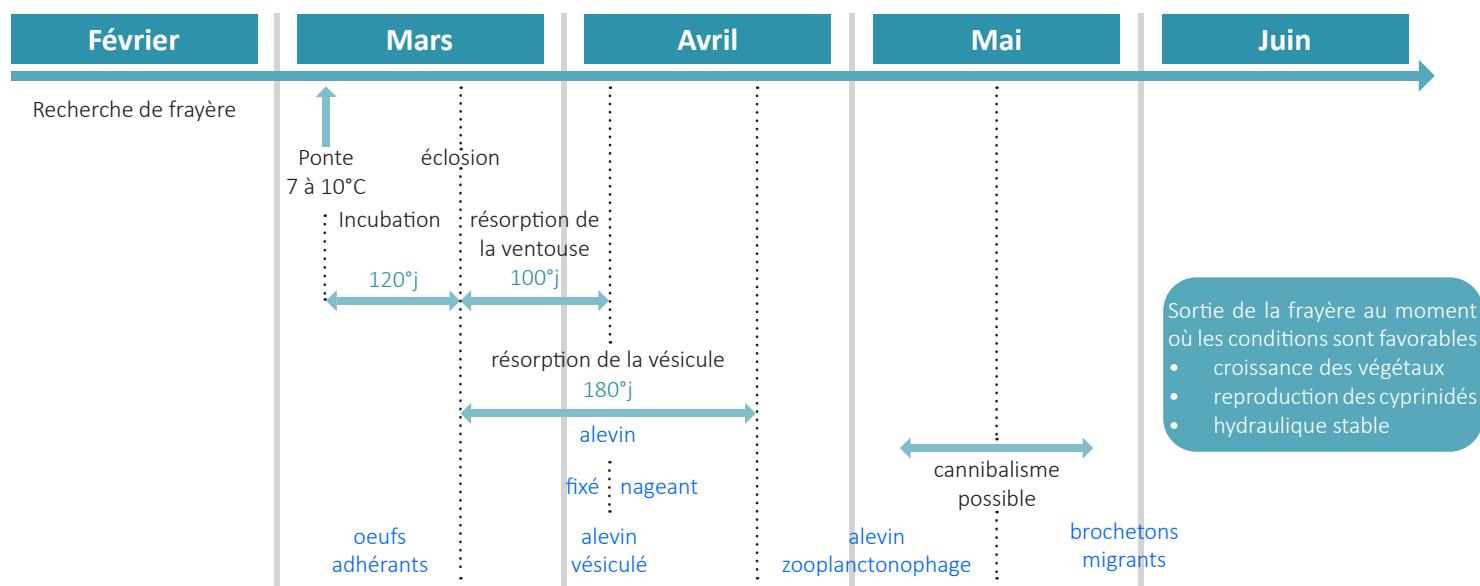


Figure 4 : Cycle de reproduction du brochet d'après Chancerel (2003).

III- Matériels et Méthodes

3.1 Échantillonnage et collecte des données

3.1.1 Création d'un protocole d'étude et choix des types hydromorphologiques

La méthodologie utilisée lors de cette étude a été inspirée par celle décrite dans sept autres études (FDPPMA03, 2020 ; FDPPMA55, 2009 ; FDPPMA54, 2023 ; FDPPMA84, 2021 ; FDPPMA03, 2023 ; FDPPMA77, 2017 ; FDPPMA30, 2023). Elle a été appliquée sur la période de mars à avril 2024 à partir de fiches de terrain (annexe 2) et l'ensemble des résultats issus du protocole sont stockés dans une base de données Excel. Ce protocole aboutit à définir trois groupes d'indicateurs descriptifs des annexes hydrauliques vis-à-vis de la reproduction du brochet, à savoir :

- les caractéristiques hydromorphologiques et le fonctionnement hydraulique des sites,
- la description des habitats présents pour le brochet,
- le potentiel de restauration des sites.

Chacun de ces indicateurs est composé de critères (tableaux 1, 2 et 4) facilement mesurables sur le terrain

1 - Les données générales des sites inventoriées		
• Identifiant du site	• Commune et Département du site	• Débit moyen journalier (Qj)
• Nom du ou des observateurs	• Nom du contexte piscicole	• Annexe déjà restaurée
• Date d'inventaire (jj/mm/aaaa)	• Rive (droite ou gauche)	• Température (°C)
• Heure de passage sur le site	• Typologie de l'annexe	• Observation directe des brochets

Les critères, relatifs aux groupes indicateurs de caractéristiques hydromorphologiques et de description des habitats, font l'objet d'une évaluation par un système de notation (tableaux 1 et 2). Les notes, ensuite additionnées et converties sur 20, permettent d'évaluer les deux groupes indicateurs séparément ou non selon les objectifs fixés. Ainsi, les notes permettent de séparer les sites en cinq classes de qualité qui les jugent en tant que frayères à brochets (tableau 3).

Tableau 1: Liste des critères pour l'analyse des caractéristiques hydromorphologiques et du fonctionnement hydraulique.

Critères	Types de mesures	Note minimale	Note maximale
Type de connexion entre l'annexe et le cours d'eau	Mesures de largeur et de profondeur + au choix : • aval • latérale • latérale + amont et/ou aval • amont + aval • amont • aucune	0	5
Hauteurs des berges	Mesures en centimètres	1	4
Pentes des berges	Mesures en pourcentages	1	4
Vitesse d'écoulement	Au choix : • rapide • moyenne • faible • absente	1	4
Ensoleillement	Estimation par pourcentage de recouvrement	1	4
Turbidité	Au choix : • claire • turbide • opaque	0	5
Fréquence de connexion	Au choix : • toujours • très régulièrement • régulièrement • rarement • jamais	0	8
Fréquence de submersion des berges			

Tableau 2: Liste des critères pour l'analyse des habitats présents pour le brochet.

Critères	Types de mesures	Note minimale	Note maximale
Occupation de la surface mouillée par les végétaux	Choix d'une classe de végétaux : • Hygrophytes / Amphibies • Hélophytes • Hydrophytes • Arbres et arbustes • Aucune + estimation de la surface occupée (%)	0	19
Profondeur des classes de végétaux immergés	Pour chaque classe, mesure de la profondeur en centimètres	0	24
Linéaire occupé par les végétaux présents sur les berges	Choix d'une classe de végétaux : • Hygrophytes / amphibies • Hélophytes • Arbres et arbustes • Aucune + estimation du linéaire occupé (%)	0	14
Présence et superficie occupée par les plantes exotiques envahissantes	Nom de la plante + superficie occupée + position (émergée ou immergée)	0	-3

Tableau 3: Classe de qualité des annexes hydrauliques.

Classe de qualité comme frayères à brochet	
[17 ; 20]	Très bonne
[13 ; 16]	Bonne
[9 ; 12]	Moyenne
[5 ; 8]	Médiocre
[0 ; 4]	Mauvaise

Concernant le potentiel de restauration sur les annexes (tableau 4), quelques précisions sont nécessaires. Contrairement aux deux autres indicateurs, ce critère n'est pas soumis à un système de notation. De plus, tous les travaux n'ont pas forcément été considérés. En effet, sur le terrain, l'opérateur avait en charge de préciser si les travaux étaient nécessaires ou non et s'ils étaient envisageables. Tous les travaux présentés dans la suite de cette étude ont été jugés comme nécessaires et envisageables sur les différents sites par l'opérateur

Tableau 4: Analyse du potentiel de restauration sur les annexes.

Types de travaux		Nécessaire (Oui / Non)	Restaurable (Oui / Non)
Sur la végétation	Taille		
	Abattage		
	Plantation		
Sur le terrassement	Reconnexion		
	Reprofilage		

En complément du protocole d'étude, des types hydromorphologiques ont été définis pour préciser davantage les annexes hydrauliques. Il s'agit d'une typologie reprise dans divers travaux et notamment lors de l'inventaire des annexes hydrauliques de la Meuse (FDPPMA55, 2009), qui caractérise les annexes à travers 11 types :

- ✓ Affluent permanent
- ✓ Affluent temporaire
- ✓ Bras secondaire actif
- ✓ Noue
- ✓ Forêt alluviale
- ✓ Ancien bras (en cours de déconnexion)
- ✓ Lac d'oxbow
- ✓ Chenal de crue
- ✓ Mare
- ✓ Marais
- ✓ Fossé

3.1.2 Développement des outils cartographiques

Lors de cette étude, les outils cartographiques ont œuvré à la recherche des sites à prospector (source: BD Ortho (IGN) de la Meuse et de la Meurthe-et-Moselle de 2022). Par la suite, une base de données a été conçue sous SIG (QGIS). Lors des phases de terrain, l'opérateur équipé d'une tablette a, d'une part suivi le protocole pour l'analyse des sites et a d'autre part cartographié l'ensemble des sites en vue de compléter la base de données. Cette dernière est ainsi constituée de : la localisation des différents sites (annexe 3), du périmètre des surfaces en eau pour chaque annexe, des habitats émergés et immergés et de la localisation des espèces exotiques envahissantes (annexe 4). Dans un premier temps, la base de données permet d'apporter les informations nécessaires (occupation du sol, qualité des sites pour la reproduction, etc.) pour de futurs travaux. Dans un deuxième temps, la base de données constituera un point de départ pour étudier l'évolution des sites dans de prochaines études sur les annexes hydrauliques de l'Othain.

3.1.3 Analyse du peuplement piscicole

Afin d'évaluer la fonctionnalité des annexes hydrauliques de l'Othain en tant que frayères, des pêches électriques scientifiques ont été réalisées les 15 et 16 mai 2024. Elles consistaient dans un premier temps à mettre en évidence la reproduction du brochet par la capture de juvéniles. Dans un second temps, deux des annexes sélectionnées ayant fait l'objet par le passé d'une restauration, ont de nouveau été inventoriées afin d'évaluer leur qualité. De plus, sont également représentés dans cette étude les résultats de deux pêches électriques d'inventaire réalisées par la Fédération de la Meurthe-et-Moselle pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique le 3 juillet de 2024.

Concrètement, la pêche électrique est une technique encadrée légalement par un arrêté préfectoral (n°96.76 du 4 juillet 2023). Les pêches ont été réalisées à partir d'un matériel portable (modèle Pulsium de la marque Iméo). Ce type de matériel est constitué d'une batterie alimentant deux électrodes. L'une d'entre elles, la cathode, traîne dans l'eau derrière l'opérateur et la seconde, l'anode, est maintenue par l'opérateur au bout d'un manche (figure 5). La cathode et l'anode génèrent un champ électrique qui induit un phénomène d'électrotaxie chez les individus touchés. L'électrotaxie induit chez les poissons une stimulation du système sensoriel, les forçant ainsi à nager en direction de l'anode et à se laisser attraper, car soumis à une électro-anesthésie.



Figure 5 : Illustration d'une pêche électrique. Source : FDPPMA55.

Les pêches ont été réalisées sur huit annexes différentes (tableau 5) dont sept d'entre elles sont des noues et une est un lac d'oxbow. Parmi ces dernières, les annexes 1NO55 et 16NO55 avaient fait l'objet d'une restauration en 2015 (FDPPMA55, 2015a ; FDPPMA55, 2015b). Les annexes 8NO54 et 6NO54, prospectées par la FDPPMA54 font actuellement l'objet d'un projet de restauration.

Au niveau des six annexes présentes en Meuse, le protocole utilisé est celui de la pêche partielle, avec le point comme unité d'échantillonnage, correspondant à un déplacement de l'anode sur un cercle de 1 m de diamètre (Tomanova & al., 2013). En prenant en compte le rayon d'attraction de l'anode, l'efficacité moyenne est d'environ 1,5 m à partir du centre de ce dernier, soit une surface échantillonnée de 12,5 m² par point (Belliard & al., 2012). Ainsi, pour déterminer le nombre de points de pêche au niveau de chaque annexe : $(SA / 12,5) = \text{nombre de points}$, avec SA représentant la surface pêchable d'une annexe. À la fin de la pêche, toutes les espèces capturées sont dénombrées, puis mesurées individuellement et pesées collectivement avant d'être relâchées (sauf les EEE). À la fédération de pêche de la Meuse, toutes les données issues des pêches d'inventaires sont stockées dans une base de données Excel. Enfin, le protocole utilisé par la FDPPMA54 est celui de la pêche dite « complète ». À la différence de la pêche partielle, il n'y a pas d'interruption du courant généré pour la capture des espèces piscicoles avec cette méthode.

Tableau 5 : Liste des sites inventoriés par pêche électrique.

ID	Surface (m²)	Commune	Classe de qualité	Points de pêches
1NO55	297	Bazeilles-sur-Othain	Bonne	24
10NO55	2729	Saint-Laurent-sur-Othain	Médiocre	100
11LO55	464	Sorbey	Bonne	37
12NO55	385	Sorbey	Moyenne	30
14NO55	441	Nouillonpont	Moyenne	35
16NO55	161	Spincourt	Bonne	13
8NO54	100	Grand-Failly	Moyenne	NA
6NO54	150	Grand-Failly	Bonne	NA

3.1.4 Proposition d'un programme de restauration

Tout d'abord, cette étude consiste en l'inventaire et l'analyse des annexes en tant que frayères à brochets. Ensuite, il est apparu nécessaire d'établir dès à présent des fiches actions (annexe 5) au niveau de chaque site afin de proposer à la fédération de pêche de la Meuse, de la Meurthe-et-Moselle et aux différentes AAPPMA présentes sur le bassin versant de l'Othain des actions à mener dans l'objectif d'améliorer la fonctionnalité des sites pour la reproduction du brochet. De plus, chaque annexe est hiérarchisée au regard de différents critères. Pour cela, les classes de qualité, les charges de travail et les observations de terrain par l'opérateur sont considérées au niveau de chaque annexe, permettant ainsi de définir cinq priorités (figure 6).

Concernant les cinq classes de qualité, elles sont regroupées pour ne former que trois enjeux (figure 6), avec comme enjeux les plus forts, les classes de qualité les plus favorables. À titre de comparaison, les travaux de terrassement sont plus conséquents que ceux sur la végétation en raison des coûts qu'ils engendrent, tant lors de la création du projet que pendant sa réalisation (figure 6).

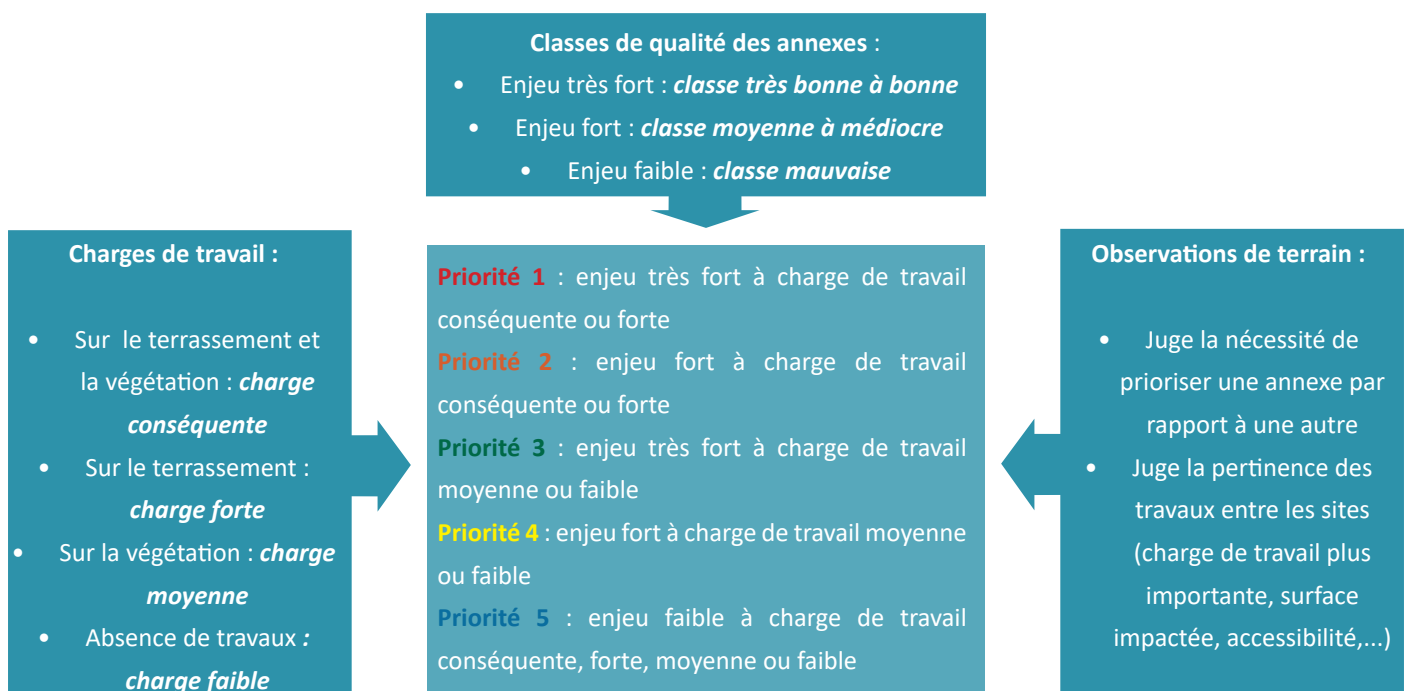


Figure 6 : Schéma décisionnel des sites à priorité de gestion selon les classes de qualité, les charges de travail et les observations de terrain.

Outre la hiérarchisation des annexes, les fiches actions doivent décrire l'état actuel général des annexes de l'Othain à partir des informations obtenues par l'inventaire. Ces fiches contiennent les informations générales (localisation, surface, typologie, etc.), les résultats issus du protocole d'inventaire (la classe d'état général, la classe d'état de fonctionnement hydromorphologique et la classe d'état pour le descriptif des habitats) ainsi que les différents types de travaux à réaliser. De plus, chaque fiche est accompagnée d'un ensemble de cartes et de photos permettant de visualiser et de décrire l'existant (habitats aquatiques et terrestres, présence de plantes exotiques envahissantes, etc.).

3.2 Analyse des données écologiques

Les analyses ont été réalisées grâce au logiciel R version 4.2.3 (R Core Team, 2023). Le package FactoMineR (Lê & al., 2008) a été utilisé pour réaliser les analyses multivariées et unidimensionnelles. Le package rstatix (Kassambara, 2023) a été utilisé pour faciliter l’analyse des comparaisons à partir du test post-hoc. Enfin, l’ensemble des représentations graphiques a été réalisé à partir du package ggplot2 (Wickham, 2016) et de factoextra (Kassambara & Mundt, 2020) pour les analyses multivariées.

3.2.1 : Analyse des superficies pour chaque type hydromorphologique

Pour caractériser les différents types hydromorphologiques, les surfaces moyennes sont calculées pour chacun d’entre eux. Afin d’analyser les différences entre les moyennes pour chaque typologie, une ANOVA de type 1 est réalisée. La normalité et l’homogénéité des résidus ont été vérifiées graphiquement en raison du grand nombre d’échantillons, avec N>30. Les comparaisons du test réalisées a posteriori ont été effectuées sur la base d’un test post-hoc.

3.2.2 : État de dégradation des annexes hydrauliques de l’Othain

Cette analyse vise à comprendre au niveau des différents types hydromorphologiques, si des tendances ressortent quant aux travaux à envisager. Pour cela, une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) est réalisée sur le jeu de données. Ce dernier est constitué sur la base d’un tableau de contingence. Ce tableau est constitué en ligne par les différentes typologies et en colonne par les différents types de travaux.

Tout d’abord, tous les travaux de type abattage, taille et plantation sont regroupés sous la catégorie « travaux de végétation » et les travaux de reprofilage et de reconnexion sont regroupés sous la catégorie « travaux de terrassement ». Ensuite, lorsque certains types hydrographiques doivent bénéficier à la fois des travaux de terrassement et de végétation, une troisième catégorie est ainsi créée : « travaux de terrassement et de végétation ». Enfin, certains types hydromorphologiques n’impliquent aucun travail et appartiennent donc à la catégorie « sans travaux ».

En complément à l’AFC, une analyse unidimensionnelle est réalisée à partir de la fonction « catdes » issue du package « FactoMineR ». Il s’agit ici de caractériser la variable qualitative « Classe de travaux » selon les différentes modalités des types hydromorphologiques à partir d’un test du chi².

3.2.3 : Relations entre qualité des annexes hydrauliques et critères d’étude

Pour déterminer quelles sont les variables qui définissent au mieux les classes de qualité des annexes hydrauliques, une analyse en composantes principales (ACP) est effectuée. Cette analyse est basée sur l’étude conjointe des critères relatifs aux groupes indicateurs de caractéristiques hydromorphologiques et de description des habitats. Ainsi, le jeu de données est constitué de 92 annexes auxquelles sont associées 14 variables actives (tableau 6) plus une variable qualitative supplémentaire (classe de qualité des annexes, tableau 4). Pour l’ensemble des variables explicatives, toutes celles à l’origine qualitatives sont transformées en variables quantitatives. Par exemple, les écoulements faibles (absent, faible, moyen et rapide) sont transformés en valeurs numériques avec une relation d’ordre (absent = 4, faible = 3, moyen = 2 et rapide = 1). Les unités des variables ne nous intéressant pas, toutes les variables sont donc centrées et réduites afin de leur donner le même poids.

Tableau 6: Liste des variables explicatives.

Nom des variables actives	Abréviations
Qualité de la connexion	QC
Ecoulement faible	EF
Clarté de l’eau	CE
Ensoleillement	E
Superficie des habitats favorables	SHF
Superficie des habitats défavorables	SHD
Profondeur des habitats favorables	PHF
Profondeur des habitats défavorables	PHD
Superficie d’habitats de berges favorables	HBF
Superficie d’habitats de berges défavorables	HBD
Fréquence de submersion des berges	FSB
Pente des berges	PB
Hauteur des berges	HB
Fréquence de connexion de l’annexe avec le cours d’eau	FC

IV - Résultats

4.1 Généralités sur les annexes hydrauliques de l'Othain

4.1.1 Typologie des annexes hydrauliques recensées

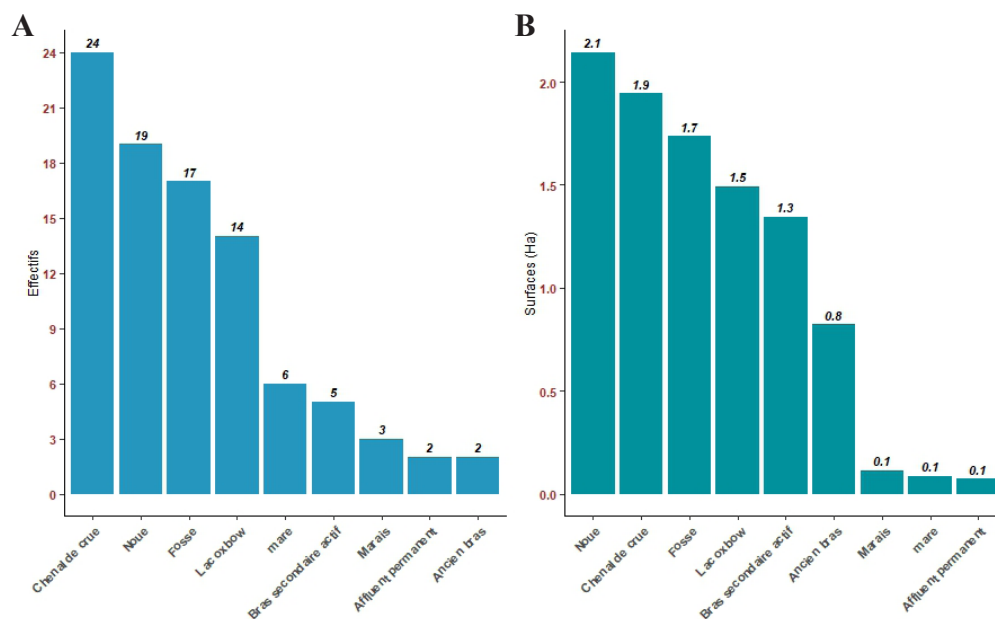


Figure 7 : Répartition des types hydromorphologiques selon les effectifs (A) et les surfaces (B). Les effectifs et les surfaces sont représentés sous forme de diagramme en barres avec les surfaces présentées en hectares. Les étiquettes sont associées à chacun. N = 92 et surface totale = 9,76 ha.

Les annexes hydrauliques de l'Othain sont décrites à travers neuf des onze types hydromorphologiques présentés (figure 7). Concernant les effectifs, ils sont élevés pour quatre types d'annexes. En effet, ce sont les chenaux de crue (24 sites), les noues (19 sites), les fossés (17 sites) et les lacs d'oxbow (14 sites) qui caractérisent principalement les annexes hydrauliques de l'Othain (75 des 92 sites inventoriés, soit 80% des effectifs, figure 7), avec comme proportions respectives, 26%, 20%, 19% et 15%. Les surfaces cumulées pour chaque type hydromorphologique indiquent que ce sont les noues qui représentent les surfaces les plus importantes (2,1 ha), suivies par les chenaux de crue (1,9 ha), les fossés (1,7 ha) et les lacs d'oxbow (1,5 ha) (figure 7). Cependant, bien que les effectifs des bras secondaires actifs et des anciens bras soient faibles, les surfaces cumulées sont quant à elles importantes avec respectivement 1,3 et 0,8 ha (figure 7). Finalement, les affluents permanents, les marais et les mares sont très minoritaires en termes d'effectifs et de surfaces sur le bassin versant de l'Othain (figure 7).

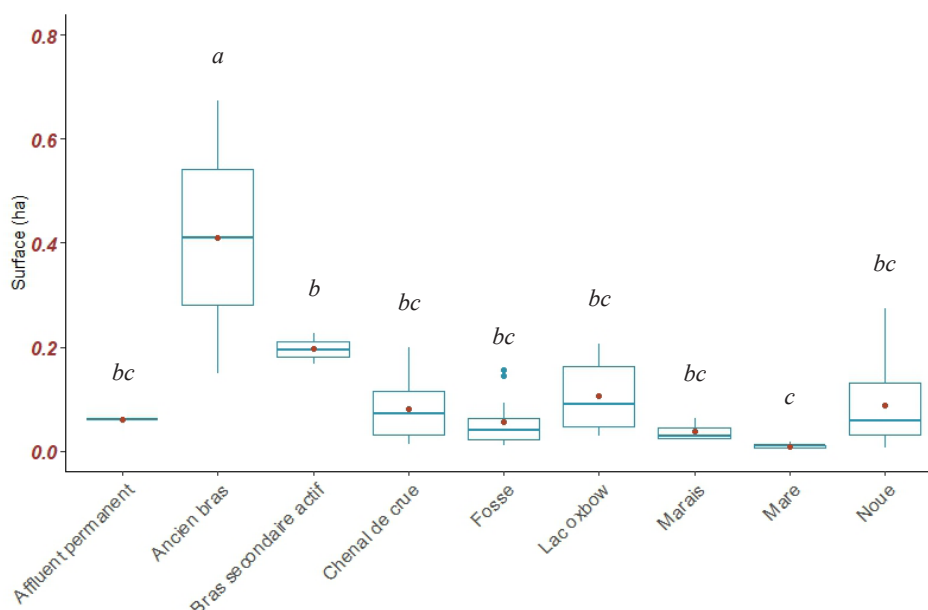


Figure 8 : Répartition des surfaces d'annexes selon les types hydromorphologiques. Les surfaces moyennes en hectares des annexes relatives à chaque type hydromorphologique sont représentées sous forme de boxplots. Les points rouges représentent les valeurs moyennes. Les boxplots annotés de la même lettre ne diffèrent pas significativement, avec $p < 0.05$. N = 85.

L'analyse des surfaces moyennes montre des différences significatives selon les types hydromorphologiques ($Pr(>F) < 4.63e^{-07***}$). L'analyse des comparaisons multiples réalisée a posteriori montre une surface moyenne significativement plus élevée pour la typologie «ancien bras» par rapport à toutes les autres ($p.value < 0,01$, figure 8). Enfin, la surface moyenne des bras secondaires actifs est significativement plus élevée que la surface moyenne des mares ($p.value < 0.001$, figure 8).

4.1.2 Le potentiel de frayère des annexes hydrauliques

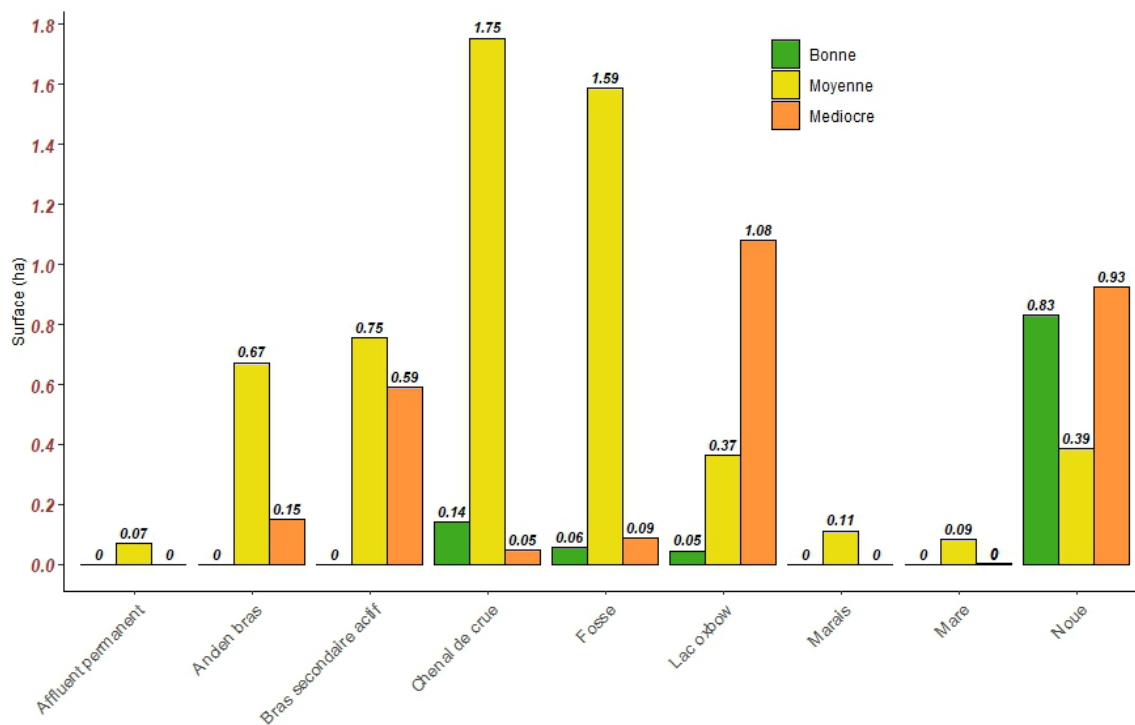


Figure 9 : Surface des annexes hydrauliques de l'Othain en fonction des types hydromorphologiques et des classes de qualité en tant que frayère à brochets. Les surfaces en hectares pour chaque type et chaque classe sont représentées sous forme de diagramme en barres avec les étiquettes associées à chacune. Les classes de qualité présentées correspondent au regroupement des groupes indicateurs de caractéristiques hydromorphologiques et de description des habitats. N = 92 et surface totale = 9,76 ha.

L'analyse des groupes indicateurs d'habitats et des caractéristiques hydromorphologiques a permis de mettre en évidence la fonctionnalité des annexes à travers des classes de qualité. Ces classes sont représentées pour chaque type hydromorphologique. Tout d'abord, aucun site étudié n'a obtenu comme classe « très bonne » ou « mauvaise ». Dans l'ensemble, les annexes hydrauliques présentent principalement une classe de qualité « moyenne » avec 5,79 ha, soit 60% des surfaces inventoriées (figure 9). S'ensuit la classe « médiocre » avec 2,89 ha (29%) et la classe « bonne » avec 1,08 ha (11%) (figure 9). De plus, 77% des annexes classées comme de qualité « bonne » sont des noues.

Les affluents permanents, les marais, ainsi que les mares, présentent, pour l'ensemble des sites une classe de qualité « moyenne » (figure 9). Les anciens bras et les bras secondaires actifs sont quant à eux caractérisés par deux classes différentes, majoritairement « moyenne » puis « médiocre » (figure 9). Enfin, les derniers types sont représentés par les trois classes. Les chenaux de crue et les fossés sont davantage représentés par la classe « moyenne » avec respectivement 90% et 91% des surfaces cumulées. Les lacs d'oxbow apparaissent principalement comme de classe « médiocre » avec 72% des surfaces cumulées. Pour les noues, la classe « médiocre » est la plus importante avec 0,93 ha soit 43% des surfaces cumulées, suivie par la classe « bonne » avec 0,83 ha (39%) et par la classe « moyenne » avec 0,39 ha (18%) (figure 9).

4.2 Étude des caractéristiques hydromorphologiques, d'habitats et de dégradation

4.2.1 Relations entre qualité des annexes hydrauliques et critères d'étude

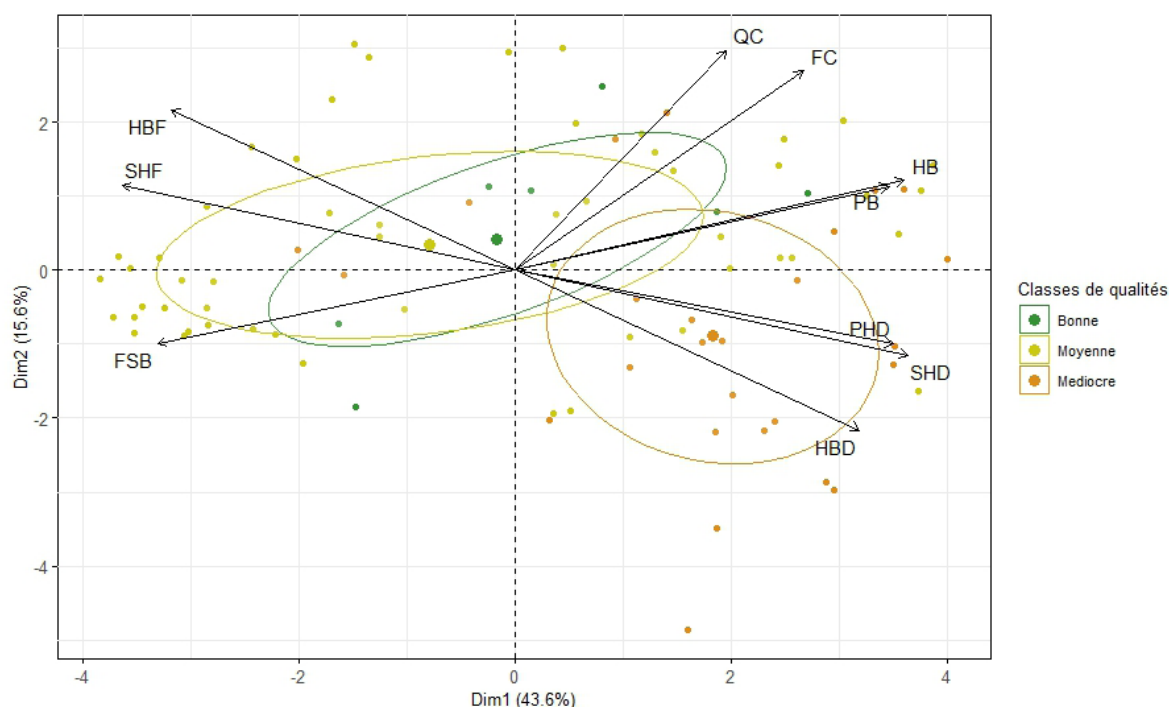


Figure 10 : Représentation des annexes hydrauliques selon les critères d'études à partir de l'analyse en composantes principales. Les annexes sont colorées selon la classe de qualité (variable qualitative supplémentaire) à laquelle elles appartiennent et en représentant les variables actives avec une qualité de représentation ($\cos^2$) minimale de 0,6. Les variables actives sont les suivantes : HBF = superficie d'habitats de berges favorables, SHF = superficie des habitats favorables FSB = Fréquence de submersion des berges, QC = qualité de la connexion, FC = Fréquence de connexion entre l'annexe et l'Othain, HB = hauteur des berges, PB = pente des berges, PHD = profondeur des habitats défavorables, SHD = superficie des habitats défavorables, HBD = superficie d'habitats de berges défavorables, N=92

L'objectif de cette analyse en composantes principales est d'expliquer et de comprendre quelles sont les variables qui décrivent au mieux les annexes de meilleure qualité et de celles qui décrivent les annexes de moins bonne qualité (figure 10).

Concernant la première dimension, les variables positivement corrélées sont : la hauteur des berges (HB), la pente des berges (PB), la profondeur des habitats défavorables (PHD), une superficie importante d'habitats défavorables aquatiques (SHD) et terrestres (HBD) (figure 10). Ce sont principalement les annexes de qualité médiocre qui sont associées à ces variables. En revanche, les variables négativement corrélées à la première dimension sont : la superficie d'habitats favorables terrestres (HBF) et aquatiques (SHF) ainsi qu'une fréquence élevée de submersion des berges (FSB). Les annexes de bonne et moyenne qualité sont liées aux variables négativement corrélées au premier axe. De plus, les annexes de bonne et moyenne qualité ont en moyenne des hauteurs et pentes de berge plus faibles que celles de classe médiocre (figure 10). Cependant, la forte variabilité de la classe moyenne ne permet pas de la corrélérer négativement avec certitude sur l'axe 1. En effet, bien qu'ils ne soient pas majoritaires, de nombreux sites de classe moyenne sont a contrario positivement corrélés à l'axe 1 (figure 10).

La deuxième dimension est principalement caractérisée par une corrélation positive des variables de qualité de connexion (QC) et d'une fréquence de connexion élevée (FC) entre les annexes hydrauliques et l'Othain (figure 10), avec comme classes représentatives, les annexes de bonne et moyenne qualité. Cependant, il apparaît que de nombreuses annexes de classe bonne, moyenne et médiocre disposent d'une qualité et fréquence de connexion mauvaises. Autrement dit ce sont des sites qui sont connectés autrement que par l'aval ou à l'extrême dépourvu de connexion et ne sont connectés que très temporairement.

4.2.2 État de dégradation des annexes hydrauliques

L'état de dégradation des annexes hydrauliques de l'Othain est évalué à travers les différents travaux nécessaires pour réhabiliter leur fonctionnalité (figures 11 et 12), notamment en ce qui concerne la reproduction du brochet.

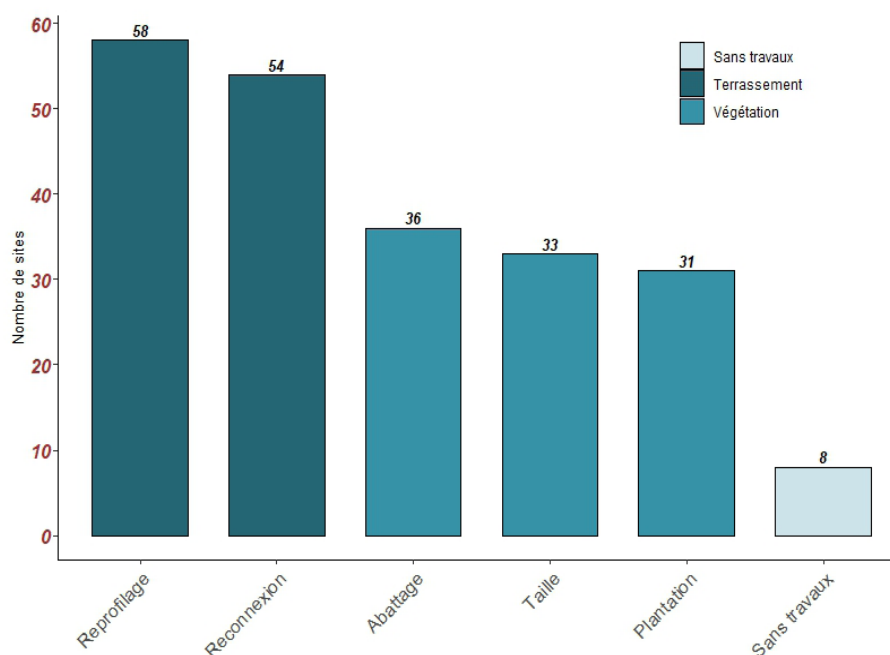


Figure 11 : Répartition des types de travaux envisagés sur les annexes hydrauliques de l'Othain. Cinq types de travaux sont présentés et sont colorés selon des catégories : travaux de terrassement, travaux sur la végétation et absence de travaux. N = 209.

Tout d'abord, l'état de dégradation des annexes est marqué par la nécessité de réaliser principalement des travaux de terrassement (les plus conséquents) que ce soit pour reprofiler ou reconnecter les annexes sur 58 et 54 sites (figure 11). Ensuite, les travaux sur la végétation constituent un ensemble homogène quant aux tâches à réaliser. En effet, bien que l'abattage soit la tâche légèrement plus représentée avec 36 sites, la taille et la plantation sont nécessaires pour respectivement 33 et 31 sites (figure 11). Finalement, ce sont 8 sites qui ne présentent aucune action de restauration (figure 11).

En s'intéressant aux proportions, 63% des annexes hydrauliques nécessitent des travaux de restauration vis-à-vis du terrassement, 38% sont concernées par des travaux sur la végétation, et enfin 8% des sites ne sont pas concernés par des travaux de restauration. Parmi les sites déjà restaurés (6 annexes), deux d'entre eux ne nécessitent aucun travaux, tandis que quatre autres nécessitent des travaux sur la végétation.

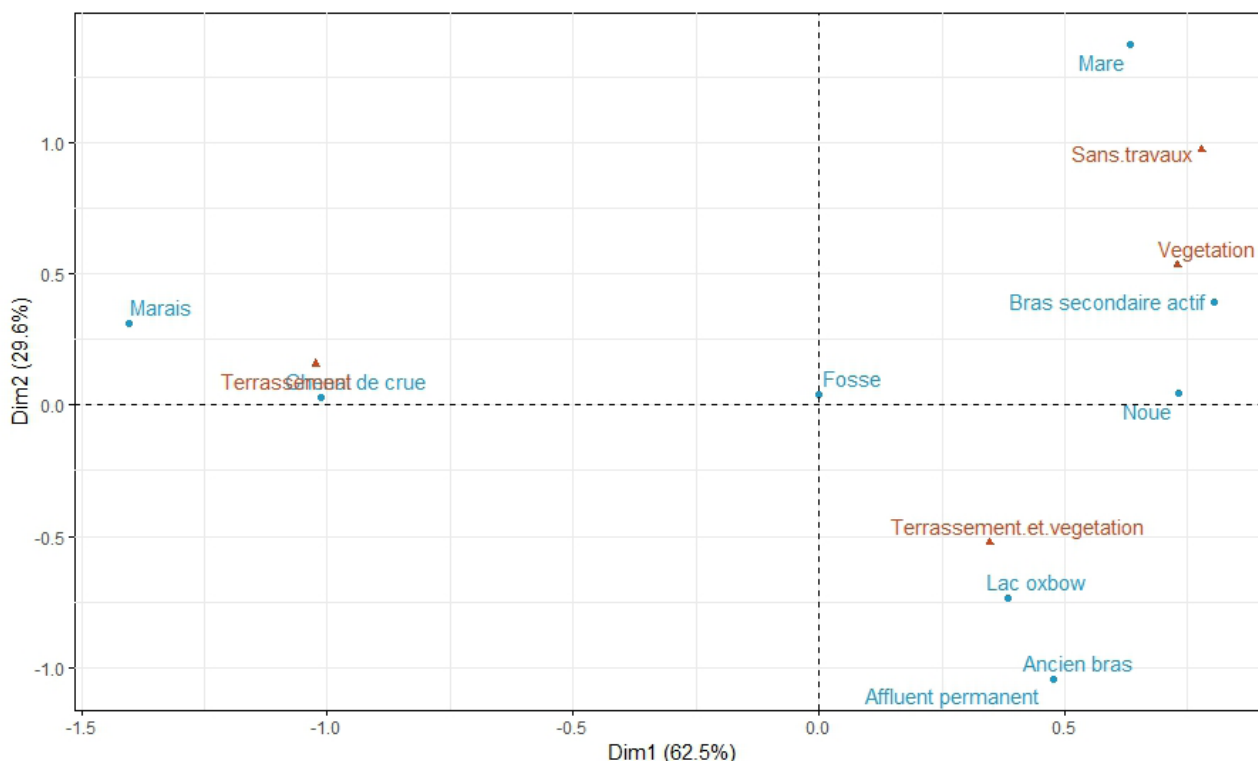


Figure 12 : Représentation des types hydromorphologiques selon les classes de travail à partir de l'analyse factorielle des correspondances. N = 92

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) permet de comprendre à travers les typologies, quelles sont les grandes classes de travaux qui apparaissent nécessaires afin de restaurer les annexes hydrauliques.

L'analyse graphique montre qu'au niveau de la première dimension, il y a une corrélation positive des classes de travaux « végétation » ainsi que « terrassement et végétation » (figure 12). Ces types de travaux sont associés aux typologies « lac d'oxbow » et « noue » qui sont positivement corrélées à la première dimension. L'analyse unidimensionnelle, réalisée à partir d'un test du χ^2 , révèle que les lacs d'oxbow sont principalement concernés par des travaux de terrassement et végétation (86% des effectifs, $p.value < 0,001$). Pour les noues, le contraste est plus important avec une part des effectifs concernés par des travaux de végétation (37% des effectifs, $p.value < 0,01$) et une autre part, par des travaux de végétation et de terrassement (53% des effectifs). En revanche, les typologies « chenal de crue » et « marais » sont négativement corrélées à la première dimension et sont plutôt caractérisées par des travaux de terrassement (figure 12), avec 80% des effectifs de chenaux de crue ($p.value < 0,0001$) et 100% des effectifs de marais ($p.value < 0,01$).

La deuxième dimension est caractérisée par les mares, avec une corrélation positive liée à l'absence de travaux (50% des effectifs, $p.value < 0,01$) et à des travaux sur la végétation (34% des effectifs) (figure 12). Les travaux de terrassement et végétation sont négativement corrélés à la deuxième dimension, tout comme les typologies d'anciens bras et d'affluents permanents (figure 12). L'analyse unidimensionnelle démontre que 100% des anciens bras et des affluents permanents sont concernés par les travaux de terrassement et de végétation.

Enfin, les typologies « fossé » et « bras secondaire actif » ne sont pas corrélées à un type spécifique de travaux. Cependant, l'analyse unidimensionnelle montre que ce sont des typologies qui nécessitent divers types de travaux selon les sites. Par exemple, les travaux de terrassement sont nécessaires pour 33% des fossés. Les travaux sur la végétation sont nécessaires pour 22% des fossés et 40% des bras secondaires actifs. Les travaux sur le terrassement et la végétation apparaissent nécessaires pour 40% des bras secondaires actifs et 39% des fossés.

4.3 Communautés piscicoles des annexes hydrauliques de l'Othain

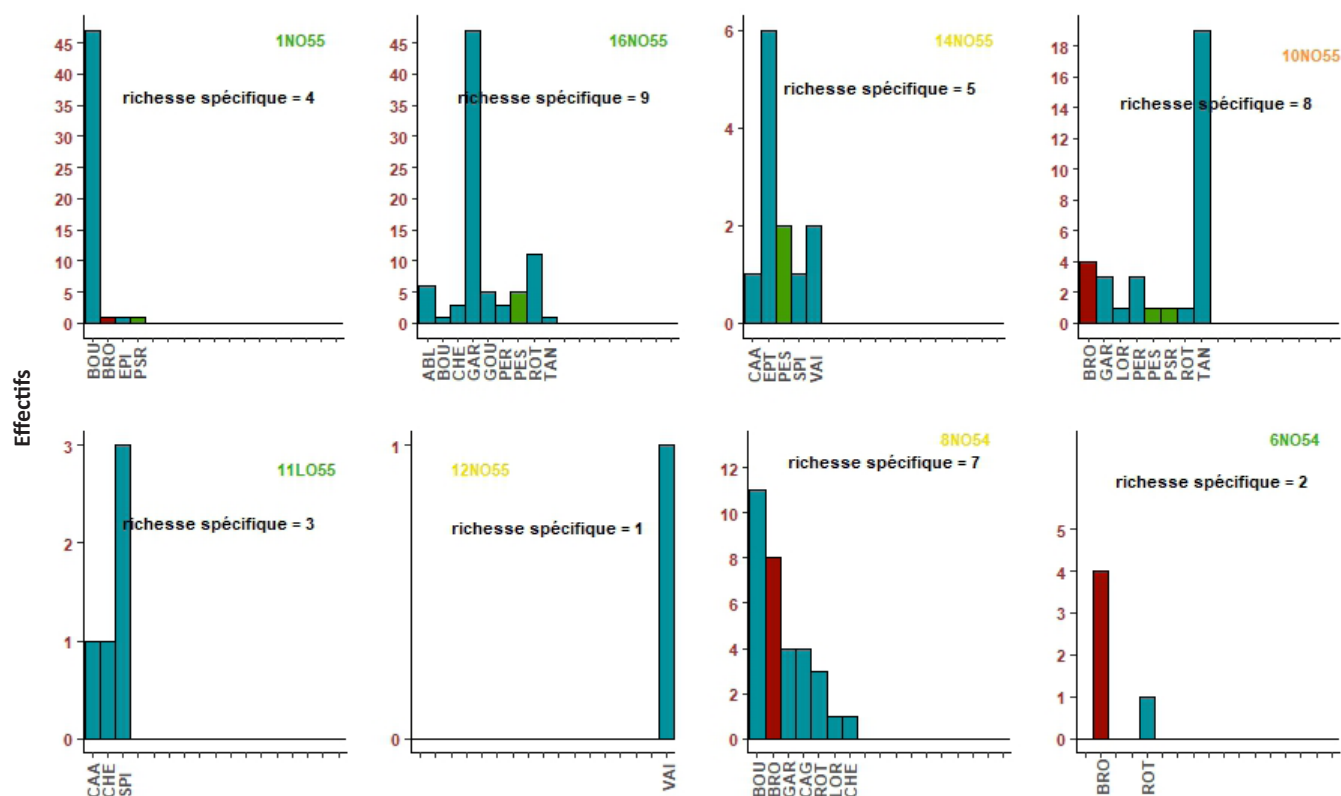


Figure 13 : Effectifs des communautés piscicoles inventoriées lors des pêches électriques sur 8 annexes hydrauliques. Le nom des espèces est représenté sous la codification FAO (code à 3 lettres) et pour chaque graphique, l'identifiant des sites prospectés est marqué et coloré selon la classe de qualité. Les barres colorées en rouge indiquent la présence du brochet et celles colorées en verte, la présence d'espèces exotiques envahissantes. N = 8.

Les inventaires réalisés par pêche électrique sur les huit annexes hydrauliques avec un potentiel intéressant (annexes déjà restaurées ou susceptibles de l'être) sont représentés sous forme de diagrammes en barres (figure 13).

Concernant les annexes déjà restaurées, un brochet juvénile a été capturé sur l'annexe 1NO55 ainsi qu'une espèce exotique envahissante (EEE), le pseudorasbora (*Pseudorasbora parva*, PSR), et elle présente un effectif important de bouvières (*Rhodeus sericeus*, BOU) (figure 13). Sur l'annexe 16NO55, aucun juvénile n'a été capturé, mais cette dernière apparaît comme ayant la richesse spécifique la plus élevée (9 espèces capturées). De plus, cette annexe présente des effectifs élevés de cyprinidés et notamment de gardons (*Rutilus rutilus*, GAR), avec la mise en évidence d'une autre EEE, la perche soleil (*Lepomis gibbosus*, PES) (figure 13).

Bien que réalisées au début du mois de juillet, les prospections menées par la Fédération de la Meurthe-et-Moselle pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique ont permis de mettre en évidence sur chaque site (annexe 8NO54 et 6NO54), la présence de brochets juvéniles. C'est également sur l'annexe 8NO54, de qualité moyenne, que les effectifs de brochets juvéniles capturés sont les plus importants (8 individus)

Concernant les autres sites, plusieurs brochets juvéniles ont été capturés sur l'annexe 10NO55 ainsi que la perche soleil et le pseudorasbora (EEE) (figure 13). Les sites 14NO55, 11LO55 et 12NO55 présentent des richesses spécifiques faibles et aucun brochet n'a été capturé sur ces annexes.

5.1 Généralité sur les annexes hydrauliques de l'Othain

L'étude des frayères à brochets sur l'Othain a été menée à travers la réalisation d'un état initial, entrepris par un inventaire exhaustif des sites et une analyse des potentialités afférentes à chacun d'entre eux.

Le nombre de sites répertoriés s'est révélé bien supérieur aux attentes initiales, avec 92 annexes, soit 1,4 annexe par kilomètre. Sur la typologie initialement décrite, neuf types hydromorphologiques ont été identifiés sur l'Othain, avec l'absence de forêt alluviale ainsi que d'affluent temporaire. L'absence de forêt alluviale s'explique en partie par la dominance des zones de cultures et de prairies. En effet, si l'on examine l'occupation du sol (SDES & al., 2019) sur environ 400 mètres des rives gauche et droite de l'Othain, la proportion de forêt est faible (12 %) comparée aux zones prairiales (36 %) et de cultures (45 %). De plus, les espaces forestiers prédominent en aval de l'Othain, zone où le lit majeur est réduit en conséquence d'un encaissement prononcé du bassin versant. Concernant les affluents temporaires, ces derniers n'apparaissent pas dans l'inventaire en raison du contexte hydrographique de l'Othain. En effet, l'Othain est une rivière de 2^{ème} catégorie piscicole alimentée par des ruisseaux ou des sources. L'inventaire des annexes hydrauliques étant axé sur les milieux susceptibles d'abriter les brochets pendant la reproduction, ces affluents, principalement constitués de substrat grossier et dépourvus de végétation, ne sont donc pas pris en compte.

L'inventaire a démontré que les typologies les plus représentatives de l'Othain sont les chenaux de crue, les noues, les fossés ainsi que les lacs d'oxbow. La présence de chenaux de crue et des lacs d'oxbow est due au tracé historique de l'Othain (ancien tracé du lit ou anciens méandres) et à la conservation des zones prairiales (Lawson & al., 2018) sans lesquelles ces milieux disparaîtraient. De plus, le nombre de chenaux de crue présents le long de l'Othain est en réalité bien supérieur au nombre inventorié en raison du fait que seuls les chenaux en eau ont fait l'objet d'un inventaire. Bien que fortement représentés, les types hydrographiques de fossés ainsi que les affluents permanents ont, au même titre que les affluents temporaires, fait l'objet d'une sélection par l'opérateur de terrain. En effet, lorsque les zones étaient trop lotiques et souvent dépourvues de végétation, ces milieux n'étaient pas inventoriés.

Les 92 annexes hydrauliques de l'Othain couvrent une superficie totale d'environ 10 hectares, répartie principalement entre les quatre types hydromorphologiques décrits précédemment. Les anciens bras et les bras secondaires actifs contribuent de manière significative à cette surface, avec des superficies moyennes notablement plus élevées que les autres types. En moyenne, ces annexes présentent de petites superficies, avec une moyenne générale de 110 m² par site. C'est pourquoi aucun critère de surface n'a été défini lors de la création du protocole d'étude. Appliquer un tel critère aurait risqué de ne pas refléter adéquatement la richesse des annexes le long de l'Othain, en privilégiant uniquement les sites de grande superficie au détriment de leur représentativité sur l'ensemble du linéaire.

Ces faibles surfaces peuvent être perçues comme une première limite à la fonctionnalité des sites pour la reproduction du brochet. En effet, des études mentionnent la surface d'une annexe comme une composante majeure de la fonctionnalité de cette dernière vis-à-vis de la production de juvéniles et de leur survie (Chancerel, 2003; Vallières & Fortin, 1988).

5.2 Évaluation du potentiel de frayère des annexes hydrauliques de l'Othain

5.2.1 : Évaluation de la qualité des annexes hydrauliques

Le potentiel de chaque annexe hydraulique a été évalué à travers un inventaire composé de relevés hydromorphologiques et d'habitats, selon les critères de préférences des brochets. Ces relevés ont montré que la majorité des annexes hydrauliques présentaient une fonctionnalité moyenne (60 %), médiocre (29 %), et enfin de bonne qualité (11 %). En revanche, les inventaires n'ont pas permis de mettre en évidence des

sites de très bonne qualité, même parmi ceux restaurés ces dernières années et à l'inverse, aucun site de mauvaise qualité n'a été déterminé. Pour mieux comprendre ces premiers résultats, une analyse multivariée a été réalisée afin de déterminer quelles sont les variables qui peuvent apporter une première explication aux différences entre les classes de qualité définies.

La présence d'annexes hydrauliques à bonne potentialité en tant que frayères à brochet est rendue possible principalement par la présence des noues qui représentent 77 % des surfaces classées comme de bonne qualité. En effet, les noues traduisent généralement une bonne connectivité avec la rivière, en plus de présenter un couvert végétal intéressant pour le brochet lors de son développement (Chancerel, 2003 ; Philippart & al., 2001 ; FDPPMA55, 2009).

5.2.2 : Classe de qualité, un autre regard sur les annexes hydrauliques

Il est nécessaire de pouvoir détailler et comparer ces différentes classes afin de comprendre la structure hydromorphologique des annexes hydrauliques et des habitats qui les composent. Par conséquent, l'analyse multivariée a été réalisée sur les caractéristiques de chaque annexe. En parallèle de cette analyse, les observations de terrain peuvent apporter des informations supplémentaires et décrire plus précisément certains types hydromorphologiques.

5.2.2.1 : Classe de qualité médiocre

Pour les sites de qualité médiocre, il a été mis en évidence que ce sont les sites qui présentent les caractéristiques hydromorphologiques les plus défavorables à la reproduction du brochet. En effet, les hauteurs et les pentes des berges sont élevées, ce qui peut rendre impossible l'immersion lors des crues et par le battement de la nappe phréatique des habitats favorables aux brochets. De plus, ces sites présentent de faibles fréquences de submersion des berges. Ils ne sont jamais ou très rarement connectés avec l'Othain, en conséquence d'une connexion de mauvaise qualité. On entend par là que, parmi ceux qui sont connectés, ils le sont en amont ou en amont et en aval. Au regard des caractéristiques optimales que doivent présenter les annexes pour les brochets, ces types de connexions ne permettent pas d'assurer efficacement et durablement la bonne qualité des sites. Une connexion à l'amont ou en amont et en aval ne peut pérenniser la connectivité entre l'annexe et la rivière en conséquence des processus naturels de comblement (Vecchio, 2010). Enfin, ces types de connexions favorisent davantage les écoulements, augmentant les vitesses d'eau dans l'annexe (FDPPMA03, 2023) et ainsi, ne permettent pas aux brochets de trouver dans ces sites, des refuges lors des périodes de reproduction.

Les annexes de qualité médiocre présentent non seulement des caractéristiques hydromorphologiques défavorables, mais aussi des habitats aquatiques et terrestres peu adaptés aux brochets. En effet, ce sont des annexes qui sont composées principalement par de la végétation ligneuse ou alors dépourvues de végétation. Bien que certaines études évoquent les arbres ou arbustes (morts ou vivants) comme des supports potentiels de ponte (Chancerel, 2003), ils ne peuvent être considérés comme équivalents à des supports constitués par des végétaux herbacés. Ce sont principalement les plantes macrophytes qui sont utilisées par les brochets adultes comme supports de ponte (Kobler & al., 2008). Cruciaux pour les brochets, les macrophytes régulent par leur disponibilité la survie des juvéniles et la biomasse des brochets (jeunes ou adultes) (Grimm et Klinge, 1996).

Les types hydromorphologiques de noues, de lac d'oxbow et de bras secondaires actifs sont les plus caractéristiques de la classe médiocre, avec des surfaces respectives de 0,93 ha, 1,08 ha et 0,59 ha, représentant ainsi 90 % des surfaces d'annexes appartenant à cette classe. En lien avec les critères décrits précédemment et les observations de terrain, les lacs d'oxbow présentent une problématique de connectivité, aggravée par le contexte hydraulique actuel de l'Othain. Contrairement aux noues, ces lacs ne sont connectés qu'en période de crue. Ainsi, la migration des brochets vers ce type de milieu est conditionnée par la présence et la durée de submersion d'une inondation du lit majeur pendant la période de reproduction.

Or, depuis l'arrêt du rejet des eaux d'exhaure dans l'Othain, avec des débits en baisse et un lit mineur devenu surdimensionné, la submersion des lacs d'oxbow, ainsi que celle de toutes les annexes déconnectées est compromise. Au contraire, l'inondation dans le lit majeur est trop souvent temporaire pour permettre aux brochets d'accéder aux annexes ou lors des décrues, aux juvéniles de rejoindre durant les mois de mai et de juin le lit mineur.

Une deuxième problématique concernant les noues, les lacs d'oxbow et les bras secondaires actifs de qualité médiocre est l'absence de végétation favorable aux brochets. En effet, une grande partie de ces sites n'est pas ou peu entretenue, laissant place à une colonisation importante par la végétation arbustive ou arborée. Ce sont donc des sites fortement ombragés, avec un réchauffement de l'eau amoindri en début de saison et un développement des plantes macrophytes qui n'est pas favorisé. Les lacs d'oxbow et les bras secondaires actifs se distinguent par des profondeurs moyennes plus élevées que les autres types hydromorphologiques (> 1 mètre). Ce sont plutôt les zones où les profondeurs sont comprises entre 20 et 80 centimètres qui favorisent quant à elles le développement de plantes hygrophytes ou héliophytes, essentielles comme supports de ponte pour les brochets (Nilsson & al., 2014), ainsi que pour la présence et la croissance de zooplancton, nécessaire à l'alimentation des juvéniles durant les premières semaines de développement.

5.2.2.2 : Classe de qualité moyenne

Les sites de qualité moyenne représentent la majorité des annexes de l'Othain, avec 58 sites concernés (63 %). La plupart de ces annexes bénéficient d'habitats terrestres immergés lors des crues. Cela est rendu possible par la submersion régulière des berges en conséquence de hauteurs et pentes de berges faibles. Toutefois, une minorité de sites a, à l'inverse, des caractéristiques hydromorphologiques plutôt défavorables avec des hauteurs et pentes de berges plus élevées qui ne permettent pas l'accès aux brochets à des habitats terrestres. Finalement, la variabilité plus ou moins prononcée pour les annexes de qualité moyenne ne permet pas de statuer globalement sur un indicateur ou un groupe d'indicateurs défavorables vis-à-vis des exigences du brochet. Il est donc préférable d'analyser chaque type hydromorphologique individuellement pour identifier les variables favorables et défavorables dans cette catégorie.

Concernant la description des habitats, ces annexes sont majoritairement constituées d'habitats favorables aux brochets. Cela correspond à des habitats principalement composés d'espèces hygrophytes, héliophytes et hydrophytes.

L'analyse des surfaces a montré que les chenaux de crue sont les plus représentés dans cette classe en termes d'effectif et de surface, suivis par les fossés, les bras secondaires actifs et les anciens bras, avec respectivement 1,75, 1,6, 0,75 et 0,67 ha, soit 83 % des sites de classe moyenne.

Les chenaux de crue observés sur le terrain présentent généralement des caractéristiques similaires. En effet, ce sont des milieux formant des dépressions plus ou moins importantes au niveau du sol, exclusivement dans les prairies. Ils sont donc marqués par une faible hauteur et pente des berges ainsi qu'un fort ensoleillement. La végétation est propice à la reproduction des brochets avec une dominance des plantes hygrophytes, mais cependant avec des profondeurs d'habitats aquatiques trop faibles (< 15 centimètres), pouvant restreindre la migration des brochets ou leur développement. Selon Casselman et Lewis (1996), chaque centimètre de croissance nécessite dix centimètres supplémentaires de profondeur pour être optimal. Ces sites sont classés comme de qualité moyenne en raison de leur connexion souvent dégradée voire absente, avec une fréquence de connexion entre l'annexe et l'Othain trop temporaire. Comme les lacs d'oxbow mentionnés précédemment, les chenaux de crues sont également affectés par la nature temporaire des crues sur la rivière. De plus, plusieurs secteurs de l'Othain sont caractérisés par une hauteur et des pentes de berges trop élevées pour maintenir une connexion constante entre le chenal de crue et le lit mineur lors des crues. Malgré cela, les chenaux de crue offrent des habitats intéressants pour la reproduction du brochet, avec une végétation composée principalement d'hygrophytes, adaptée à la ponte et au développement des juvéniles (zones de caches et de chasse).

Cependant, leur accessibilité dépend des conditions hydrauliques de l'Othain et peut être restreinte lors des crues, en fonction de leur intensité et de leur durée.

Les fossés, les bras secondaires actifs et les anciens bras se distinguent par leur vitesse d'écoulement plus élevée et un ensoleillement réduit, ce qui n'est pas propice au développement des juvéniles. Ce qui caractérise ces milieux, c'est la présence d'habitats favorables, particulièrement marquée chez les fossés comparativement aux anciens bras ou aux bras secondaires actifs.

5.2.2.3 : Classe de qualité bonne

Les annexes hydrauliques à bonne potentialité en tant que frayères à brochets sont les moins représentées, avec seulement huit sites, soit 9 %, totalisant en matière de surfaces, 1,08 ha (11 %). L'analyse multivariée a montré que la classe bonne est plus contrastée par rapport à celle médiocre ou encore à certaines annexes de classe moyenne et que l'interprétation des variables n'est pas aussi catégorique.

Tout d'abord, les résultats ont montré que ce sont des sites où l'accessibilité par les brochets à des habitats terrestres immergés est rendue possible par une fréquence de submersion régulière des berges en lien avec des hauteurs et des pentes de berges moyennes. Cependant, trois des huit annexes ne sont accessibles qu'en période de crue en raison d'une absence de connexion. Par conséquent, ces sites dépendent tous comme les chenaux de crue de l'intensité des crues et du temps d'immersion.

Concernant les habitats disponibles, ce sont ces annexes qui présentent les biotopes les plus favorables, avec une proportion adaptée de végétaux aquatiques tels que les hygrophytes, hélrophytes ou hydrophytes. Bien qu'elles ne présentent pas une couverture de 100 % comme les chenaux de crue, les annexes de bonne qualité présentent un recouvrement par les plantes herbacées compris entre 35 et 85 %, correspondant à l'optimum pour les brochets à la fois juvéniles et adultes (Casselman et Lewis, 1996). Ces annexes présentent également en plus faible proportion, des arbres et arbustes immergés. La faible proportion de ces habitats constitue au niveau de chaque annexe, des sites de chasse en lien avec la stratégie de prédation du brochet (Arlinghaus & al., 2023).

Ce sont principalement les noues qui définissent les annexes de bonne qualité, bien qu'un fossé, un chenal de crue et un lac d'oxbow soient également de bonne qualité. Contrairement aux noues de qualité moyenne ou médiocre, celles de bonne qualité ne sont pas colonisées par des arbres et arbustes qui intensifient l'ombrage et réduisent la disponibilité des habitats, selon les observations de terrains. De plus, les sites de bonne qualité ont la caractéristique de présenter, dans l'ensemble, une hétérogénéité des profondeurs. On entend par là que ces annexes ne sont pas constituées uniquement d'une banquette végétalisée peu profondes. Elles offrent des habitats propices à la ponte, au développement des larves et des juvéniles jusqu'à leur retour vers le lit mineur. Globalement, ces sites réunissent toutes les conditions nécessaires à la croissance des brochets durant leur première année de vie.

5.3 État de dégradation des annexes hydrauliques de l'Othain

Les différentes analyses décrites dans cette étude ont permis de mettre en avant les annexes et leurs caractéristiques, ce qui permet de comprendre à la fois les points forts et les points faibles des différents types hydromorphologiques. C'est à travers ces résultats que les annexes hydrauliques de l'Othain apparaissent dégradées en termes de caractéristiques hydromorphologiques et d'habitats. Ce constat a été renforcé et étayé par l'analyse des différents travaux à envisager pour la restauration des annexes hydrauliques. L'étude des dégradations, appuyée par l'AFC, a permis de mettre en évidence que les annexes les plus représentatives de l'Othain, en termes d'effectif et de surface, nécessitent des futurs travaux de restauration.

Concernant les chenaux de crues et les marais, la principale défaillance était le manque de connectivité avec l'Othain. Ce constat a été confirmé par la nécessité de réaliser des travaux de terrassement incluant

le reprofilage et la reconnexion de ces annexes. Les travaux sur la végétation n'ont pas été jugés comme pertinent pour cette typologie en raison des habitats déjà présents sur les sites. Cependant, ces travaux entraîneraient une mise à nu de l'annexe, et l'opérateur des travaux sera donc chargé d'envisager une végétalisation des sites ou de laisser un développement spontané.

À l'inverse, les lacs d'oxbow nécessitent des travaux de terrassement et de végétation. Concernant les travaux de terrassement, il s'agit à la fois de travaux sur la reconnexion des sites et leur reprofilage. Les travaux de reprofilage sont nécessaires pour modifier l'homogénéité des lacs d'oxbow, qui se caractérisent par des profondeurs homogènes élevées formant des cuvettes. Ainsi, la création de banquettes végétalisées serait une plus-value (UFBAG, 2014) pour améliorer la qualité de ces sites. En ce qui concerne les anciens bras et les affluents permanents, le constat est similaire à la seule différence que des travaux de reconnexion ne sont pas à envisager.

Pour les noues, il a été observé un contraste plus important entre les différents sites. Certains nécessitent uniquement des travaux sur la végétation, tels que la taille ou l'abattage d'arbres pour réduire l'ombrage et favoriser le développement des macrophytes. D'autres nécessitent à la fois des travaux sur le terrassement et la végétation. En effet, ces sites présentent une connectivité dégradée avec l'Othain en raison des processus de comblement, nécessitant ainsi une restauration. De plus, ce sont des sites caractérisés par l'absence d'habitats favorables, ce qui pourrait être amélioré en développant des banquettes. Enfin, sur ces mêmes sites, des travaux d'entretien seraient nécessaires, tels que la taille, l'abattage ou encore la plantation au niveau des ripisylves.

Les fossés et les bras secondaires actifs ne présentent pas toujours des similitudes quant aux caractéristiques hydromorphologiques ou d'habitats au sein de leur effectif. De ce fait, selon les sites, les travaux à envisager varient. Cependant, la grande majorité de ces derniers nécessite des travaux de terrassement et de végétation. Les observations sur le terrain permettent de préciser que ces sites ont généralement une bonne connectivité, mais qu'ils abritent en proportion réduite les habitats adéquats pour la reproduction du brochet. En effet, les faciès de ces typologies sont souvent uniformes, caractérisés par un encaissement avec un écoulement homogène et ne présentant pas toujours les conditions nécessaires (végétation aquatique pas toujours présente). De plus, ce sont des sites qui sont concernés par un entretien sur la végétation avec de la taille et de l'abattage.

5.4 Peuplement piscicole de l'Othain

5.4.1 : La reproduction du brochet

Parmi les huit annexes prospectées, la reproduction du brochet a été mise en évidence par la capture de juvéniles sur quatre d'entre elles. L'une de ces annexes (1NO55) a fait l'objet de travaux de restauration en 2015, ce qui renforce l'intérêt et la nécessité de restaurer les sites. Cependant, les densités de brochets juvéniles capturés sur cette annexe sont apparues faibles par rapport aux attentes. Une explication possible de ces faibles densités est la période de la pêche qui a été réalisée le 16 mai 2024. En effet, si les conditions sont favorables, la migration des brochetons vers la rivière a lieu durant le même mois (Chancerel, 2003). Ce constat est d'autant plus probable qu'au niveau de l'Othain, les végétaux étaient en pleine croissance et les débits étaient plus faibles. De plus, le brocheton a été capturé assez proche de la connexion entre l'annexe et l'Othain, pouvant laisser présager que ces congénères avaient déjà effectué leur migration. A contrario, les pêches réalisées au début du mois de juillet ont permis de mettre en évidence le succès de reproduction des brochets. La principale explication est la méthode utilisée, avec une pêche complète qui reste plus exhaustive que la méthode partielle.

La reproduction du brochet a également été avérée sur une annexe présentant des caractéristiques hydromorphologiques et d'habitats différents par rapport à la noue restaurée. En effet, elle est principalement constituée d'une ripisylve arborée et d'une végétation aquatique de plantes hydrophytes. De plus, cette annexe présente une faible fréquence de submersion des berges et n'est connectée à l'Othain qu'en période de crues.

Bien que la connexion ne soit pas optimale, la présence d'eau durant l'année et la surface importante du site permet un développement autonome des communautés piscicoles qui s'y développent. Cela renforce l'idée que même les sites de qualité moyenne ou médiocre peuvent être utilisés par les brochets pour y réaliser leur reproduction.

Les quatre autres annexes prospectées n'ont à ce jour pas permis de mettre en évidence la reproduction du brochet. Cependant, plusieurs explications peuvent être proposées pour comprendre l'absence de juvéniles, bien que les sites aient été sélectionnés en raison des caractéristiques favorables qu'ils présentaient pour le brochet. Tout d'abord, comme évoqué précédemment, il est possible que la migration des brochetons ait été effectuée avant la pêche électrique. Une deuxième explication peut être liée à la fluctuation des débits de l'Othain. En effet, l'Othain est davantage marqué lors de pluies par des montées soudaines du niveau d'eau qui ne sont que temporaires. Cela peut laisser penser que les brochets ont davantage tendance à migrer vers des sites qui sont connectés à l'Othain pendant la majeure partie de l'année.

L'absence de brochetons ne peut être la conclusion selon laquelle les adultes n'utilisent pas ces sites pour s'y reproduire, mais que la méthode employée ou la période de prospection ne peuvent être complètement exhaustives. Au-delà de la pêche électrique partielle, d'autres méthodes pourraient être employées pour caractériser la reproduction du brochet. Par exemple, à partir d'échantillons d'eau, il est possible de qualifier l'ADN environnemental (ADNe) et ainsi identifier les espèces présentes dans le milieu aquatique étudié (Nathan & al., 2015). De plus, l'utilisation de l'ADNe pour évaluer les communautés piscicoles s'avère être similaire d'un point de vue financier à la pêche électrique lorsque l'on s'intéresse à des données de présence-absence (Penaluna & al., 2021).

5.4.2 : La présence d'espèces exotiques envahissantes

Les espèces exotiques envahissantes sont malheureusement largement répandues sur les annexes hydrauliques de l'Othain. Bien que les effectifs de ces espèces soient faibles, elles sont présentes sur quatre des six annexes inventoriées. Les espèces représentées sont la perche soleil (*Lepomis gibbosus*), présente sur trois sites et le goujon asiatique (*Pseudorasbora parva*), présent sur deux sites. Ces espèces peuvent induire des déséquilibres biologiques qui conduisent sur le long terme à la réduction des effectifs de poissons, dont les brochets.

Pour le moment, aucune étude ne démontre un impact direct de la perche soleil sur le brochet, que ce soit sur la prédation des œufs ou des alevins. Ainsi, lier l'absence de brochetons à la présence de perches soleil ne reste pour le moment qu'une hypothèse. Cependant, leur présence induit des déséquilibres biologiques, notamment en réduisant l'abondance des macroinvertébrés jusqu'à 83 % (Kleef & al., 2018). De plus, la présence de brochets ne semble pas permettre de lutter efficacement contre cette espèce. Au contraire, la présence de brochets, à travers la consommation des perches soleil diminue la compétition intraspécifique entre ces dernières. Avec une compétition intraspécifique réduite entre les perches soleil, leur croissance est maximisée, ce qui favorise leur prolifération tout en réduisant la maturité sexuelle (Castelnau & al., 2016).

Concernant le goujon asiatique, tout comme la perche soleil, aucune étude ne mentionne un impact direct sur le brochet. Cependant, cette espèce est reconnue pour affecter les populations autochtones de cyprinidés en développant rapidement de fortes densités, en exerçant une compétition interspécifique, en modifiant le fonctionnement des écosystèmes et en permettant la transmission de maladies et de parasites (Britton & al., 2007). Elle pourrait donc indirectement impacter le brochet en affectant la disponibilité des proies ou en modifiant les conditions qui rendent alors les sites de reproduction moins favorables.

5.5 Programme de restauration des annexes hydrauliques de l'Othain

Le programme de restauration des annexes hydrauliques constitue la finalité de cette étude et est retranscrite sous forme de fiche annexe (exemple : annexe 5).

Ces fiches, propres à chaque site, ont permis de restituer les informations nécessaires à leur compréhension, en vue de les restaurer pour améliorer leur fonctionnalité. Les 92 fiches ainsi réalisées, avec les enjeux associés, ont permis de définir comme étant :

- priorité 1 : 7 annexes,
- priorité 2, 58 annexes,
- priorité 3, 3 annexes,
- priorité 4, 12 annexes,
- priorité 5, 12 annexes.

Dans l'ensemble, ces informations doivent permettre de comprendre qu'une grande majorité des annexes hydrauliques de l'Othain peuvent faire l'objet de travaux de restauration. La plupart des sites (priorité 1 et 2) nécessite des travaux à minima sur le terrassement, tandis qu'une minorité plus réduite de sites (priorité 3 et 4) est concernée au maximum par des travaux de gestion de la végétation. Hormis les 12 annexes classées en priorité 5, les autres sites sont susceptibles de devenir favorables à la reproduction des brochets, avec l'appui de projets de restauration.

5.6 Critiques et perspectives de l'étude

L'étude des annexes hydrauliques de l'Othain est une démarche entreprise par la fédération de pêche de la Meuse, qui a initié ce type d'étude avec la caractérisation des annexes hydrauliques de la Meuse (FDPPMA55, 2009). Ainsi, cette étude étant plus courte et dans un contexte bien différent de celui de la Meuse, le protocole et les démarches d'analyse ont dû être adaptés.

Concernant le protocole, ce dernier a permis de caractériser les annexes de manière aussi exhaustive que possible, bien que quelques limites puissent être mentionnées en vue d'une amélioration. Tout d'abord, la fréquence de connexion a été évaluée à travers une formule visant à comparer le débit journalier par rapport aux débits moyen, maximum ou minimum. Pendant la phase de terrain, le débit journalier (QJ) était repris à partir de la station hydrométrique d'Othe. Cependant, il est apparu en plein milieu des périodes de terrain que les débits, en deçà d'une certaine valeur n'étaient plus mesurés par la station. Ensuite, sur les 67 kilomètres que parcourt l'Othain, il n'y a qu'une seule station hydrométrique, qui de plus se trouve en aval d'un plan d'eau en barrage (Plan d'eau de Marville), ce qui ne permet pas d'être représentatif sur l'ensemble du linéaire. Enfin, toutes les observations de terrains, que ce soit dans la définition et les mesures pour chaque type hydromorphologique ou encore pour la caractérisation des habitats, sont le travail d'un opérateur de terrain. Ainsi, un biais est donc possible et la qualité des mesures dépendra des compétences de l'opérateur.

Pour les analyses, ces dernières ont permis, dans l'ensemble, de caractériser les annexes à travers les variables mesurées sur le terrain. Concernant l'analyse du peuplement piscicole, il aurait été intéressant de pouvoir modéliser l'effet des variables environnementales sur la communauté. Cependant, bien qu'un test d'Analyse Canonique des Redondances (RDA) ait été tenté, il n'était pas possible d'établir des liens en raison du nombre trop faible de sites inventoriés lors des pêches électriques. Il serait donc intéressant de refaire cette analyse, lorsque la quantité de données issues des pêches électriques avec les mesures des variables environnementales sera plus importante.

Finalement, les perspectives de cette étude sont liées à la poursuite des démarches entreprises pour caractériser les annexes hydrauliques. Cela passe par la continuité des prospections réalisées pendant les pêches électriques. Ces pêches peuvent à nouveau être réalisées sur les annexes déjà prospectées, auquel cas il serait intéressant de réaliser une RDA, ou encore une analyse intra-classe (analyse within) permettant de s'intéresser uniquement aux variations temporelles et non spatiales des annexes (Thioulouse & al., 2018). Lors de cette étude, seules huit annexes ont été prospectées, il serait donc opportun de compléter ces inventaires en élargissant les prospections à d'autres sites.

VI- Conclusion

Ce rapport devait décrire et présenter un état initial des annexes hydrauliques de la rivière Othain, en lien avec une espèce repère, le brochet (*Esox lucius*), et examiner si ces annexes sont actuellement susceptibles de pérenniser les populations de brochets.

Dans un premier temps, il a fallu créer un protocole de terrain adapté au contexte de l'Othain et aux exigences écologiques du brochet (Chancerel, 2003). Grâce au protocole et aux inventaires, 92 annexes ont été identifiées et classées selon des classes de qualité en lien avec la fonctionnalité des sites pour la reproduction du brochet. Afin d'apprécier la qualité des annexes, huit d'entre elles ont été sélectionnées pour des pêches électriques d'inventaire, en fonction de leurs caractéristiques hydromorphologiques et des habitats favorables à la croissance des brochetons.

Les analyses ont montré dans leur ensemble une fonctionnalité moyenne des annexes hydrauliques avec une dominance des types hydromorphologiques suivants : les chenaux de crue, les noues, les fossés et les lacs d'oxbow. Concernant les caractéristiques hydromorphologiques, une grande partie des annexes apparaissait déconnectée et encaissée, avec une faible fréquence de submersion des berges et un accès réduit pour les brochets aux habitats immergés lors des crues. Ce problème est grandement amplifié par le contexte hydraulique de l'Othain qui, depuis l'arrêt du rejet des eaux d'exhaure des mines en 2004 (Vaute et Soulas, 2007), voit son débit baisser et l'inondation du lit majeur devenir de plus en plus temporaire. Les pêches électriques ont cependant mis en évidence la reproduction du brochet, à la fois sur deux sites de bonne qualité, l'un ayant fait l'objet d'une restauration et l'autre d'un projet en cours, et sur deux sites de qualité médiocre à moyenne, indiquant que la faible qualité des sites n'est pas synonyme d'absence de reproduction.

Néanmoins, cette étude souligne que les annexes hydrauliques de l'Othain sont capables de fournir aux brochets des habitats propice à la reproduction, en fournissant des supports de ponte et des zones favorables à la croissance des juvéniles. D'autant que la qualité dégradée des annexes n'est pas irréversible. Au contraire, avec l'appui de projets de restauration, elles peuvent retrouver de meilleures fonctionnalités, augmentant ainsi la capacité naturelle de recrutement de l'espèce. Ce constat a été appuyé dans ce rapport par des études relatives aux travaux de restauration, propres à chaque type hydromorphologique.

La finalité de cette étude est de proposer, au cas par cas et sous forme de fiches, des actions de restauration en lien avec celles décrites dans ce mémoire et des observations de terrain. Chaque fiche ainsi constituée apporte aux structures porteuses de projets de restauration, comme les fédérations de pêche de la Meuse, de la Meurthe-et-Moselle et des AAPPMA, les informations nécessaires pour permettre la sélection des sites à restaurer.

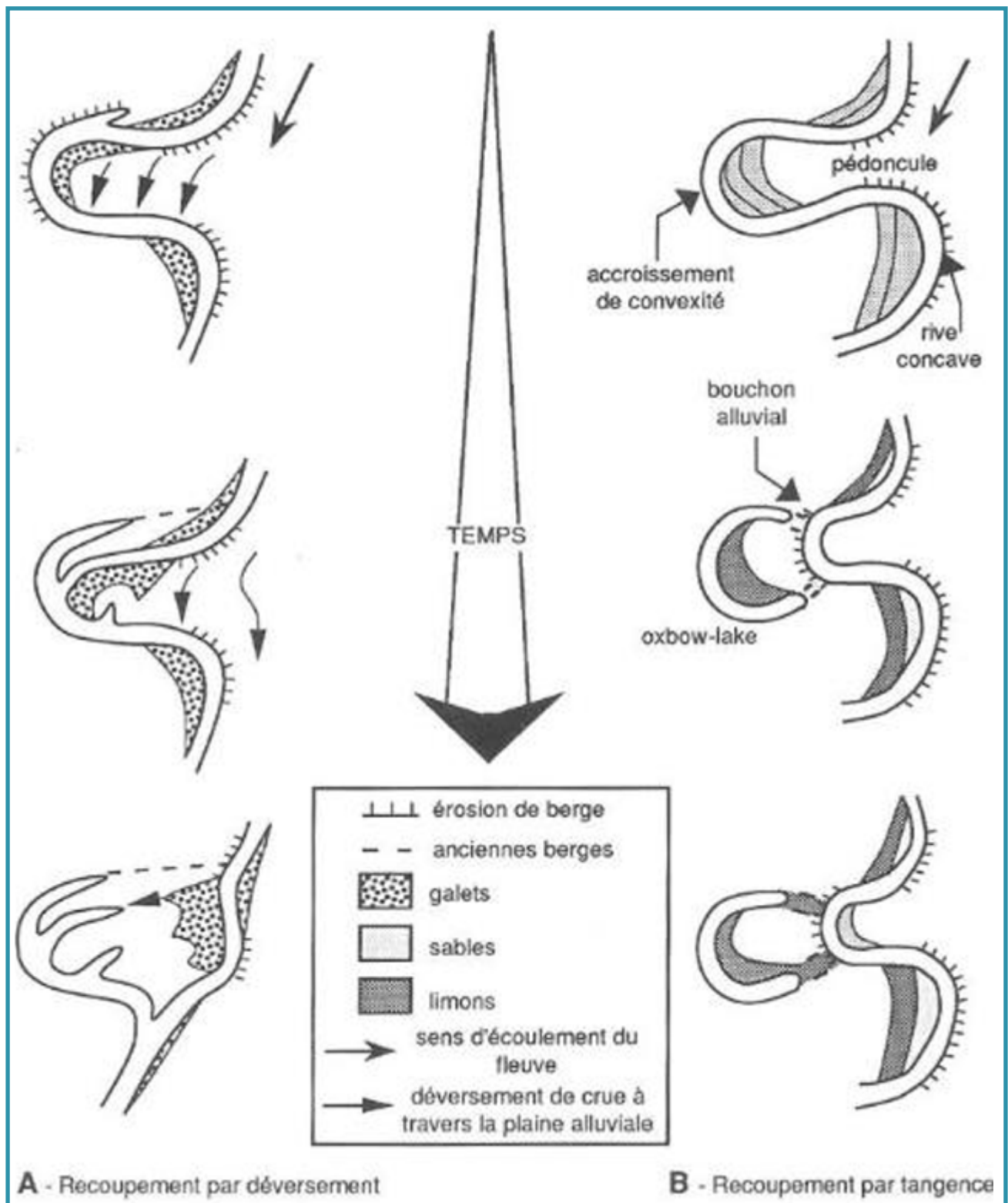
La préservation et la restauration des annexes hydrauliques de l'Othain ne peuvent cependant se contenter de la description des grandes classes de travaux présentés durant cette étude et dans les fiches. À l'avenir, il sera nécessaire pour les fédérations de pêche concernées de sélectionner les sites à enjeux les plus forts et de préciser les mesures de restauration. Ces dernières sont incluses dans le PDPG55, plus précisément dans le Plan des Actions Nécessaires (P.A.N.), et sont considérées comme une priorité pour le soutien financier dans tous les contextes cyprinicoles (FDPPMA55, 2006). Concrètement, le ou les gestionnaires devront proposer dans le cadre de démarches réglementaires, un projet concret (création de banquettes, reconnexion d'un site, etc.) avec une estimation des coûts et accompagné d'un diagnostic avant et après travaux.

Bibliographie

- ◆ AMOROS, Claude, 1987. *Evolution des écosystèmes aquatiques abandonnés par les fleuves : recherches méthodologiques appliquées à la gestion écologique des systèmes fluviaux*. Thèse de doctorat. Biologie des populations et des écosystèmes. Université de Lyon 1, 42p.
- ◆ AMOROS, Claude, BRAVARD, Jean-Paul, REYGROBELLET, Jean-Louis, PAUTOU, Guy et ROUX, Albert-Louis, 1988. Les concepts d'hydrosystème et de secteur fonctionnel dans l'analyse des systèmes fluviaux à l'échelle des écomplexes. *Bull.Ecol.* 1988. Vol. 19, pp. 531 546.
- ◆ AMOROS, Claude et PETTS, G, 1993. *Hydrosystèmes fluviaux* [en ligne]. Masson. Paris. [Consulté le 5 février 2024]. *Ecologie*, 24. ISBN 978-2-225-84246-7. Disponible à l'adresse : <http://id.erudit.org/iderudit/033016ar>
- ◆ ARLINGHAUS, Robert, RITWEG, Timo, DHELLEMMES, Félicie, KOEMLE, Dieter, VAN GEMERT, Rob, SCHUBERT, Hendrik, NIESSNER, Dominique, MÖLLER, Sören, DROLL, Jan, FRIEDLAND, René, LEWIN, Wolf-Christian, DOROW, Malte, WESTPHAL, Linda, EHRLICH, Elias, STREHLOW, Harry V., WELTERSACH, Marc Simon, ROSER, Phillip, BRAUN, Marlon, FELDHEGE, Fritz et WINKLER, Helmut, 2023. A synthesis of a coastal northern pike (*Esox lucius*) fishery and its social-ecological environment in the southern Baltic Sea: Implications for the management of mixed commercial-recreational fisheries. *Fisheries Research*. juillet 2023. Vol. 263, pp. 106663. DOI 10.1016/j.fishres.2023.106663
- ◆ BARNAUD, Geneviève, 1997. Rôle et fonction des zones humides. « L'Eau, l'homme et la nature », 24èmes Journées de l'Hydraulique de la Société hydrotechnique de France 18-20 septembre 1996, Paris, La Houille Blanche, 1/2 : 90-91.
- ◆ BILLARD, Roland, 1996. Reproduction of pike: gametogenesis, gamete biology and early development, in: J.F. Craig (Ed.), *Pike: Biology and exploitation*, Fish and Fisheries Series 19, Chapman & Hall, London, Glasgow, Wein heim, New York, Tokyo, Melbourne, Madras, pp. 13–43.
- ◆ BRITTON, Rob, BRAZIER, M., DAVIES, G. D. et CHARE, S. I., 2008. Case studies on eradicating the Asiatic cyprinid (*Pseudorasbora parva*) from fishing lakes in England to prevent their riverine dispersal. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. septembre 2008. Vol. 18, n° 6, pp. 867 876. DOI 10.1002/aqc.919.
- ◆ CASSELMAN, John, LEWIS, Cheryl, 1996. *Habitat requirements of northern pike (Esox lucius)*. . 1996. Vol. 53.
- ◆ CASTELNAU, Franck, BEAUNE, David, SELLIER, Yann, 2016. *Lutte biologique et invasivité de la perche soleil (Lepomis gibbosus) sur la Réserve naturelle du Pinail*. [en ligne]. 2016. [Consulté le 3 juillet 2024]. DOI 10.13140/RG.2.2.32702.89924. Disponible à l'adresse : <http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.2.32702.89924>
- ◆ CHANCEREL, F. 2003. Le brochet : Biologie et gestion. mise au point. *Conseil Supérieur de la Pêche/Protection des milieux aquatiques* CN - Gc,25.
- ◆ COMITÉ INTERMINISTÉRIEL DE L'ÉVALUATION DES POLITIQUES PUBLIQUES, 1994. *Les zones humides*. Rapport de l'instance d'évaluation. Comité interministériel de l'évaluation des politiques publiques.
- ◆ COMITÉ DE BASSIN RHIN-MEUSE, 2022. Tome 3 : *Orientations fondamentales et dispositions*. Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux.
- ◆ COMMISSION LOCALE DE L'EAU DU SAGE DU BASSIN FERRIFÈRE, 2015. *SAGE du Bassin ferrifère - Plan d'Aménagement et de Gestion Durable*. Plan d'aménagement et de gestion durable.
- ◆ DENYS, Gaël, DETTAI, Agnès, PERSAT, Henri, HAUTECOEUR, Mélyne, KEITH, Philippe, 2014. Morphological and molecular evidence of three species of pikes *Esox* spp. (Actinopterygii, Esocidae) in France, including the description of a new species. *Comptes Rendus Biologies*. septembre 2014. Vol. 337, n° 9, pp. 521-534.
- ◆ DEROUCH, Mathieu, 2024. *Cahier d'identification des poissons d'eau douce de France*. Editions Biotope, Mèze, (collection Cahiers d'identification), 128p.
- ◆ DIREN, 1998. *Qualité du milieu physique de l'Othain*. Rapport d'étude. Direction régionale de l'environnement de Lorraine et agence de l'eau Rhin-Meuse.
- ◆ FDPMA54, 2020. *Plan Départemental pour la Protection des milieux aquatiques et la Gestion des ressources piscicoles*, Volume 2 Fiches contextes. 2021 – 2026. 481 p
- ◆ FDPMA54, 2023. *Inventaire des annexes hydrauliques de la Meurthe et détermination de leur fonctionnalité en tant que frayère pour le Brochet (Esox lucius)*. Fédération de la Meurthe-et-Moselle pour la Pêche et de Protection du Milieu Aquatique.

- ◆ FDPPMA55, 2006. *Plan Départemental pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion des ressources piscicoles de la Meuse*. 1011 p.
- ◆ FDPPMA55, 2009. Tome 1 : *Evaluation des potentialités écologiques à l'échelle de l'habitat et propositions de mesures de gestion adaptées. : Inventaire et caractérisation des annexes hydrauliques du fleuve Meuse dans le département de la Meuse (55)*. Rapport d'étude. Meuse : Fédération de la Meuse pour la Pêche et de Protection du Milieu Aquatique.
- ◆ FDPPMA55, 2015a. *Création d'une annexe hydraulique sur l'Othain à Bazeilles-sur-Othain. Avant-projet*. Bazeilles-sur-Othain : Fédération de la Meuse pour la Pêche et de Protection du Milieu Aquatique.
- ◆ FDPPMA55, 2015b. *Restauration d'une seconde annexe hydraulique de l'Othain à Spincourt. Avant-projet*. Spincourt : Fédération de la Meuse pour la Pêche et de Protection du Milieu Aquatique.
- ◆ FDPPMA03, 2020. *Inventaire et expertise des annexes hydrauliques du fleuve Loire et propositions de gestion*. Fédération de l'Allier pour la Pêche et de Protection du Milieu Aquatique.
- ◆ FDPPMA03, 2023. *Inventaire, expertise et propositions de gestion des annexes hydrauliques du Cher*. Fédération de l'Allier pour la Pêche et de Protection du Milieu Aquatique.
- ◆ FDPPMA77, 2017. *Etude des frayères à brochets sur les axes navigables de Seine-et-Marne*. Fédération de Seine-et-Marne pour la Pêche et de Protection du Milieu Aquatique.
- ◆ FDPPMA84, 2021. *Etude de faisabilité de restauration d'annexes hydrauliques sur le Rhône et la Durance*. Fédération du Vaucluse pour la Pêche et de Protection du Milieu Aquatique.
- ◆ FDPPMA30, 2023. *Suivis et analyses des frayères à brochet dans le Gard*. Fédération du Gard pour la Pêche et de Protection du Milieu Aquatique.
- ◆ GODREAU, V., BORNETTE, G., FROCHOT, B., AMOROS, C., CASTELLA, E., OERTLI, B., CHAMBAUD, F., OBERTI, D. et CRANEY, E., 1999. Biodiversity in the floodplain of Saone: A global approach. *Biodiversity and Conservation*. 1999. Vol. 8, n° 6, pp. 839 864. DOI 10.1023/A:1008807328566
- ◆ GRIMM, M. P. et KLINGE, M., 1996. Pike and some aspects of its dependence on vegetation. In : CRAIG, John F. (éd.), *Pike* [en ligne]. Dordrecht : Springer Netherlands. pp. 125 156. [Consulté le 3 juillet 2024]. ISBN 978-90-481-4006-0. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1007/978-94-015-8775-4_6
- ◆ KASSAMBARA, Alboukadel, 2023. *Rstatix: Pipe-Friendly Framework for Basic Statistical Tests*. R package version 0.7.2
- ◆ KASSAMBRARA, Alboukadel, MUNDT, Fabian, 2020. *Factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses*. R package version 1.0.7.
- ◆ KEITH, Philippe, PERSAT, Henri, FEUNTEUN, Éric, ALLARDI, Jean, 2011. *Les Poissons d'eau douce de France*. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris ; Biotope, Mèze, 552 p. (Inventaires & biodiversité ; 1).
- ◆ KOBLE, A., KLEFOTH, T. et ARLINGHAUS, R., 2008. Site fidelity and seasonal changes in activity centre size of female pike *Esox lucius* in a small lake. *Journal of Fish Biology*. août 2008. Vol. 73, n° 3, pp. 584 596. DOI 10.1111/j.1095-8649.2008.01952.x.
- ◆ LAWSON, Clare, ROTHERO, Emma, GOWING, David, NISBET, Tom, BARSOUM, Nadia, BROADMEADOW, Samantha, SKINNER, Ann, 2018. The natural capital of floodplains: management, protection and restoration to deliver greater benefits. *Valuing Nature Natural Capital Synthesis Report VNP09*. 2018.
- ◆ LE COZ, Jérôme, 2007. *Fonctionnement hydro-sédimentaire des bras morts de rivière alluviale*. These de doctorat en Science Mécanique. Lyon : Ecole Centrale de Lyon.
- ◆ LÉ Sebastien, JOSSE, Julie, HUSSON, François, 2008. *FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis*. *Journal of Statistical Software*, 25(1), 1-18. DOI 10.18637/jss.v025.i01
- ◆ MALAVOI, Jean-René, SOUCHON, Yves., 1996. Dynamique fluviale et dynamique écologique. *La Houille Blanche*. 1 octobre 1996. Vol. 82, n° 6 7, pp. 98 107. DOI 10.1051/lhb/1996076.
- ◆ MINISTÈRE DE LA TRANSITION ECOLOGIQUE ET DE LA COHÉSION DES TERRITOIRES, 2024. *Zones humides et humains, des vies entrelacées*. 2024
- ◆ MNHN, OFB. 2003-2024. *Fiche de Esox lucius Linnaeus, 1758*. Inventaire national du patrimoine naturel (INPN). Site web : https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/67606 - Le 20 février 2024

- ◆ NATHAN, Lucas R., JERDE, Christopher L., BUDNY, Michelle L. et MAHON, Andrew R., 2015. The use of environmental DNA in invasive species surveillance of the Great Lakes commercial bait trade. *Conservation Biology*. avril 2015. Vol. 29, n° 2, pp. 430 439. DOI 10.1111/cobi.12381.
- ◆ NILSSON, Jonas, ENGSTEDT, Olof, LARSSON, Per, 2014. Wetlands for northern pike (*Esox lucius* L.) recruitment in the Baltic Sea. *Hydrobiologia*. 2014. Vol. 721, n° 1, pp. 145 154. DOI 10.1007/s10750-013-1656-9.
- ◆ OFFICE FRANÇAIS DE LA BIODIVERSITÉ, 2020. *Eau et milieux aquatiques - Les chiffres clés - Édition 2020*. 2020.
- ◆ PENALUNA, Brooke E., ALLEN, Jennifer M., ARISMENDI, Ivan, LEVI, Taal, GARCIA, Tiffany S. et WALTER, Jason K., 2021. Better boundaries: identifying the upper extent of fish distributions in forested streams using eDNA and electrofishing. *Ecosphere*. janvier 2021. Vol. 12, n° 1, pp. e03332. DOI 10.1002/ecs2.3332.
- ◆ PHILIPPART, Jean-Claude, 2001. *Etude de la biologie de la reproduction du brochet dans l'Ourthe Liégeoise et la basse ambleve*. Rapport de recherches au fonds piscicole de la région wallonne.
- ◆ POFF, N. LeRoy, ALLAN, J. David, 1995. Functional Organization of Stream Fish Assemblages in Relation to Hydrological Variability. *Ecology*. mars 1995. Vol. 76, n° 2, pp. 606 627. DOI 10.2307/1941217.
- ◆ PUISSAUVE, Renaud, POULET, Nicolas, 2015. *Fiches d'information sur les espèces aquatiques protégées : Brochet, Esox lucius Linnaeus, 1758*. Service du patrimoine naturel du MNHN & Onema.
- ◆ RCore Team, 2023. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- ◆ RODRIGUEZ, S, MATTE, J.L, BRESSON, J.M, 2004. *Qualité des cours d'eau des bassins miniers Nord Lorrains*. Synthèse des données. Metz : DIREN Lorrain.
- ◆ SDES , IGN , European Environment Agency, 2019. *Occupation du sol - Corine Land Cover (2018)*. SDES <https://doi.org/10.12770/ac797a9e-60b5-4e22-bd4c-df2f7a6fe217>.
- ◆ SIE, 2013. *1 : Diagnostic de la qualité physique du milieu récepteur des rejets des systèmes d'assainissement de la commune de Saint-Laurent-sur-Othain*. Notice explicative. Syndicat des Eaux de la Région de Mangiennes.
- ◆ THIOULOUSE, Jean, DRAY, Stéphane, DUFOUR, Anne-Béatrice, SIBERCHICOT, Aurélie, JOMBART, Thibaut, PAVOINE, Sandrine, 2018. *Multivariate analysis of ecological data with ade4*. Springer New York, pp. 1–294. doi: 10.1007/978-1-4939-8850-1/COVER
- ◆ TOCKNER, Klement, BUNN, Stuart E., GORDON, Christopher, NAIMAN, Robert J., QUINN, Gerry P., STANFORD, Jack A., 2008. Flood plains: critically threatened ecosystems. In : POLUNIN, Nicholas V. C. (éd.), *Aquatic Ecosystems* [en ligne]. 1. Cambridge University Press. pp. 45 62. [Consulté le 5 février 2024]. ISBN 978-0-521-83327-1. Disponible à l'adresse : https://www.cambridge.org/core/product/identifier/CBO9780511751790A012/type/book_part
- ◆ TOMANOVA, S., TEDESCO, P. A., ROSET, N., BERREBI DIT THOMAS, R. et BELLIARD, J., 2013. Systematic point sampling of fish communities in medium- and large-sized rivers: sampling procedure and effort. *Fisheries Management and Ecology*. décembre 2013. Vol. 20, n° 6, pp. 533 543. DOI 10.1111/fme.12045.
- ◆ UFBAG, 2014. *Guide technique pour la restauration des frayères à brochet*. Guide technique. Union des Fédérations pour la pêche et la protection du milieu aquatique du Bassin Adour-Garonne.
- ◆ VAN KLEEF, H., VAN DER VELDE, G., LEUVEN, R. S. E. W. et ESSELINK, H., 2008. Pumpkinseed sunfish (*Lepomis gibbosus*) invasions facilitated by introductions and nature management strongly reduce macroinvertebrate abundance in isolated water bodies. *Biological Invasions*. 2008. Vol. 10, n° 8, pp. 1481 1490. DOI 10.1007/s10530-008-9220-7.
- ◆ VAUTE, Laurent et SOULAS, Christelle, 2007. Séquence n°2 : *synthèse, diagnostic et tendances : Schéma d'aménagement et de gestion des eaux Bassin ferrifère lorrain*. Conseil régional de Lorraine et agence de l'eau Rhin-Meuse.
- ◆ VECCHIO, Yoann, 2010. *Retour d'expériences de restauration d'annexes hydrauliques dans le bassin Rhin Meuse*. Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques. 2010. pp. 1 40.
- ◆ VERNEAUX, Jean. 1973. *Cours d'eau de Franche-Comté (Massif du Jura). Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs*. Essai de biotypologie. Thèse d'état, Besançon : 257
- ◆ WICKHAM, Hadley, 2016. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York.



Mécanismes de formation d'un bras mort par recouplement des méandres (Amoros & Petts, 1993).

Fiche de terrain : inventaire des annexes hydrauliques de l'Othain

1 Données générales : Site restauré ☐ Oui ☐ Non

T°C :

ID : Noms des observateurs : Date :

Heure de passage : Commune et Département :

Contexte piscicole : Typologie de l'annexe hydraulique :

Débit journalier :m³/s Rive : Observation brochets (Nb) :

Rappel Contexte piscicole : Othain 1 ou Othain 2

Typologie : Bras actif secondaire, Noue, Ancien bras, Lac d'Oxbow, Marais, Affluent permanent, Affluent temporaire, Fossé, Chenal de crue, Forêt alluviale ou mare

2 Caractéristiques hydromorphologiques et fonctionnement hydraulique de l'annexe

Type de connexion : Hauteur : cm Largeur : cm

Hauteur des berges (cm) : ☐ 0 - 25 ☐ 25 - 50 ☐ 50 - 75 ☐ >75Pente des berges (%) : ☐ 0 - 5 ☐ 5 - 15 ☐ 15 - 30 ☐ >30

Vitesse moyenne d'écoulement (entourer) : Rapide / Moyenne / Faible / Absente

Ensoleillement (%rec) : ☐ 75 - 100 ☐ 50 - 75 ☐ 25 - 50 ☐ <25Turbidité : ☐ Claire ☐ Turbide ☐ Opaque

Cas de figure de la fréquence de connexion de l'annexe :

Fréquence de submersion des berges de l'annexe : ☐ T ☐ TR ☐ RE ☐ RA ☐ PJ

3 Descriptif des habitats pour le Brochet

Classe végétaux immergés et superficie associée :

Classe végétaux immergés et profondeur associée :

Classe végétaux émergés et proportion du linéaire associée :

Nom, position (émergée ou immergée):

Superficie des EEE (%) : ☐ 0 ☐ 1 - 25 ☐ 25 - 50 ☐ 50 - 75 ☐ 75 - 100

Rappel Classe végétaux : Hygrophytes - Amphibies / Hélophytes / Hydrophytes / Arbres - Abrustes / Absence de végétation

Superficie ou linéaire végétaux (%) : 100 - 80 / 80 - 60 / 60 - 40 / 40 - 20 / 20 - 1

Profondeur végétaux (cm) : 0.20 - 100 / 100 - 180 / >180 / <0.20

4 Potentiel de restauration des annexes hydrauliques

Travaux :

☐ Taille☐ Abattage☐ Plantation☐ Reconnexion☐ Reprofilage☐ N ☐ R☐ N ☐ R☐ N ☐ R☐ N ☐ R☐ N ☐ R

Accessibilité :

☐ Facile☐ Difficile

Rappel Cocher N lorsque les travaux sont nécessaires et cocher R lorsque l'annexe est restaurable

5 Représentation schématique de l'annexe hydraulique

Rappel Points importants à ne pas oublier :

Position de l'annexe par rapport au cours d'eau, connexion avec le cours d'eau, position des classes de végétaux (émergées ou immergées), position des espèces exotiques envahissantes, etc...

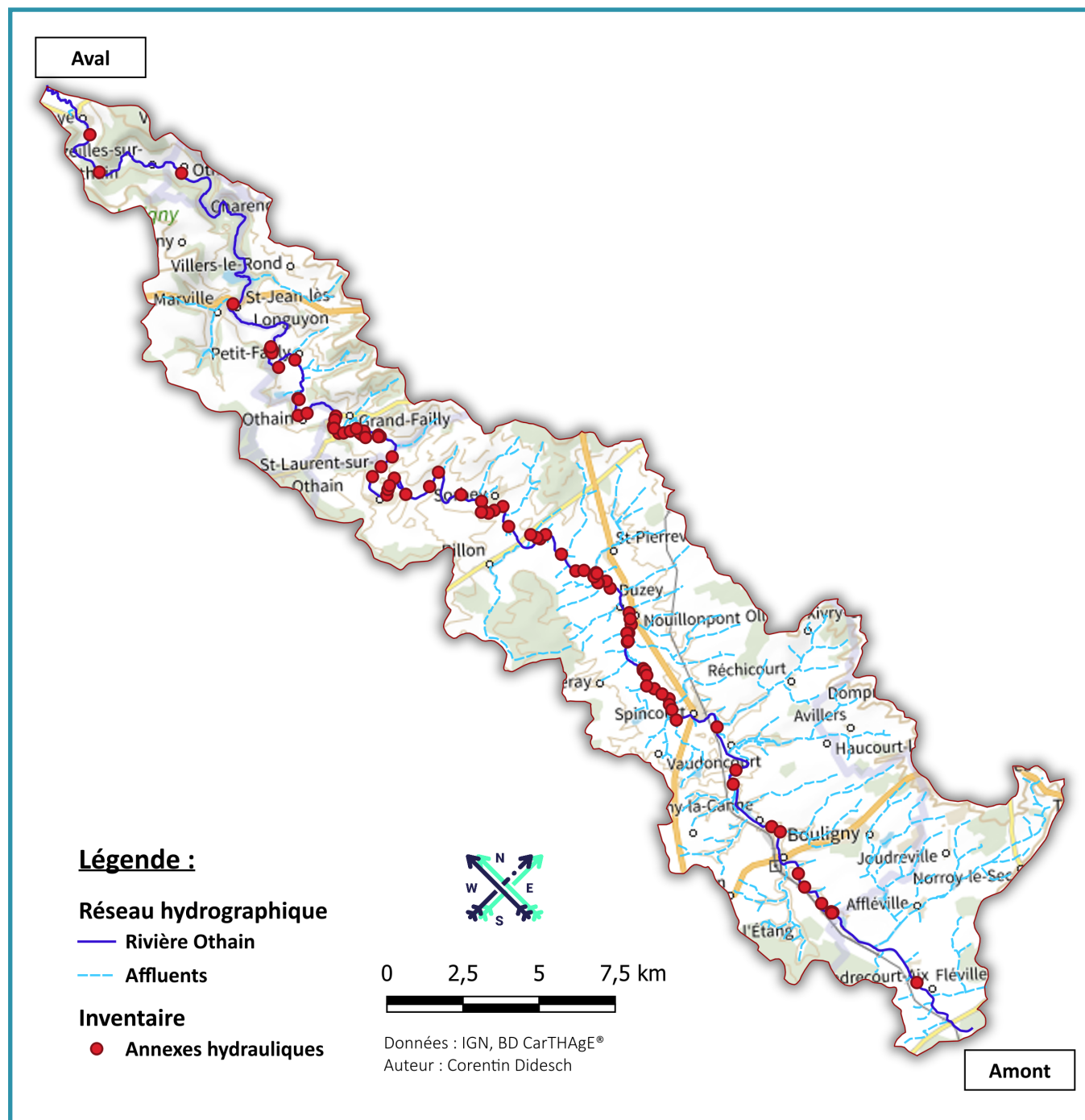
6 Accessibilité pour la pêche électrique

Accessibilité à pied (mètre) :	☐ <100m	☐ >100m	☐ > 1000m
Accessibilité en voiture (mètre) :	☐ <100m	☐ >100m	☐ > 1000m

Remarques :

Rappel des différents cas de figure relatifs à la submersion des berges et des annexes hydrauliques :

Cas de figure	Débit journalier (Qj)	Comparaison	Fréquence de submersion	Note
<i>Pour les annexes connectées</i>				
1		$Q_j < Q_{min}$	T	6
2		$Q_{min} < Q_j < Q_{moy}$	TR	4
3		$Q_{moy} < Q_j < Q_{max}$	RE	2
4		$Q_j > Q_{max}$ (Evaluation sur le terrain)	TR	4
5		$Q_j > Q_{max}$ (Evaluation sur le terrain)	RE	2
6		$Q_j > Q_{max}$ (Evaluation sur le terrain)	RA	1
7		$Q_j > Q_{max}$ (Evaluation sur le terrain)	PJ	0
<i>Pour les annexes déconnectées</i>				
8		$Q_j > Q_{max}$	PJ	0
9		$Q_{moy} < Q_j < Q_{max}$	RA	1
10		$Q_{min} < Q_j < Q_{moy}$	RE	2
11		$Q_j < Q_{min}$ (Evaluation sur le terrain)	PJ	0
12		$Q_j < Q_{min}$ (Evaluation sur le terrain)	RA	1
13		$Q_j < Q_{min}$ (Evaluation sur le terrain)	RE	2
14		$Q_j < Q_{min}$ (Evaluation sur le terrain)	TR	4





Légende :

Informations générales

- Rivière Othain
- Connexion avec l'Othain



Espèces animales exotiques envahissantes

Habitats aquatiques

- ▨ Arbres et arbustes
- ▨ Hélophytes

▨ Hélophytes et hydrophytes

▨ Hydrophytes

■ Eau libre

Habitats terrestres

- ▨ Arbres et arbustes
- ▨ Hélophytes et arbres et arbustes
- ▨ Hydrophytes et hélophytes



0 10 20 30 m



Données : BD ORTHO®, BD CarTHAgE®
Auteur : Corentin Didesch

Fiche annexe hydraulique : 1NO55

Bazeilles-sur-Othain 55600

Informations générales

Priorité : **N°3 Enjeu très fort à charge de travail faible**

Contexte piscicole : **Othain 2**

Coordonnées (x, y / Lambert 93) : 874215, 6935474

Département : **Meuse (55)**

Surface de l'annexe hydraulique (m²) : 297

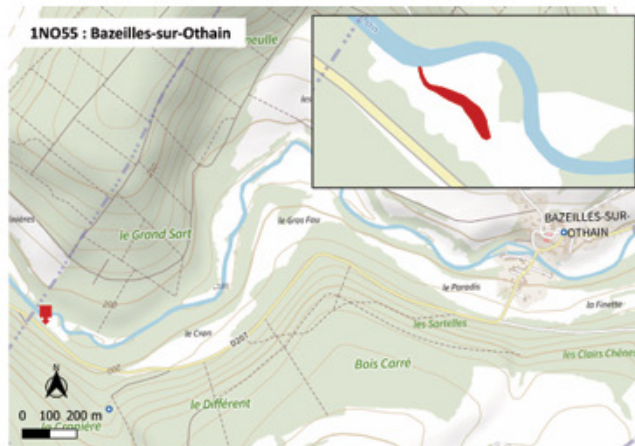
Type hydromorphologique : **Noüe**

Classe de qualité générale : **Bonne**

Classe de qualité des habitats : **Bonne**

Classe de qualité hydromorphologique : **Bonne**

Localisation de l'annexe



Travaux de restauration

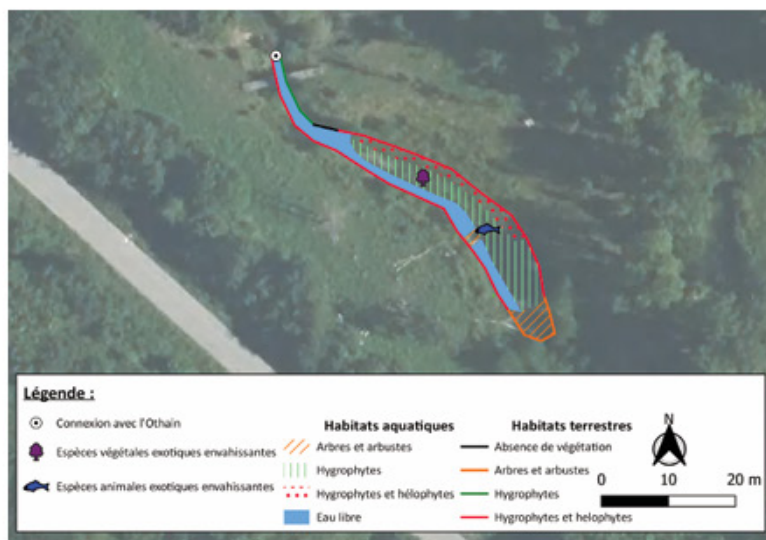
Terrassement

- ◆ Reconnexion X
- ◆ Reprofilage X

Végétation

- ◆ Abattage X
- ◆ Plantation X
- ◆ Taille X

Les habitats



À prévoir :

- ◆ Entretien des banquettes végétalisées par arrachage des rejets de saules.
- ◆ Limiter le développement arboré sur le pourtour de l'annexe afin de conserver le maximum d'ensoleillement.

Remarques

L'annexe 1NO55, située sur la commune de Bazeilles-sur-Othain, avait fait l'objet d'une restauration en 2015. La prospection menée indique qu'il faudrait davantage surveiller la prolifération de l'élodée du Canada (*Elodea canadensis*), espèce exotique envahissante et ainsi que celle du pseudorasbora (*Pseudorasbora parva*) inventorié lors d'une pêche électrique en 2024. Enfin, le castor (*Castor fiber*) est présent sur l'annexe.



Résumé :

En 2024, la campagne d'inventaire et de caractérisation des annexes hydrauliques de l'Othain s'est déroulée. L'étude décrite dans ce mémoire s'inscrit dans la poursuite des inventaires d'annexes hydrauliques réalisés par la fédération de pêche de la Meuse depuis plus de 15 ans. Le brochet (*Esox lucius*), espèce repère de la rivière, a été le centre d'intérêt de cette étude. En effet, les inventaires réalisés pour chaque site sont caractérisés par des variables relatives aux exigences écologiques de l'espèce (Chancerel, 2003). Plus précisément, les sites de frayères sont décrits et représentés selon des classes de qualité à travers trois groupes indicateurs : les caractéristiques hydromorphologiques et le fonctionnement hydraulique des sites, la description des habitats présents pour le brochet et le potentiel de restauration des sites. Huit annexes présentant des caractéristiques favorables ont été prospectées grâce à des pêches électriques d'inventaire, afin d'attester du succès de reproduction. L'analyse de la fonctionnalité des sites, des dégradations et de la reproduction du brochet a permis de constater une fonctionnalité moyenne pour la majorité des annexes, avec globalement un état de dégradation appuyé par la nécessité d'envisager des travaux sur 84 des 92 annexes inventoriées. De ce fait, une première approche pour la préservation de ces dernières est la réalisation de fiches actions ayant l'objectif de fournir aux instances concernées une description au cas par cas des sites, selon des priorités formulées à partir des enjeux de restauration.

Summary :

In 2024, the survey and characterisation campaign of the hydraulic annexes of the river Othain took place. The study described in this dissertation is part of the ongoing inventory of hydraulic annexes carried out by the Meuse Fishing Federation for over 15 years. The pike (*Esox lucius*), a key species of the river, was the focus of this study. Indeed, the inventories conducted at each site are characterised by variables related to the ecological requirements of the species (Chancerel, 2003). More specifically, the spawning sites are described and represented according to quality classes through three indicator groups: the hydromorphological characteristics and hydraulic functioning of the sites, the description of the habitats available for pike, and the potential restoration of each sites. Eight hydraulic annexes with favourable characteristics were surveyed using electrofishing inventories to confirm reproductive success. The analysis of site functionality, degradation, and pike reproduction revealed a moderate functionality for the majority of annexes, with an overall state of degradation highlighted by the need to consider work on 84 out of the 92 inventoried annexes. Therefore, a first approach for preserving the annexes involves creating action sheets aimed at providing the relevant authorities with a site-specific description, prioritised based on restoration issues.