



FÉDÉRATION DÉPARTEMENTALE

PÊCHE

*Fédération de l'Allier
pour la Pêche et la Protection
du Milieu Aquatique*

Février 2023

**Inventaire, expertise
et propositions
de gestion des
annexes
hydrauliques
du Cher**

Rapport final



Publication

Fédération de l'Allier pour la Pêche et de la Protection du Milieu Aquatique

8 rue de la Ronde – 03500 Saint-Pourçain-sur-Sioule

04.70.47.51.55

federation-peche-allier@wanadoo.fr

www.federation-peche-allier.fr

Rédaction

HARDOIN Léo – Apprenti (Master 1 Sciences de l'eau)

Supervision

MAREY Pierre - Technicien

LELIEVRE Mickaël – Directeur



Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier M. Laurent Gaillard qui, en tant que Président de la Fédération Départementale de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique de l'Allier (FDPPMA 03), m'a permis de réaliser cette étude au sein de sa structure.

J'adresse tous mes remerciements à Mickaël Lelievre, directeur technique de la FDPPMA 03, pour ses nombreuses orientations et conseils qui ont été indispensables à la conduite de l'étude. Sa disponibilité ainsi que sa confiance ont été extrêmement appréciées.

Je remercie mon tuteur de stage universitaire, Jean-Michel Olivier, ingénieur de recherche au CNRS au sein du laboratoire d'écologie des hydrosystèmes naturels et anthropisés (LEHNA, Université Lyon 1) pour son aide méthodologique à la mise en œuvre de mon étude. Je le remercie également pour le temps qu'il a consacré aux relectures de mon rapport.

Je porte une attention toute particulière à Pierre Marey, technicien à la FDPPMA 03, qui m'a accompagné tout le long de cette étude. La pédagogie et les motivations de Pierre ont été indispensables au bon déroulement de mon stage dans la structure. Je le remercie pour avoir partagé son expérience et ses connaissances pluridisciplinaires, ainsi que pour tout le temps accordé au perfectionnement de l'étude.

Enfin, j'aimerais exprimer ma gratitude à l'ensemble de l'équipe de la FDPPMA 03 pour leur accueil, leur partage et leur générosité. Je pense notamment à Vincent Guillaumin, Thibaut Rosak, Marc Bourdeaux, Chloé Quillard et Nathalie Beal.

Sommaire

| | |
|--|-----------|
| 1 - Introduction | 6 |
| 2 - Contexte de l'étude | 9 |
| 2.1 Cadre de l'étude | 9 |
| 2.2 Le bassin versant du Cher | 9 |
| 2.2.1 Caractéristiques générales | 9 |
| 2.2.2 Géologie du bassin versant | 11 |
| 2.2.3 Climat | 12 |
| 2.2.4 Hydrologie | 14 |
| 2.2.5 Dynamiques hydromorphologiques..... | 15 |
| 2.3 Le secteur d'étude : Le Cher aval | 18 |
| 2.3.1 Caractéristiques générales | 18 |
| 2.3.2 Dynamiques et perturbations hydromorphologiques | 19 |
| 2.3.3 Contexte piscicole et état des masses d'eau | 22 |
| 2.4 Les enjeux du brochet et des annexes hydrauliques | 23 |
| 2.4.1 L'espèce phytophile repère, le brochet (<i>Esox lucius</i>)..... | 23 |
| 2.4.2 Dynamiques des annexes hydrauliques | 26 |
| 2.4.3 La lutte contre la dégradation des frayères à brochet..... | 28 |
| 3 - Matériels et méthode | 31 |
| 3.1 Méthode d'identification et prospection des annexes | 31 |
| 3.1.1 Identification des sites par SIG (Qgis) | 31 |
| 3.1.2 Protocole de terrain | 32 |
| 3.2 Hiérarchisation au regard de l'état des lieux des annexes | 34 |
| 3.2.1 Méthode de notation à l'aide des fiches de terrain :..... | 34 |
| 3.2.2 Notation globale des annexes : | 36 |
| 3.2.3 Classification globale des annexes | 36 |
| 3.3 Production potentielle de brochet du site | 37 |
| 3.3.1 Estimation de la Surface Favorable à la Reproduction (SFR ou capacité d'accueil) | 37 |
| 3.3.2 Estimation de la population théorique de brochet par an (BROC/an) | 37 |
| 3.3.3 Estimation de la population fonctionnelle (PopF/an)..... | 37 |

| | |
|--|-----------|
| 4 - Résultats | 38 |
| 4.1 Inventaire des annexes hydrauliques | 38 |
| 4.1.1 Annexes prospectées | 38 |
| 4.1.2 Annexes étudiées | 38 |
| 4.1.3 Localisation des annexes | 43 |
| 4.2 Expertise des annexes hydrauliques | 45 |
| 4.2.1 Les annexes les plus fonctionnelles du Cher aval | 46 |
| 4.2.2 La production de brochet des annexes hydrauliques du Cher aval | 49 |
| 4.2.3 Les annexes les plus productives du Cher | 51 |
| 4.2.4 Classification selon la perte (et le gain) potentiel de production fonctionnelle | 53 |
| 5 - Perspectives | 56 |
| 5.1 Perspectives de gestion des annexes | 56 |
| 5.2 Perspectives de restauration | 61 |
| 6 - Conclusion | 63 |
| Bibliographie | 66 |
| Table des figures..... | 69 |

Sigles et abréviations :

AAPPMA : Association Agrée pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique
AEAG : Agence de l'Eau Adour-Garonne
AELB : Agence de l'Eau Loire-Bretagne
AESN : Agence de l'Eau Seine-Normandie
BD : Base de données
BM : Bras mort
C : Confluence en lit majeur
CC : Chenal de crue
CS : Chenal secondaire
CT : Chenal tertiaire
DCE : Directive Cadre Européenne
DDT : Direction Départementale des Territoires
DPF : Domaine Public Fluvial
ENS : Espace Naturel Sensible
EPCI : Etablissement Public de Coopération Intercommunale
EPTB : Etablissement Public Territorial de Bassin
FDPPMA : Fédération Départementale de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique
FNPF : Fédération Nationale de la Pêche en France
IGN : Institut National de l'information Géographique et forestière
IPR : Indice Poisson Rivière
M : Morte
MTI : Milieu Temporairement Immergé
ONEMA : Office National de l'Eau et les milieux Aquatiques, aujourd'hui Office Français de la Biodiversité
PDPG : Plan Départemental pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion de la ressource piscicole
PGP : Plan de Gestion Piscicole
PI : Prairie inondable et marais
PPRi : Plan de Prévention du Risque inondation
SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SANDRE : Service d'Administration National des Données et Référentiel sur l'Eau
SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SFR : Surface favorable à la reproduction
SIG : Système d'Information Géographique
UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature
ZA : Zone Artificialisée
ZNIEFF : Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique

1 - Introduction

Dans un contexte d'intensification du changement climatique, de réduction des disponibilités en eau et d'un « manque de volonté politique » (2^{ème} volet du 6^{ème} rapport du GIEC) des états à agir pour réduire les impacts du réchauffement global, il est indispensable d'œuvrer davantage pour la préservation des milieux naturels et des services écosystémiques (IPCC, 2022). Cette urgence justifie le développement de la connaissance et de la protection des milieux aquatiques qui offrent de nombreux services à nos sociétés. Les activités anthropiques comme l'agriculture intensive, l'urbanisation, la production forestière et donc globalement la fragmentation des milieux sont responsables de la disparition active et de l'altération des rivières et des zones humides. En France, cette tendance est largement ancrée, mais elle s'observe de plus en plus ces dernières décennies comme le montre de nombreuses études sur la dégradation de ces écosystèmes (RAPIN & al, 2021).

Les zones humides sont principalement dépendantes du fonctionnement hydrologique des cours d'eau et des nappes qui les alimentent. Leurs fonctions sont multiples et interdépendantes. Elles sont hydrologiques car les zones humides permettent le ralentissement des vitesses d'écoulement, la diminution de la hauteur d'eau lors des crues, la recharge des nappes, la restitution de l'eau lors des étiages, la rétention sédimentaire et enfin la recharge du débit solide (RAPIN & al, 2021). Les zones humides sont aussi le siège de processus biogéochimiques en lien avec les dynamiques de la matière organique. Elle favorise le stockage du carbone (participation à la diminution de la quantité de CO₂ atmosphérique). Elles sont à la fois des zones de rétention et de source de l'azote (élimination des nitrates par la dénitrification) ainsi que du phosphore. Enfin, les fonctions sont biologiques car les zones humides développent la diversité des habitats et la connectivité entre ces milieux pour de très nombreuses espèces, ce qui en font très souvent des hotspots de biodiversité (RAPIN & al, 2021 ; AMOROS & BORNETTE 2002). Pour les territoires, la protection de ces milieux est nécessaire, car leur bon fonctionnement permet le maintien de la biodiversité et la disponibilité d'une ressource en eau de bonne qualité. Il s'agit aussi une réelle source d'opportunités permettant, à une plus large échelle, de favoriser l'écotourisme, le lien social et les finances locales (RAPIN & al, 2021). Il coûterait cinq fois moins cher de préserver les zones humides que de compenser la perte de service qu'elles rendent (LAURANS & al, 1996).

L'annexe hydraulique, ou annexe fluviale, intègre par ses caractéristiques (notamment pédologiques et végétatives) la large typologie des zones humides (RAPIN & al, 2021). Ces milieux connexes aux rivières (dont les forêts alluviales, prairies humides, etc.) représentent 63 % des zones humides du bassin Rhône Méditerranée (AERMC, 2015) ce qui leur accorde

une importance majeure dans la gestion des zones humides. L'annexe hydraulique correspond aussi régulièrement aux bras morts, formation issue du recoupement naturel ou artificiel des méandres qui présentent une grande richesse écologique (MALAVOI & BRAVARD, 2010). Elle est aussi qualifiée de Milieu Temporairement Immergé (MTI) car son inondation dépend des conditions hydrologiques du cours d'eau. Elle est généralement située dans le lit majeur de la rivière et peut être définie comme « l'ensemble des zones humides du lit majeur en relation permanente ou temporaire avec le milieu courant par des connexions soit superficielles, soit souterraines » (AEAG, 2016). Au-delà des services écosystémiques que ces milieux génèrent en tant que zone humide, les annexes hydrauliques sont indispensables au cycle de vie de nombreuses espèces spécifiques (oiseaux, plantes, batraciens, invertébrés, poissons, etc.), notamment les espèces de poissons phytophiles qui se reproduisent sur les végétaux immergés dans de faibles profondeurs d'eau. C'est le cas du brochet (*Esox lucius*) qui est classé vulnérable parmi les espèces menacées de disparition en France (UICN, 2019). D'autres espèces sont aussi phytophiles, notamment de nombreux cyprinidés comme la tanche, le gardon ou la brème. Les annexes hydrauliques sont donc des milieux indispensables à la reproduction et au cycle de vie de cette espèce emblématique de nos rivières (FNPF et AEAG, 2014). Largement répandu dans les cours d'eau de France, ses exigences ainsi que son positionnement au sommet de la chaîne trophique font du brochet un parfait indicateur de l'équilibre écologique et du bon fonctionnement de l'écosystème aquatique. De plus, le brochet a toujours été un poisson extrêmement recherché par les pêcheurs et son abondance dans certains milieux favorise l'attractivité des territoires grâce au développement de la pêche sportive. Se plaçant en tant que « sentinelle » des milieux aquatiques, les pêcheurs et les collectivités piscicoles (FNPF, FDPPMA, etc.) se sont organisés et mobilisés en faveur de la valorisation et la protection des rivières et des ressources halieutiques, principalement depuis la seconde moitié du 20^{ème} siècle (THOMAS & GERMAINE, 2018). Les acteurs de la pêche se positionnent alors comme une ressource primordiale pour la préservation des écosystèmes aquatiques.

Malgré les intérêts communs autour des services des espèces phytophiles et de leurs milieux de vie, les pressions structurelles exercées sur les hydrosystèmes fluviaux ont engendré une forte dégradation, quantitative et qualitative, des zones de frai. Cette disparition croissante des annexes fluviales justifie en grande partie le déclin des populations. Les pressions sont causées par de multiples facteurs, comme les modifications des régimes hydrologiques et du transport sédimentaire. Les ouvrages transversaux (barrages, seuils, etc.) et l'artificialisation des sols accentuent les dysfonctionnements globaux des rivières. De plus, la dégradation morphologique des cours d'eau liée à la rectification du lit réduit la capacité de migration transversale, bloquant l'évolution des méandres et la création de nouvelles annexes hydrauliques. Ces effets sont notables dans des lits de rivière où on observe des protections de berge, de l'endiguement ou encore des zones d'extraction de granulats. Tous ces éléments favorisent l'incision des cours d'eau et donc la déconnexion des annexes hydrauliques avec le lit mineur (MALAVOI & al, 2011 ; AMOROS & BORNETTE, 2002). Par ailleurs, selon l'étude de *Explore 70*, le dérèglement climatique va provoquer une réduction généralisée des débits et de la capacité de recharge des nappes (AELB, 2014), ce qui va d'autant plus réduire la

connectivité entre les annexes fluviales et la rivière, et ainsi favoriser le déclin des espèces dépendantes de ces milieux comme le brochet.

La rivière le Cher n'est pas épargnée par ces processus de dégradations des milieux aquatiques. Au contraire, le Cher subit depuis de longues années de très fortes pressions anthropiques dont les conséquences sont observables aujourd'hui. Les inventaires piscicoles réalisés sur la rivière, qui permettent de donner un aperçu de l'état écologique des masses d'eau (en lien avec la DCE), ont mis en évidence un état « médiocre » sur une grande partie du linéaire (FDPPMA 03, 2020). De plus, ils démontrent la faible abondance de brochet par rapport aux capacités du milieu. C'est dans ce contexte que la Fédération Départementale de la Pêche et de la Protection du Milieu Aquatique de l'Allier a décidé de porter une étude sur les annexes hydrauliques du Cher dans son département. Ce travail s'inscrit dans la continuité des études portant sur l'Allier et la Loire, où un inventaire et des propositions de gestion des annexes ont été effectués (FDPPMA 03, 2018, 2020).

Pour répondre aux nombreux enjeux du cadre d'étude dans lequel ce rapport s'inscrit, l'étude est traitée selon deux problématiques. Dans un premier temps, un inventaire des annexes hydrauliques s'impose pour dresser un état des lieux, selon leurs fonctionnalités de frayère à brochet : **Quel est l'état actuel des annexes hydrauliques du Cher selon les exigences de reproduction des espèces phytophiles ?** La connaissance de leur organisation spatiale sur le linéaire du Cher ainsi que de leurs caractéristiques intrinsèques vont permettre de définir des zones d'intérêt prioritaire pour les espèces et la rivière. Une méthode de hiérarchisation des annexes selon leurs fonctionnalités sera mise en place. Compte tenu des nombreuses limites identifiées dans les anciens rapports (FDPPMA03, 2016, 2020), cette nouvelle méthode aura été très largement modifiée et affinée.

Dans un second temps, les résultats tirés de l'état des lieux vont permettre de mettre en avant des propositions de gestion des annexes. Elles seront principalement axées sur l'intérêt d'opérations de restauration des fonctionnalités des sites à fort enjeux : **Quelles sont les annexes hydrauliques pour lesquelles des actions de restauration écologique en faveur des espèces phytophiles seraient les plus efficaces ?** La priorisation des actions à mettre en œuvre sur le tronçon sera réalisée au travers de la faisabilité des travaux proposés. L'objectif de ces actions sera alors de développer les fonctionnalités écosystémiques des annexes hydrauliques.

2 - Contexte de l'étude

2.1 Cadre de l'étude

L'étude réalisée sur les annexes hydrauliques du Cher s'inscrit dans un cadre réglementaire. L'action a été inscrite dans le Plan Départemental pour la Protection des milieux aquatiques et la Gestion de la ressource piscicoles (PDPG) de l'Allier de 2020 (code action 11.01). Son inscription découle des directives du SDAGE Loire-Bretagne 2016 – 2021 qui fixe les grands enjeux de la gestion de la ressource en eau et des milieux aquatiques. En effet, l'étude répond aux orientations fondamentales et aux dispositions 1H-1 « Améliorer la connaissance » sur les cours d'eau et 8E-1 « Améliorer la connaissance » concernant les zones humides. Actuellement, deux SAGE sont en cours de mise en œuvre sur cette rivière, le SAGE Cher Amont et le SAGE Cher Aval qui ont été soumis, respectivement, à un arrêté inter-préfectoral d'approbation en 2015 et 2018. Le linéaire étudié fait partie du SAGE Cher amont, qui décline les orientations du SDAGE et définit notamment dans son diagnostic en 2008 que « La reconnexion et/ou restauration des annexes hydrauliques est un enjeu prioritaire pour l'Arnon médian et aval, la Théols, le Cher de l'aval de Montluçon à la confluence avec l'Aumance. ».

Par ailleurs, le cadre opérationnel est assuré par le Plan de Gestion Piscicole (PGP). À l'avenir, l'étude permettra d'identifier les annexes hydrauliques ayant un intérêt prioritaire pour les actions de mise en œuvre du Contrat Territorial du Cher Montluçonnais, attendu pour fin 2022.

La structure porteuse de cette étude, la FDPPMA 03, est une association au caractère d'utilité publique. Créée en 1941, cette structure départementale regroupe aujourd'hui 39 AAPPMA. Elle possède deux missions majeures qui sont la protection et la mise en valeur des milieux aquatiques ainsi que l'organisation et le développement du loisir pêche. Ces deux axes sont donc déclinés opérationnellement par une équipe de salariés sous les directives du président et de son conseil d'administration.

2.2 Le bassin versant du Cher

2.2.1 Caractéristiques générales

Le Cher prend sa source dans la commune de Mérinchal (23) à près de 710 m d'altitude et se jette dans La Loire au niveau de la commune de Villandry en Indre-et-Loire (38 m d'altitude), quelques kilomètres en aval de la ville de Tours. Il s'agit d'un affluent majeur de la Loire, au même titre que l'Allier, la Vienne ou encore la Maine. Son bassin versant topographique possède une superficie de 13 920 km², soit 11,8 % de celui de la Loire qui s'étend sur près de 117 500 km² (figure n°1).

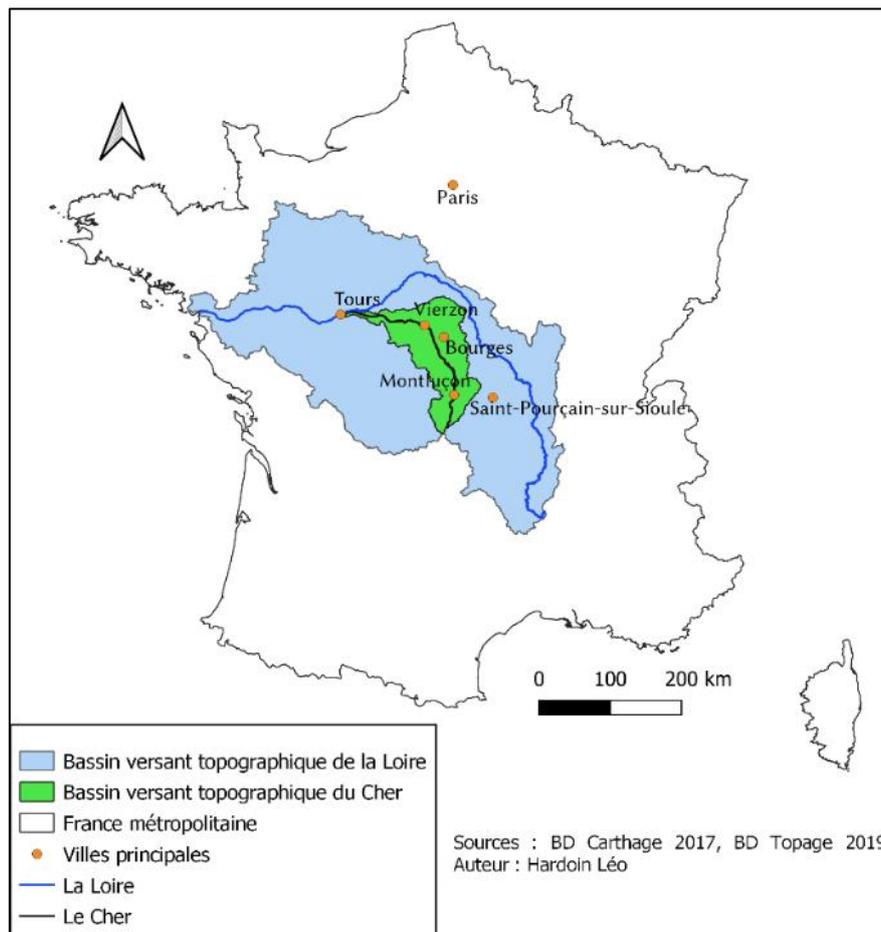


Figure 1 : Localisation du bassin versant du Cher

Le cours d'eau, d'un linéaire de 364,14 km (source : sandre.eaufrance), parcourt successivement la partie nord-est de la région Nouvelle-Aquitaine, la partie nord-est de la région Auvergne-Rhône-Alpes et la région Centre-Val de Loire. Il traverse au total 7 départements (figure n°2). À l'amont du barrage hydroélectrique de Rochebut, le Cher est caractérisé par un régime torrentiel, alors qu'à l'aval, le Cher va s'apparenter à une rivière de plaine à méandres qui circule au sein d'une large plaine d'inondation (Note de présentation DDT 03). Successivement, le Cher va être rejoint par la Tardes, l'Yèvre, l'Arnon, la Marmande et la Sauldre, ses affluents principaux. Au total, le Cher est rejoint par 194 affluents intermittents ou non (calculé à partir de la BD topage 2019).



2.2.2 Géologie du bassin versant

Le contexte géologique du Cher est présenté sur la figure n°3. La partie amont traverse des roches cristallines et métamorphiques jusqu'au bassin tertiaire de Montluçon qui s'étend jusqu'à la confluence du Cher avec l'Aumance. Durant cette étape au sein du département l'Allier, le Cher « alluvial » suit son cours sur des sols composés d'alluvions et de schistes (FDPPMA 03, 2020). Le Cher va ensuite rejoindre progressivement la Loire au travers du Bassin parisien. Dans sa course, la rivière va s'écouler sur des calcaires et argiles du Trias et du Lias, puis des calcaires marins du jurassique ainsi que des calcaires lacustres. À partir de Vierzon, les dernières formations géologiques qu'elle rencontrera seront composées de craies et d'argiles. La rivière va alors s'écouler principalement sur un substrat imperméable sur la partie amont, ce qui va induire de faibles quantités de nappes aquifères et des capacités de stockage par celles-ci relativement réduites (DEPRET, 2014).

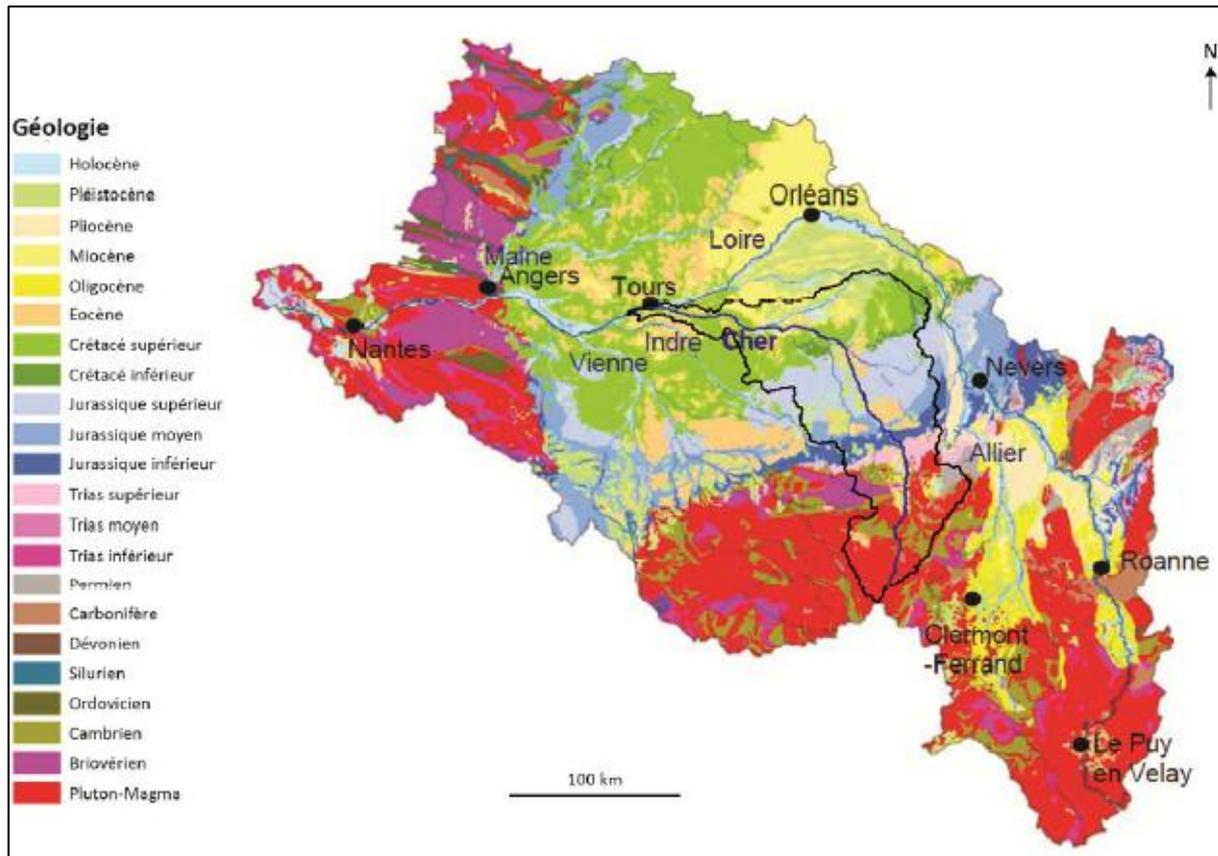


Figure 3 : Géologie du bassin versant du Cher et de la Loire (DEPRET, 2014)

2.2.3 Climat

Les conditions climatiques observées sur le bassin versant du Cher correspondent au climat océanique. Sur la période 1991-2020 à Bourges, les températures oscillent entre 4,6°C en moyenne au mois de janvier (mois le plus froid) et environ 20,7°C en moyenne au mois de juillet (mois le plus chaud visible dans la figure 4). On observe des précipitations annuelles moyennes de 700 mm

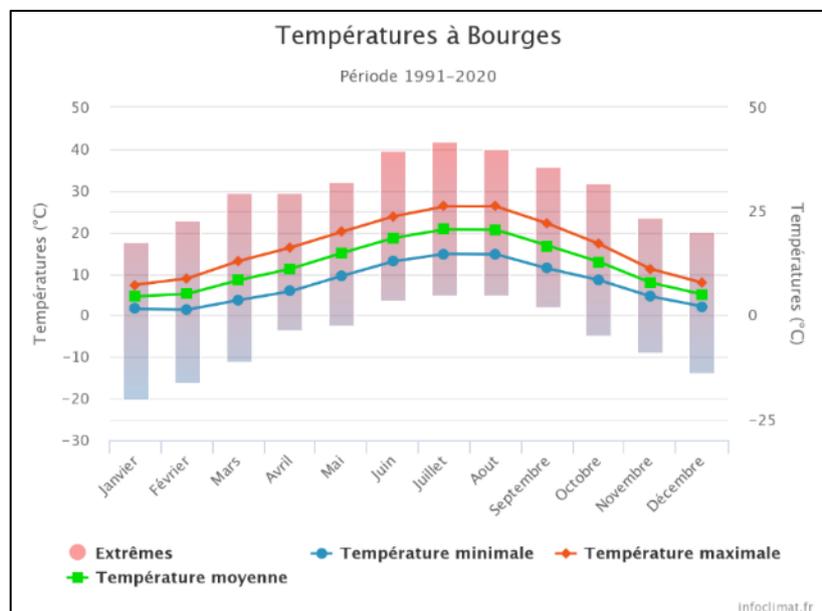


Figure 4 : Les températures à Bourges

environ, qui peuvent augmenter jusqu'à 1000 mm avec une variation décroissante d'est en ouest (figure n°5). Les pluies sont relativement régulières tout au long de l'année, avec des périodes plus intenses durant l'automne et au mois de mai. Les périodes les plus sèches

s'observent au mois de février et d'août avec 50 mm par mois en moyenne à Bourges (figure n°6). Par ailleurs, la station de Bourges enregistre des précipitations de 740 mm/an en moyenne sur la période 1991-2020.

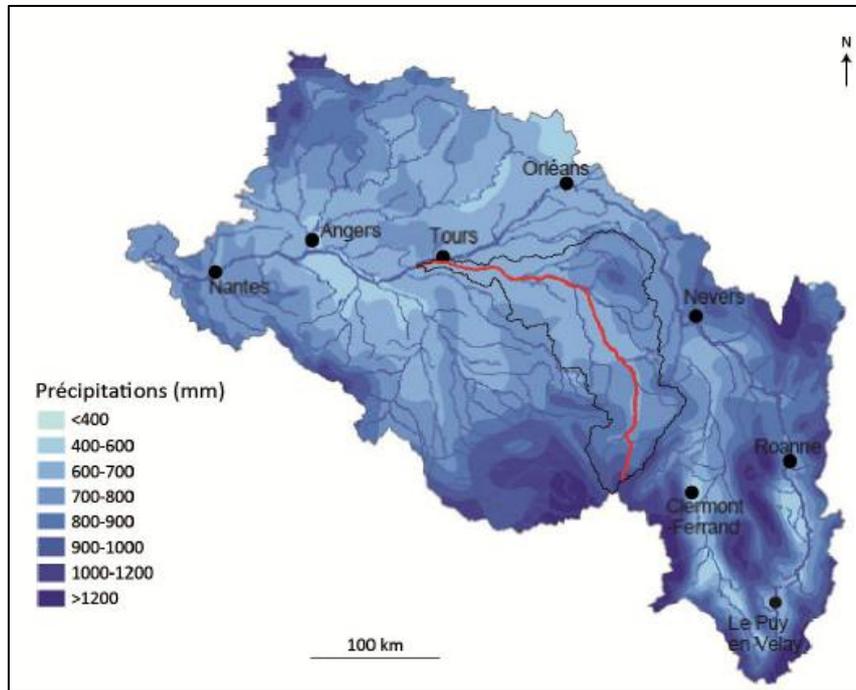


Figure 5 : La pluviométrie annuelle sur le bassin versant du Cher (DEPRET, 2014)

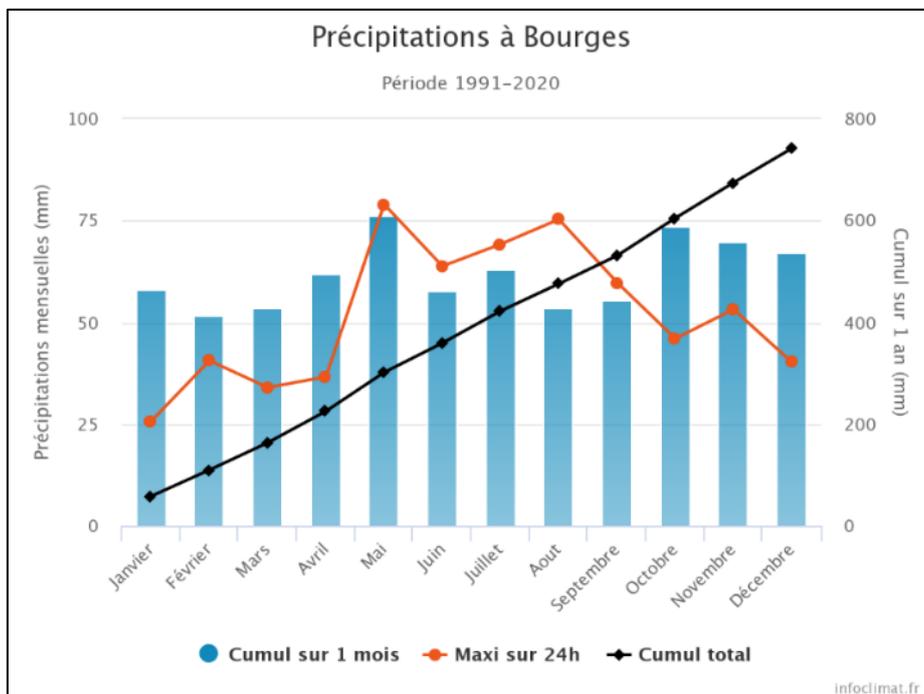


Figure 6 : Les précipitations à Bourges

2.2.4 Hydrologie

Concernant les caractéristiques hydrologiques du Cher, le tableau ci-dessous, complété à partir des données de *hydro.eaufrance.fr*, répertorie les éléments essentiels. Le « débit moyen mensuel interannuel » correspond au module calculé sur une période plus courte. Concernant Q2 et le QMNA5, il s'agit respectivement du débit de la crue de période de retour 2 ans et du débit minimum mensuel annuel de période de retour 5 ans (donnée de référence pour les étiages).

| Station hydrométrique | Code station | Période des données | Débit moyen mensuel interannuel (m ³ /s) | Q2 (crue Biennale) | QMNA5 (m ³ /s) |
|---------------------------------------|----------------|---------------------|---|--------------------|---------------------------|
| Le Cher à Montluçon | K522 090003 | 2005- 2022 | 12,9 | 92,6 | 0,889 |
| Le Cher à Saint-Amand-Montrond | K540 092001 | 1966- 2022 | 27,2 | 206 | 1,78 |
| Le Cher à Vierzon | K549 090001 | 1995- 2022 | 28,1 | 213 | 4,58 |
| Le Cher à Tours | K671 091001 | 2000- 2022 | 80,8 | 438 | 9,59 |

Figure 7 : Caractéristiques hydrologiques générales

Le Cher possède un régime hydrologique pluvial. De sa source jusqu'à sa confluence, la rivière est marquée par une période de hautes eaux en hiver, avec un maximum au mois de février, ainsi qu'une période de basses eaux l'été avec des étiages qui atteignent leurs minimums au mois d'août et septembre (figure n°8). Certains extrêmes ont été atteints, notamment lors de l'épisode de crue du 05 juin 2016 où la station hydrométrique de Tours a enregistré un débit instantané de 835 m³/s. A l'inverse, lors de l'épisode de sécheresse survenu en 2019, cette même station a enregistré un débit moyen de 3,53 m³/s le 6 septembre. Dans le cadre du PPRi de l'agglomération de Montluçon, la DDT de l'Allier a mis en avant plusieurs scénarios de crues selon différentes périodes de retour. En effet, la Q5 (crue de période de retour 5 ans) correspond à un débit de 185 m³/s, la Q10 à 230 m³/s et la Q100 à 900 m³/s (Note de présentation DDT03).

Le régime hydrologique du Cher, notamment en amont de Montluçon, est fortement artificialisé par le fonctionnement du complexe hydroélectrique de Rochebut/Prat exploité sous concession EDF depuis 1909.

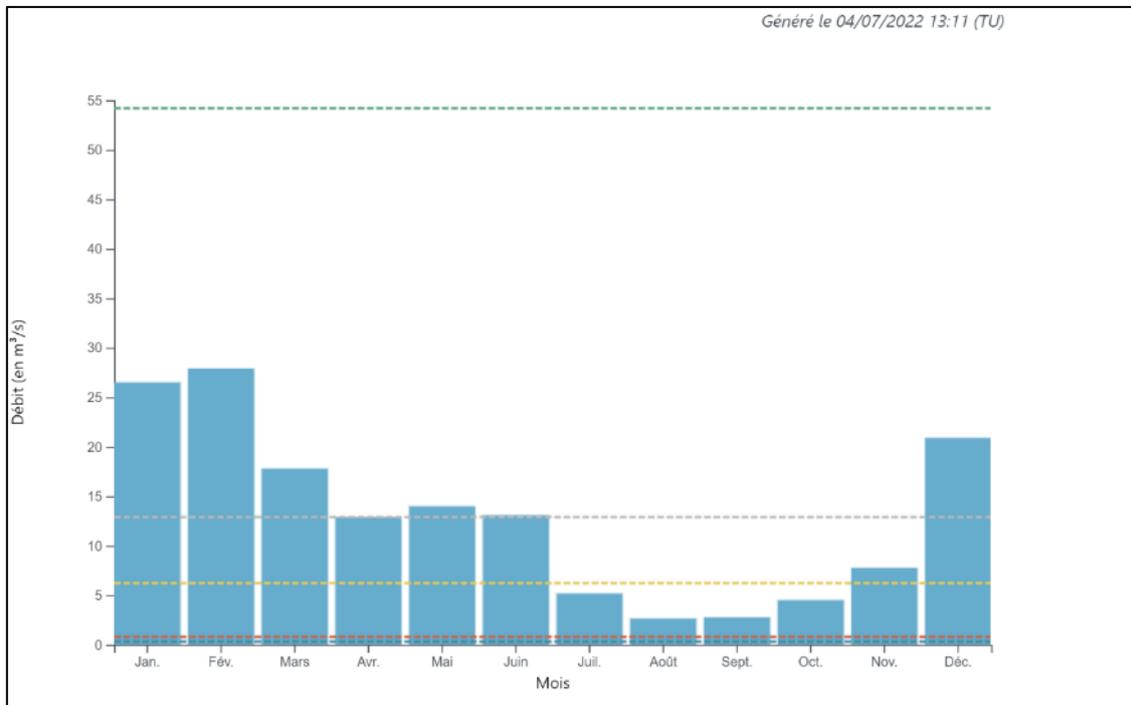


Figure 8 : Hydrogramme des débits mensuels moyens interannuels à Montluçon. Source : hydro.eafrance

2.2.5 Dynamiques hydromorphologiques

Pour qualifier les caractéristiques hydromorphologiques du Cher, la thèse de Thomas Depret sectorise en 3 parties distinctes le linéaire de la rivière. Sa partie amont, de sa source jusqu'à l'amont de Montluçon, est marquée par des pentes relativement élevées au sein d'un paysage de vallées et de gorges qui laisse peu de place pour son lit majeur. Ensuite, le Cher « alluvial » va s'écouler sur près de 225 km jusqu'à Saint-Aignan où son espace de mobilité va largement croître en lien avec l'augmentation de la largeur du lit majeur. La troisième partie va correspondre à un espace très fortement canalisé, conséquence des travaux réalisés durant la première moitié du 20^{ème} siècle pour permettre la navigation. Cette partie tire pour quasi-globalité des informations de la thèse de Thomas Depret qui a réalisé un travail sur l'évolution des dynamiques hydrosédimentaires et morphogéniques du Cher.

Contexte historique

Historiquement, le Cher était un cours d'eau relativement épargné par la construction d'ouvrages influençant son fonctionnement hydromorphologique. C'est à partir du 15^{ème} siècle, pour les besoins de la navigabilité, que de nombreux aménagements comme les ports et les moulins apparaissent et modifient par leur fonctionnement la dynamique fluviale

(DEPRET, 2014). Au début du 19^{ème} siècle, il a été identifié 28 seuils appartenant à des moulins ou des usines sur la partie aval du Cher à partir de Montluçon (DEPRET, 2014). Ces ouvrages transversaux ont donc été responsables d'une diminution de la continuité sédimentaire du Cher et par conséquent de l'avènement d'une modification importante des dynamiques latérales, longitudinales et verticales de la rivière. De plus, plusieurs activités ont favorisé la chenalisation de la rivière, notamment dans les zones urbanisées. C'est notamment le cas de la navigation qui a œuvré à rectifier le lit mineur. Au-delà des ports, l'exemple le plus marquant est la construction du Canal de Berry entre Montluçon et Saint-Armand-Montrond de 1808 et 1840. Cet aménagement a modifié la géomorphologie du tracé du Cher et réduit sa capacité de circulation latérale. Dans ce sens, le Cher a aussi été soumis à l'influence des ouvrages de protection de berges qui se sont majoritairement développés après la crue de 1856. Comme une très grande partie des cours d'eau, le Cher a subi les conséquences de l'extraction de granulats en faveur du secteur de la construction jusqu'à l'interdiction progressive à la fin des années 80. Cette activité a engendré de nombreuses modifications des dynamiques de la rivière, pour certaines encore en action aujourd'hui, comme un abaissement de la nappe phréatique, le développement d'une incision de la bande active, une dérégulation du transit sédimentaire ainsi que des problèmes de qualité de l'eau. La figure n°9 met en évidence à l'aide de photographies aériennes historiques la transformation du tracé du Cher sous l'action de l'extraction de granulats. Selon le SAGE Cher amont, ces activités ont eu pour conséquence un enfoncement de près de 2 m du lit mineur à Vierzon.

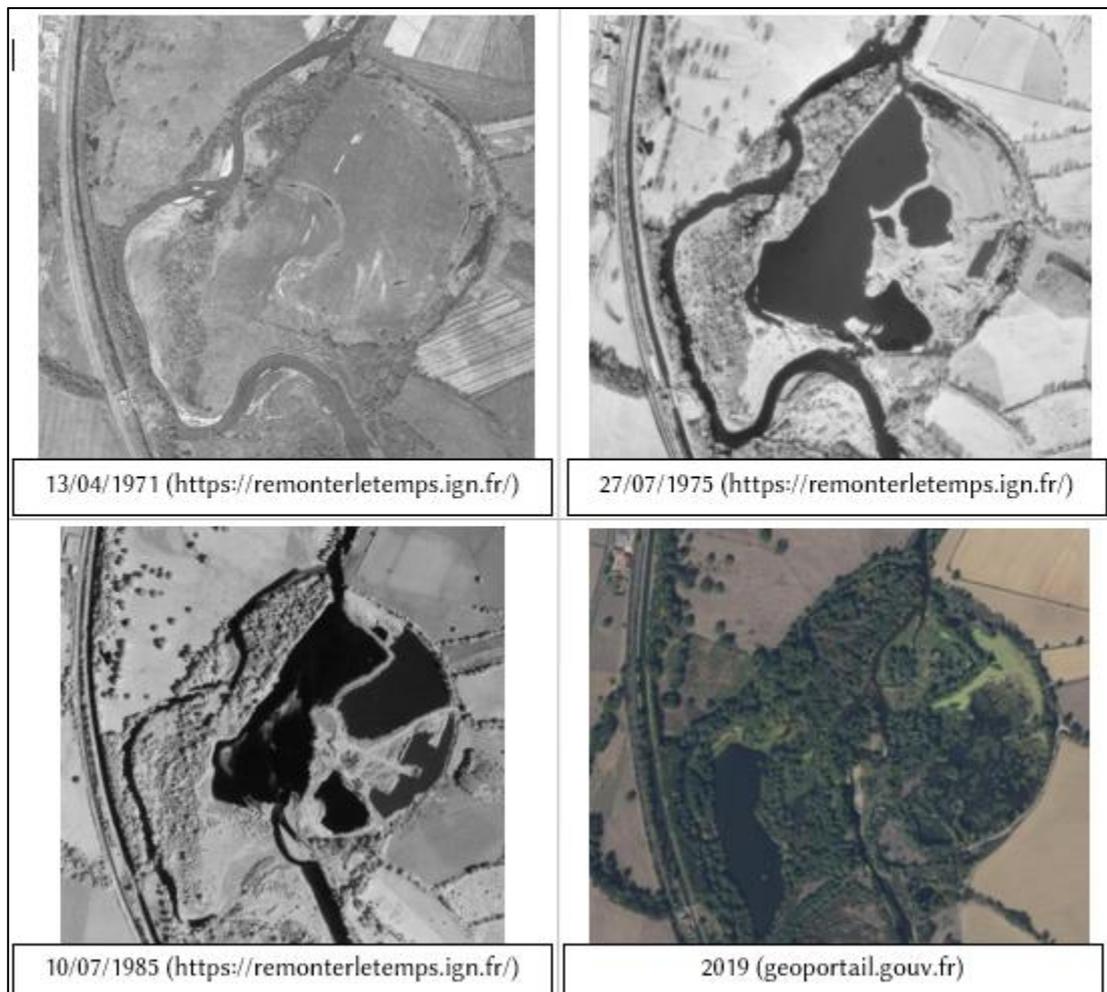


Figure 9 : Evolution du secteur de la Bourse à Audes depuis 1971

Les dynamiques actuelles

De nos jours, le processus d'incision sur la rivière reste modéré et l'activité érosive est relativement faible depuis plusieurs décennies, ce qui est la conséquence de la présence d'une ripisylve importante (DEPRET, 2014). D'un point de vue sédimentaire, le Cher est composé en très grande majorité de graviers grossiers et fins (DEPRET, 2014). On remarque une évolution de la largeur de la bande active, qui se caractérise depuis 1950 par une augmentation de la surface immergée, induite par des conditions hydrologiques plus intenses. Cependant, le tracé des méandres du Cher a très peu évolué car ils sont restés sous l'influence des aménagements anthropiques comme les seuils, les protections de berges et les barrages hydroélectriques. Trois barrages sont positionnés dans le lit mineur du Cher : Rochebut, Prat et Nitray. Ces ouvrages ainsi que ceux positionnés sur les affluents bouleversent largement le fonctionnement hydrologique et la continuité sédimentaire et piscicole du Cher. (Cf partie 2.3.2)

2.3 Le secteur d'étude : Le Cher aval

2.3.1 Caractéristiques générales

Au sein du département de l'Allier, le tronçon pris en compte pour cette étude parcourt une distance de 53 km à partir du pont de la route départementale n°604 à Lavault-Sainte-Anne jusqu'à la limite départementale entre l'Allier (03) et le Cher (18) au niveau de la commune de Lételon. Cette délimitation correspond au contexte piscicole « Cher aval » décrit dans le PDPG 2020 de la FDPMA 03. Le Cher aval circule alors au travers de 13 communes et 3 EPCI comme nous pouvons l'observer dans la figure n°10. Concernant la gestion piscicole, 3 AAPPMA possèdent des lots sur le Cher dans le département de l'Allier. Il s'agit des AAPPMA de Montluçon « L'Union des pêcheurs Bourbonnais », de Vallon-en-Sully « Le Vairon Vallonnais » et de Urçay « La Frétilante ».

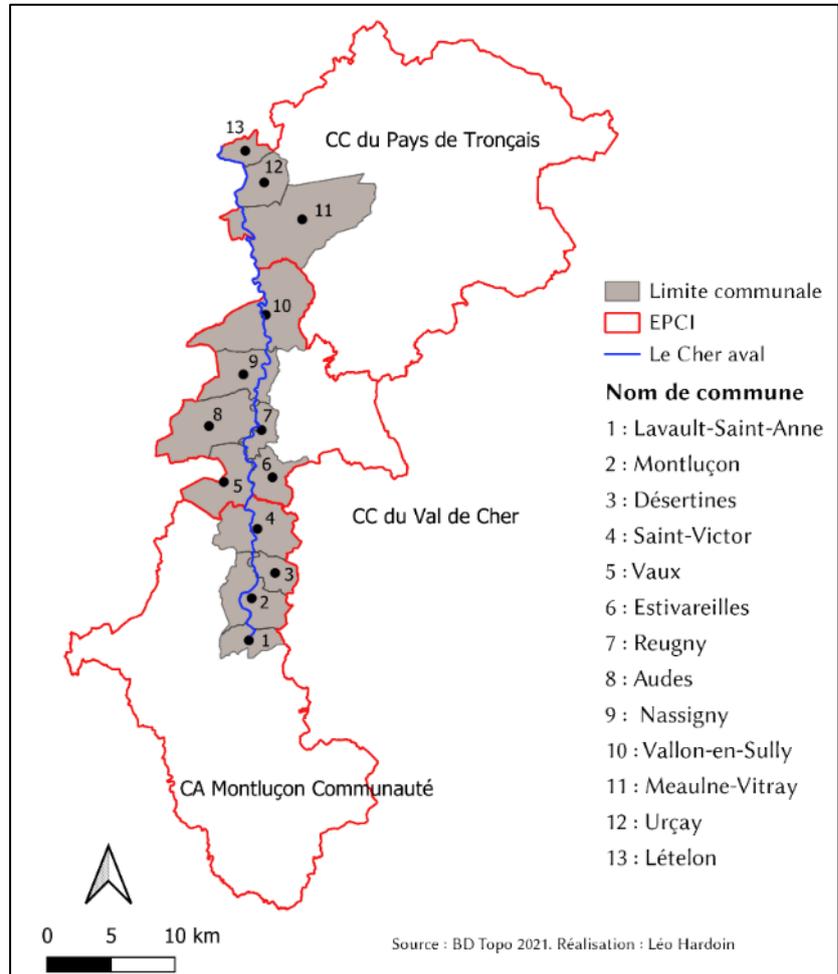


Figure 10 : Les collectivités territoriales du Cher aval

Le long de son linéaire, qui débute à une altitude de 207 m et se termine à 156 m, le Cher aval est marqué par une pente moyenne de 0,1%. Il va être rejoint par 16 affluents (figure n°11), en prenant en compte l'Aumance la Magieure) et 9 ouvrages sont identifiés sur son cours principal. Le linéaire appartient au domaine public fluvial à partir du seuil de Sauljat situé entre les communes de Saint-Victor et Vaux.

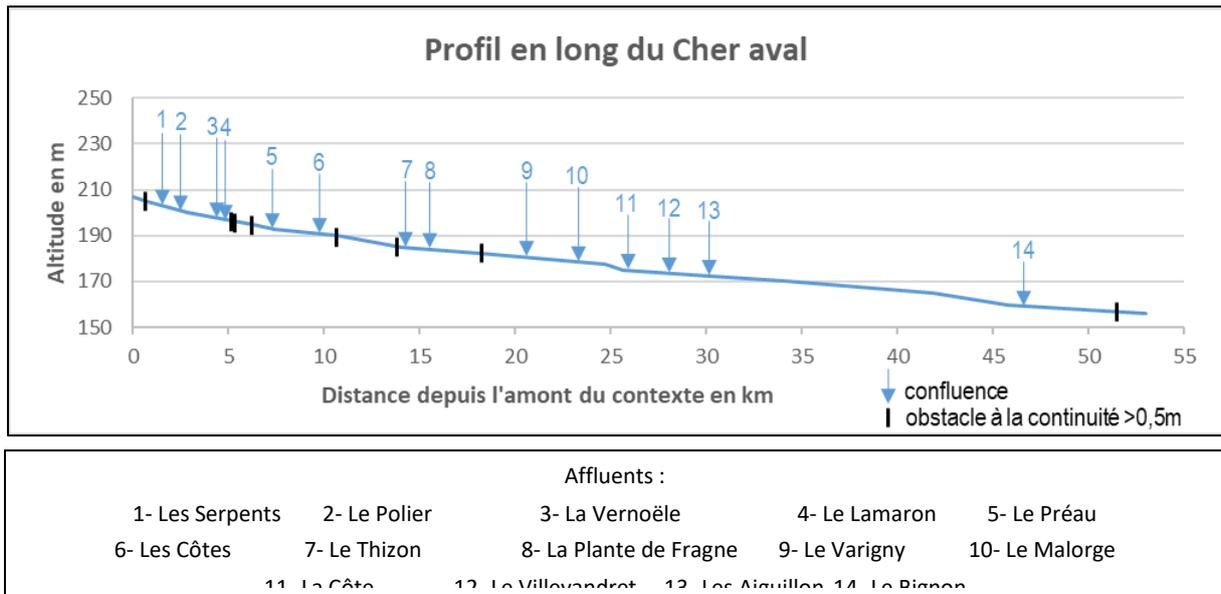


Figure 11 : Profil en long du Cher aval (PDPG 2020)

L'occupation du sol est composée en majeure partie de prairies (45,6%), de cultures (29,6%) et de forêts (14,6%). Ce territoire majoritairement rural est marqué par 8,6% d'espaces artificialisés (FDPPMA 03, 2020). À l'exception des secteurs marqués par un nombre important d'anciennes gravières, les prairies de la plaine alluviale sont presque exclusivement vouées au pâturage bovin. La ripisylve est largement présente mais souvent de manière discontinue. Elle est marquée par une très faible largeur dans les prairies d'élevage.

Le long du Cher aval, plusieurs espaces naturels à fort intérêts écologiques sont recensés. En effet, la ZNIEFF de type 1 « Vallée du Cher en aval de Montluçon (830020374) », la ZNIEFF de type 2 « Vallée du Cher (830020592) » ainsi que l'ENS de la Vauvre participent à la valorisation écologique du territoire. De plus, des mesures de protection particulières sont en place sur le tronçon. En effet, le Cher aval est inscrit dans le décret frayère (liste 2p) portant sur le brochet, ainsi que pour d'autres espèces (liste 1) comme la lamproie de planer, la lamproie de rivière, le chabot, la vandoise, la truite fario et l'ombre commun.

2.3.2 Dynamiques et perturbations hydromorphologiques

Situé sur la partie amont du Cher, le tronçon étudié s'intègre aux dynamiques générales du bassin versant mises en avant dans la partie 1.2.3 concernant l'hydrologie, et 1.2.5 concernant l'hydromorphologie (les travaux de T. Depret se sont en partie focalisés sur un secteur de 10,7 km aux alentours de Vallon-en-Sully, c'est-à-dire sur la moitié aval du Cher aval).

La morphologie du Cher à partir de Lavault-Sainte-Anne jusqu'à la limite départementale est relativement homogène, correspondant à une rivière de plaine avec une alternance de radiers-mouilles et une largeur de lit mineur qui croît légèrement de l'amont à l'aval. On peut noter que la partie amont est davantage marquée par des aménagements au sein de la bande active (ouvrages de protection de berges, anciennes gravières, seuils). En 1992, ce sont près

de 49 anciennes gravières qui ont été identifiées sur le linéaire du département (SAGE Cher amont). En aval de Montluçon, plus précisément sur les communes de Saint-Victor, Reugny, et Estivareilles on retrouve une multitude de gravières inondées qui sont les stigmates des fortes activités d'extraction de granulats. Elles ont largement modifié le fonctionnement hydro-sédimentaire de la rivière, notamment en favorisant l'incision du lit mineur et la réduction des dynamiques latérales sur ce tronçon. Cependant, concernant l'incision du lit mineur, celle-ci est restée modérée entre 1856 et 2010 (DEPRET, 2014).

Les processus hydro-sédimentaires actuels du Cher aval font état d'une rivière dont les méandres ont une forte capacité à migrer au sein de la bande active. De plus, les évolutions latérales du tracé du Cher sont provoquées par les événements hydrologiques de faible magnitude (DEPRET, 2014). Les mesures effectuées relèvent qu'entre 2009 et 2013, l'érosion latérale commence à un débit maximum instantané de 52 m³/s alors que le débit de plein bord s'élève à 102 m³/s. L'augmentation de la largeur du lit mineur remarquée entre 1950 et 2005 a été plus largement favorisée par ces débits de plein bord, et non par les crues de très grandes intensités. Toujours selon T. Depret, 80 % de la charge granulométrique sont mobilisés avec des débits ayant des périodes de retour inférieures à 1,5 – 3 ans et l'intégralité de la charge de fond du Cher à Vallon-en-Sully est fréquemment mise en mouvement (29-85 jours par an). Le Cher aval possède alors des dynamiques fortement contraintes par les nombreux aménagements anthropiques situés dans sa bande active et son lit majeur (COSSALTER, 2011), malgré qu'une forte capacité érosive peut avoir lieu dans les secteurs épargnés (DEPRET, 2014). Dans ce sens, la morphogénèse d'annexes hydrauliques apparaît limitée.

L'influence d'un complexe hydroélectrique : Le barrage de Rochebut - Prat

Situé à environ 12 kilomètres en amont de Montluçon, deux barrages hydroélectriques sont installés sur le Cher aval. En 1909, le barrage de Rochebut a été érigé, et c'est 61 ans plus tard que le barrage de Prat a été mis en service à l'aval du premier. Les caractéristiques générales des deux barrages se retrouvent dans le tableau ci-dessous.

| Nom | Commune | Capacité (Mm3) | Superficie à la côte normale (ha) | Côte normale NGF | Hauteur (m) | Longueur (km) |
|----------|--|----------------|-----------------------------------|------------------|-------------|---------------|
| Rochebut | Budelière, Teillet-Argenty, Mazirat, Evaux-les-Bains | 15,2 | 158 | 298,96 | 50,2 | 10,0 |
| Prat | Saint-Thérence | 1,0 | 27* | 257,00* | 24,0 | 1,3* |

Figure 12 : Caractéristiques générales du complexe Rochebut-Prat. Sources : Diag SAGE Cher Amont. * : Consigne d'exploitation Prat

Ces deux ouvrages sont des barrages qui fonctionnent conjointement par éclusées journalières. Celui de Prat a la fonction de démodulateur des éclusées de Rochebut. Ce complexe hydroélectrique assure une production annuelle de 59 millions de kWh et permet d'assurer la consommation domestique de près de 25 000 habitants (EPTB LOIRE, 2015). De

plus, les retenues permettent l'alimentation en eau potable des communes situées aux alentours.

Le complexe Rochebut-Prat reste malgré tout responsable de très fortes modifications hydromorphologiques en aval. En effet, les barrages ont largement influencé la fréquence et l'intensité des crues petites et moyennes (DEPRET, 2014) alors même que ce sont celles qui sont le plus favorable au bon fonctionnement des annexes hydrauliques. Les débits sont régulés et réduits, principalement durant la période printanière (période de fraie du brochet) et hivernale ce qui entraîne une exondation des frayères (FDPPMA 03, 2020). Le complexe de Rochebut-Prat participe donc largement à la déconnexion des habitats ainsi qu'à la réduction de la continuité hydro-sédimentaire du Cher. Cet impact est à mettre en lien avec la présence des 26 ouvrages existants ou partiellement détruits recensés dans l'Allier (FDPPMA 03, 2020 ; référentiel des obstacles à l'écoulement). Sur la retenue de Rochebut, les études sur la qualité physico-chimique (teneurs en nutriments, oxygène dissous, etc.) ont montré que le fonctionnement de l'ouvrage est « très dégradé » (TRIPOZ, 2021). Les déséquilibres sont aussi observables à l'aval, où les résultats mettent en évidence un turbinage d'eau désoxygénées, responsable de quantité de macro invertébrés benthiques largement inférieures aux conditions en amont des ouvrages (TRIPOZ, 2021).

Mode de gestion du complexe

Les éclusées du Barrage de Prat sont donc responsables des dynamiques hydromorphologiques en aval, et ce jusqu'à Vierzon (DEPRET, 2014). Selon la CEHC (consigne d'exploitation hors crue) du Prat de 2012, les éclusées fonctionnent à partir de programmes journaliers établis pour répondre à la demande en énergie, gérer les volumes d'eau retenus par rapport aux cotes NGM et garantir un débit minimum de 1,55 m³/s (débit revu à la baisse par dérogation préfectorale (06/2021) pour répondre aux étiages de plus en plus sévères et longs). Durant les premiers mois de l'année jusqu'à la fin du printemps, le turbinage est soumis aux variabilités hydrologiques et de demande en électricité. Le fonctionnement est donc « variable » en début d'année et le niveau de la retenue « remonte vers ses valeurs maximales » durant les mois de mai à juillet (TRIPOZ, 2021). L'exploitation conjointe des deux ouvrages complexifie largement l'intensité et la fréquence des débits observables sur le Cher. Il semble important de préciser que le débit maximum turbinable de l'usine de Prat est de 37,5 m³/s, que celui de la vanne de vidange est fixé à 25 m³/s et que des déversements peuvent avoir lieu (maintenance ou augmentation naturelle du débit). Les caractéristiques plus précises du fonctionnement peuvent se retrouver dans le CEHC.

Au regard de l'étude des documents mis à disposition par la FDPPMA 03, il semble obligatoire d'analyser plus finement les données issues des stations hydrométriques situées sur le Cher pour étudier le fonctionnement hydrologique de la rivière et donc de ses annexes hydrauliques. De plus, cela permettrait de qualifier davantage le rôle du complexe en tant que soutien d'étiage.

2.3.3 Contexte piscicole et état des masses d'eau

Le Cher aval correspond au domaine cyprinicole de 2^{ème} catégorie, avec comme espèce repère le brochet. Plusieurs inventaires piscicoles par pêche électrique ont eu lieu depuis 2008 sur différentes stations. On peut retrouver l'IPR de la station de Saint-Victor dans le graphique ci-contre.

Les dégradations de la continuité écologique en lien avec les ouvrages peuvent notamment expliquer l'état piscicole actuel de la rivière. Le suivi de l'état piscicole sur 4 stations du Cher met en évidence une rivière globalement fortement perturbée (PDPG, 2020). Deux stations (Saint-Victor et Vallon-en-Sully) ont été suivies régulièrement. Les résultats des IPR (Figure n°13 et n°14) indiquent que l'état écologique est plus fortement perturbé sur la station de Vallon-en-Sully.

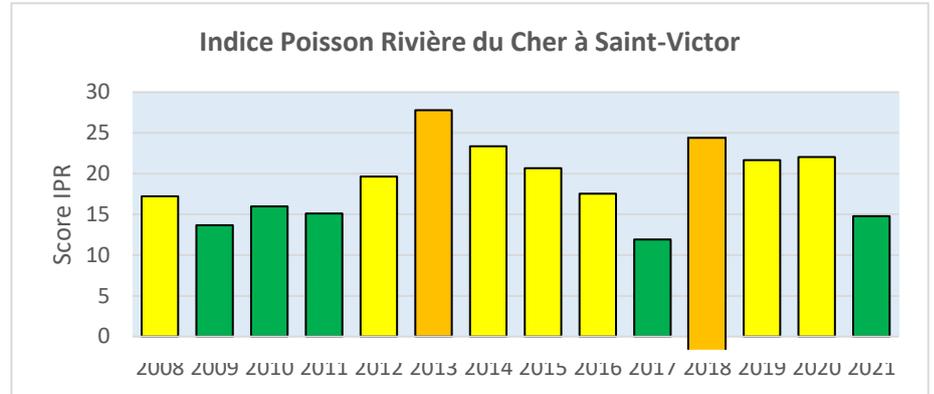


Figure 13 : Indice Poisson Rivière du Cher. Code couleur : orange = mauvais ; jaune = médiocre ; vert = bon. (Sources : PDPG 2020 + données pêches électriques à Saint-Victor)

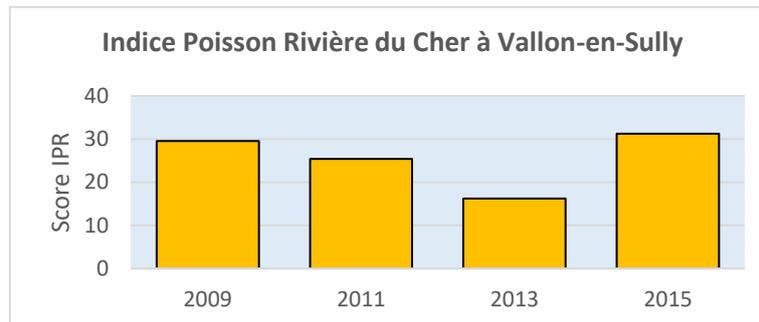


Figure 14 : Indice Poisson Rivière du Cher. Code couleur : orange = mauvais. (Sources : Données pêches électriques à Vallon-en-Sully)

Malgré ces notes, la diversité des espèces sur le Cher reste relativement bonne avec 33 espèces recensées (PDPG, 2020).

Le Brochet étant l'espèce repère de ces diagnostics, il se trouve en densité faible à moyenne avec de fortes variabilités interannuelles (PDPG 2020). Des biais ont été identifiés concernant les méthodes de pêches électriques mises en place (stratifiée par points) compte-tenu des capacités du brochet à s'enfuir lors des prospections. Cet élément pourrait sous-estimer la présence de l'espèce dans le milieu. On peut noter que l'abondance et donc la densité de l'espèce apparaît plus faible à Saint-Victor. Il est possible que la différence d'abondance de brochet et d'IPR entre les deux stations s'expliquent par leurs situations géographiques au sein du bassin versant. En effet, la station de Vallon-en-Sully est située à près de 20 km en aval de celle de Saint-Victor

Concernant l'objectif de bon état des masses d'eau, qui correspond aux grands enjeux fixés par la DCE 2000, le Cher aval laisse apparaître une très faible qualité écologique sur environ 80% de son linéaire (figure n°15, code FRGR0148). Cependant, la norme de qualité environnementale liée à la physico-chimie répond aux objectifs attendus.

| Code | Nom | Nature / Type | Objectif Ecologique / échéance | Etat écologique | | Qualité physico-chimique | |
|----------|---|-------------------------|--------------------------------|-----------------|----------|--------------------------|-------|
| | | | | 2013 | 2017* | 2013 | 2017* |
| FRGR0147 | Le Cher depuis le complexe de Rochebut jusqu'à Montluçon | Naturelle / Cours d'eau | Bon état / 2015 | Bon | Bon | Bon | Bon |
| FRGR0148 | Le Cher depuis Montluçon jusqu'à la confluence avec l'Aumance | Naturelle / Cours d'eau | Bon état / 2027 | Médiocre | Médiocre | Bon | Bon |
| FRGR0149 | Le Cher depuis la confluence de l'Aumance jusqu'à Vierzon | Naturelle / Cours d'eau | Bon état / 2021 | Moyen | Bon | Moyen | Moyen |

Figure 15 : Etat des masses d'eau du Cher aval (PDPG, 2020)

2.4 Les enjeux du brochet et des annexes hydrauliques

2.4.1 L'espèce phytophile repère, le brochet (*Esox lucius*)

Le Brochet, ou *Esox Lucius*, fait partie de l'ordre des Clupéiformes, et plus précisément de la famille des Esocidés. Largement répandu dans l'hémisphère nord, il s'agit d'un super-prédateur qui se situe donc au sommet d'une longue chaîne trophique. En France, cette espèce autochtone est présente dans une très grande partie des cours d'eau, des plans d'eau et des lacs possédant les conditions nécessaires à son cycle de vie.



Figure 16 : Brochet adulte. Source : L.Hardoin

Facilement identifiable, sa forme allongée ainsi que sa robe en font un

adepte des zones végétalisées et encombrées dans lequel il trouve ses proies (poissons, petits mammifères, écrevisses, etc.). Certains spécimens peuvent dépasser 1,3 m et 15 kg dans des biotopes particuliers. C'est une espèce phytophile car sa capacité de reproduction dépend de la présence de milieux aux caractéristiques bien particulières décrites dans la partie « Cycle de vie et zone de fraie ». Le brochet a un rôle fondamental dans les écosystèmes aquatiques (FEUNTEUN & al, 2011), car il régule l'abondance de ses nombreuses proies ainsi que de sa

propre espèce (cannibalisme). Pour les gestionnaires, il s'agit d'une espèce repère car sa présence témoigne de nombreux services écosystémiques, notamment par la présence de ses zones de reproduction, les annexes hydrauliques. Malheureusement, cette espèce vulnérable voit ses effectifs diminuer structurellement (UICN, 2019).

L'habitat du brochet

Le brochet se retrouve principalement dans les eaux calmes et peu profondes (espèce limnophile) compte tenu de ses exigences en termes de températures et de ses capacités de déplacements. Les adultes dépassent très rarement les 10 à 15 m de profondeur et cohabitent alors avec les nombreuses espèces de cyprinidés communes de nos rivières et plans d'eau. En hiver, il s'adapte facilement aux températures basses tout en réduisant alors ses capacités de croissance. D'après la typologie Vernaux (1981), l'abondance de cette espèce dans les cours d'eau varie de la zone B6 (zone à ombre) à B9 (zone à brème) avec un optimum dans les « grands cours d'eau de plaine », c'est-à-dire la zone B8 (zone à barbeau). Les patches de végétation aquatique (macrophytes, etc.) et flottante, ainsi que les arbres immergés et autres structures sont gage pour le brochet de zones où il peut se cacher et se nourrir (FEUNTEUN & al, 2011). En effet, ces milieux sont des zones de vie et de reproduction pour un large panel d'espèces dont il se nourrit. La présence de végétation aquatique ou semi-aquatique est en lien direct avec l'abondance de l'espèce et sa présence dépend de la capacité de production de biomasse du milieu dans lequel il évolue (CHANCEREL, 2003). Concernant certains paramètres physico-chimiques de l'eau, cette espèce cible est peu exigeante vis-à-vis de la température de l'eau dans laquelle elle évolue, avec une croissance optimale pour des températures comprises entre 10°C et 23°C. De la même manière, le brochet est tolérant vis-à-vis de la concentration en oxygène dissous, supportant jusqu'à 0.6 mg/l pendant l'hiver (FEUNTEUN & al, 2011) et tolère des valeurs de pH comprises entre 5 et 9.5 (CHANCEREL, 2003).

Cycle de vie et zone de fraie

La fécondité des femelles brochet est variable selon les individus. Le stress, qui peut être provoqué par des perturbations comme le manque de nourriture, une densité trop forte d'individus et l'absence de zones de reproduction disponibles ou accessibles, peut par exemple provoquer la résorption des ovules. Une femelle brochet peut donc produire entre 15 000 et 45 000 ovules par kg de son poids et parcourir une dizaine de kilomètres pour trouver une zone de fraie (FEUNTEUN et al, 2011). Durant sa croissance, le brochet va évoluer dans différents milieux aux conditions spécifiques, notamment lors de sa reproduction. Il atteindra sa maturité sexuelle vers 2 ou 3 ans.

Lors de la période de reproduction, les femelles et les mâles vont successivement migrer entre février et mars (figure n°17) vers des habitats où la végétation fraîchement immergée va devenir le support de ponte. C'est pour ces raisons que le brochet fait partie des espèces phytophiles, comme la carpe et d'autres espèces de cyprinidés. Sa capacité de reproduction va donc dépendre de la topographie du site ainsi que des conditions hydrologiques (hautes eaux) qui doivent provoquer la submersion temporaire des plantes supports de la fraie jusqu'à

la migration des brochetons (figure n°17). Cette végétation va permettre le développement des œufs jusqu'au stade de juvéniles pendant une période de croissance qui dure en moyenne 40 à 60 jours. Par ailleurs, les frayères favorisent l'abondance de zooplancton ainsi qu'à d'autres espèces de poissons qui sont une source d'alimentation indispensable aux brochetons (FEUNTEUN et al, 2011). Le brochet va voir son régime alimentaire évoluer pour devenir ichtyophage (se nourrissant essentiellement de poissons) à partir de 5 cm. Atteignant 6 à 8 cm en quelques semaines (CHANCEREL, 2003), les jeunes brochets atteignent rapidement 20 à 30 cm au bout de 1 an (FEUNTEUN et al, 2011).

Vers le mois de mai, la connexion hydraulique entre les frayères et la rivière doit être maintenue pour que les juvéniles puissent continuer leurs croissances en dehors des frayères, généralement dans le lit mineur des cours d'eau.

Les frayères à brochet

Les caractéristiques optimales des zones de fraie sont largement développées dans l'ouvrage de F. Chancerel (2003). Elles sont les suivantes

- Une connexion avec le milieu de vie du brochet adulte permettant la migration des géniteurs et des juvéniles.
- Une température d'eau oscillant entre 6 à 12°C avec une capacité de réchauffement importante (trop d'ombre peut nuire à la croissance).
- Des eaux peu profondes (20 cm à 1 m), idéalement en pente douce permettant une exondation durant 40 jours minimum.
- Des surfaces fortement végétalisées, herbacées, avec des plantes dressées sous l'eau (en rivière : plantes hygrophiles et hélophytes comme les phalaris (baldingère, etc.), agrostis, carex, glycérie, renouée. En étangs ou lacs : myriophylle, élodée, etc.). Une forte photosynthèse doit donc avoir lieu pour favoriser le développement de ces végétaux. Des milieux inondés 2 ou 3 années sur 5 permettent le développement de ce type de végétation.
- Une superficie de 1000 à 2000 m² pour une femelle. D'autres ouvrages estiment la surface nécessaire à quelques centaines de m² (FEUNTEUN et al, 2011).

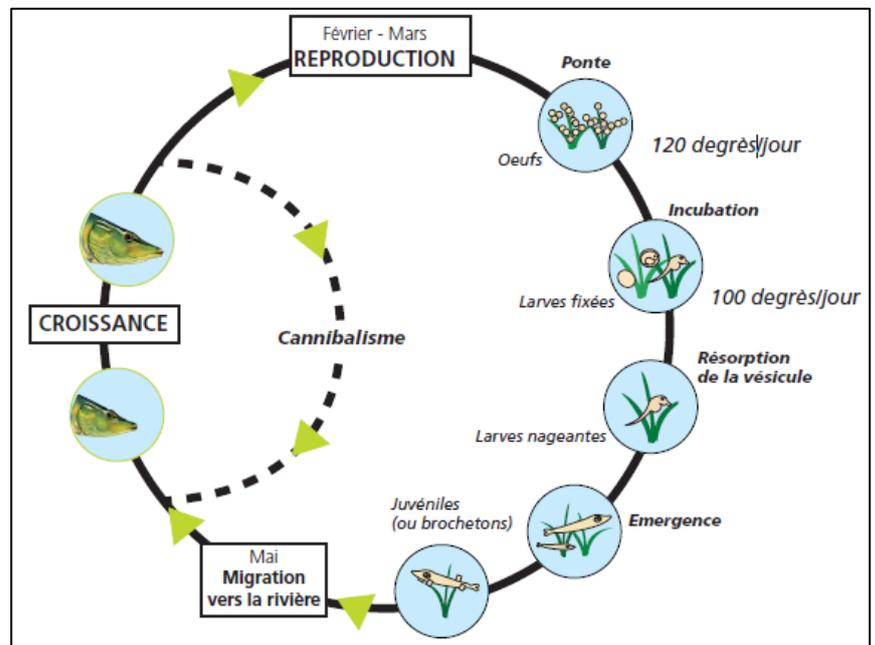


Figure 17 : Cycle de vie du Brochet (FNPF et AEAG, 2014)

- Un faible courant. En effet, la situation inverse rend le maintien des œufs et des alevins dans le milieu impossible.

Au travers de ces caractéristiques, les milieux naturellement favorables correspondent aux annexes hydrauliques : bras morts, bras secondaires, mares, prairies humides, marais, dépression naturelle dans le lit mineur, etc.

2.4.2 Dynamiques des annexes hydrauliques

Les annexes fluviales sont des formations indissociables de l'évolution planimétrique latérale des cours d'eau. En effet, la dynamique fluviale est responsable de la migration latérale du lit mineur au sein de la bande active par la succession de processus d'érosion et de dépôt sédimentaire (MALAVOI & BRAVARD, 2010). Cette dynamique entraîne la formation de méandres, qui se creusent en rive concave (érosion) et provoquent le dépôt de la charge solide en rive convexe.

Arrivés à un certain stade, la sinuosité des méandres ainsi que leurs rayons de courbure peuvent naturellement engendrer un recoupement lors d'événements hydrologiques particuliers (forte crue par exemple). La partie du méandre se trouvant dans la courbure recoupée va alors devenir un bras secondaire, puis un bras mort à la suite du comblement par les apports de sédiment et de matière organique provenant du lit majeur (MALAVOI & SOUCHON, 1996).

Trois mécanismes majeurs sont responsables de la formation d'un bras mort (AMOROS & PETTS, 1993) :

- Recouplement par déversement dans le cas d'un méandre libre : Il s'agit d'un débordement du cours d'eau. Au fur et à mesure des crues, il y a des encoches qui se forment à l'aval de la boucle du méandre. Le retrait de l'eau va creuser le futur chenal principal et laisser la rivière abandonner l'ancien bras (figure n°18).
- Recouplement par tangence dans le cas d'un méandre libre ou contraint : Cette dynamique est régulièrement observée dans les cours d'eau de plaine. La concavité recule à l'amont et à l'aval, entraînant un resserrement de la bouche du méandre (création d'un bouchon alluvial) puis un recouplement par érosion. La partie abandonnée deviendra alors un bras mort (figure n°18).
- Phénomène d'avulsion : Il s'agit d'un « changement radical du tracé en plan et au creusement d'un nouveau chenal à l'occasion d'une crue » (LE COZ, 2007).

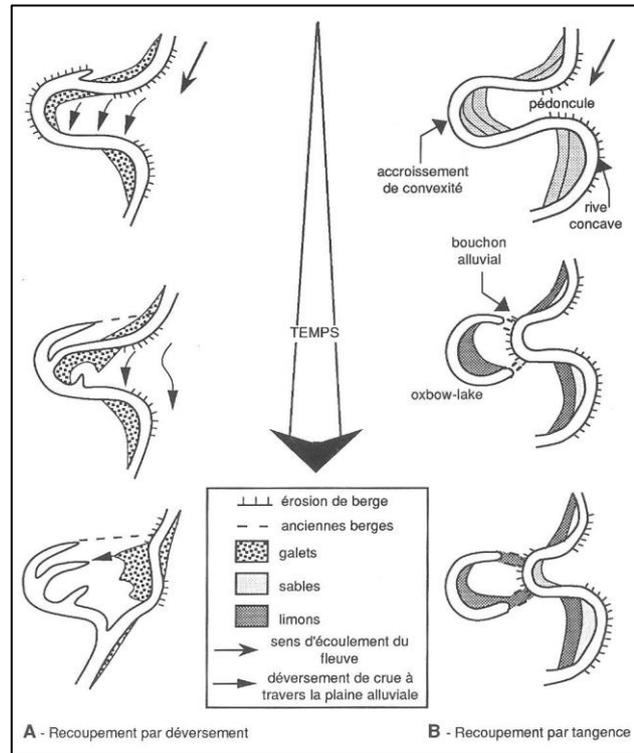


Figure 18 : Les différents types de recouplement des bras morts (AMOROS & PETTS, 1993)

Les activités anthropiques ont aussi participé à la création d'annexes hydrauliques artificielles. C'est notamment le cas pour les anciennes gravières inondées situées en bord de cours d'eau. Elles sont responsables de nombreuses dégradations sur l'hydrosystème fluvial, mais après-coup, si ces milieux restent suffisamment connectés au lit mineur (en répondant notamment aux exigences de reproduction du brochet) ils peuvent devenir des réservoirs de biodiversité très importants et ainsi rendre de nombreux services écosystémiques (DEPRET, 2014), notamment comme frayère à brochet.

Dans cette optique, une typologie des annexes a été choisie pour notre étude. Elle est issue des anciennes études de la FDPPMA 03 (FDPPMA, 2018) :

- **Confluence en lit majeur (C)** : affluent permanent ou temporaire situé en lit majeur ;
- **Chenal secondaire (CS)** : chenal connecté au cours d'eau par l'amont et l'aval, il détourne une partie de la rivière mais son débit est moins fort ;
- **Chenal tertiaire (CT)** : chenal connecté au cours d'eau par l'aval et dont une connexion par l'amont existe en période de moyennes eaux (module) ;
- **Chenal de crue (CC)** : chenal peu encaissé, organisé en réseau à travers le lit majeur ;

- **Bras mort (BM)** : Annexe connectée au cours d'eau uniquement par l'aval en période d'étiage et dont la connexion amont se fait en période de hautes eaux ;
- **Prairie inondable et marais (PI)** : prairie ou ancien chenal partiellement comblé par les sédiments où se développe une végétation hygrophile (c'est-à-dire la végétation se développant dans les milieux humides) ;
- **Morte (M)** : annexe complètement déconnectée du cours d'eau excepté lors des crues annuelles ou biannuelles ;
- **Zone artificialisée (ZA)** : annexe d'origine anthropique, creusée dans le lit majeur, le plus souvent dans le but d'extraire des granulats.

Les abréviations C, CS, CT, CC, BM, PI, M et ZA seront utilisées dans la suite du document pour nommer les différentes typologies.

2.4.3 La lutte contre la dégradation des frayères à brochet

De nombreuses perturbations anthropiques sont responsables de la disparition de ces milieux (CHANCEREL, 2003 ; DEPRET, 2014). Selon les caractéristiques du milieu et l'échelle temporelle prise en compte, elles peuvent impacter de très nombreux paramètres de l'hydrosystème qui va évoluer en défaveur de ces formations fluviales naturelles. Pour les populations de brochet, la perte de ces zones de reproduction est beaucoup plus limitante que le nombre de géniteurs présents dans le milieu (CHANCEREL, 2003, FEUNTEUN & al, 2011).

Dans un premier temps, l'une des causes majeures de la perte de fonctionnalité des annexes fluviales correspond à la modification des régimes hydrologiques (FEUNTEUN & al, 2011). De manière plus ou moins directe, les barrages, l'extraction de granulats, l'intensification de l'agriculture, l'artificialisation des sols ou encore le dérèglement climatique vont modifier durablement les échanges entre le lit mineur et les annexes hydrauliques. On assiste alors à une réduction des surfaces régulièrement inondées ainsi que de la durée de submersion de celles-ci. Par exemple, les retenues d'eau réalisées pour l'irrigation entraînent des modifications importantes des régimes hydrologiques. La modification de la morphologie du cours d'eau intervient aussi fortement dans ce processus. Les ouvrages de protection de berges, les travaux de chenalisation et de rectification du lit sont des éléments rédhibitoires pour le maintien d'annexes hydrauliques en supprimant la capacité de migration latérale des rivières. De plus, le processus d'incision et donc d'abaissement de la ligne d'eau vient accentuer ces problèmes en participant à la déconnexion des habitats. L'incision intervient lorsqu'un cours d'eau est sujet à une interruption du transport solide. Ce processus est causé par le stockage des sédiments en amont des ouvrages transversaux, ou à l'inverse par l'extraction de granulat (FNPF & AEAG, 2014). Le déficit sédimentaire hérité, ou en cours d'accentuation, va alors développer l'érosion du plancher alluvial et rendre les annexes « perchées » par rapport au cours d'eau.

Dans un second temps, d'autres perturbations participent à la perte de fonctionnalité des annexes hydrauliques. C'est notamment le cas d'une forte turbidité de l'eau (quantité de

matière en suspension trop élevée) qui, à cause d'une érosion ou d'une eutrophisation trop importante, va favoriser la sédimentation des chenaux de connexion (CHANCEREL, 2003) ou encore limiter le développement de plantes aquatiques. L'ombrage participe également à la réduction du développement des plantes. De plus, la chute régulière d'arbres morts peut créer des embâcles nuisant à la connexion rivière-annexe. Enfin, le développement de plantes exotiques (jussie) peut réduire l'accessibilité des poissons aux zones de reproduction.

Les projets de restauration d'annexes hydrauliques

Compte tenu de l'intérêt de la préservation de ces zones humides particulières, qui pour rappel rendent de nombreux services écosystémiques, les gestionnaires peuvent œuvrer à leur maintien, leur valorisation et leur création. Pour cela, de nombreuses actions peuvent agir directement ou indirectement sur les annexes et diminuer les perturbations exercées sur les hydrosystèmes. La reconnexion de ces milieux permet d'améliorer le fonctionnement global du cours d'eau (ONEMA, 2010). Ces opérations ne visent pas seulement la restauration de frayères à brochet. Elles permettent de répondre à des objectifs hydromorphologiques et écologiques plus larges (ONEMA, 2010). Il est important pour les acteurs de privilégier la restauration d'une fonctionnalité globale avec des résultats attendus sur le plan piscicole, écologique, hydromorphologique et/ou mixte (AESN, 2007). Dans cette optique, des travaux de rehaussement de la ligne d'eau et de restauration de la mobilité latérale sont pertinents car les résultats attendus peuvent être extrêmement nombreux et variés.

Par leurs enjeux globaux, les projets locaux de restauration d'annexes hydrauliques s'inscrivent dans une démarche globale (DCE, SDAGE, SAGE, PDPG). La définition des enjeux se fait en fonction des contextes géographiques, et c'est à partir de cette connaissance que les bénéfices d'une opération peuvent être correctement évalués. En effet, un projet s'envisage à la suite d'une étude coût-bénéfice. De manière générale, une action pérenne et efficace ne peut pas être ponctuelle et isolée (FNPF & AEAG, 2014).

Il est indispensable de réfléchir à la gouvernance de ces projets, c'est-à-dire la méthode de réflexion et de mise en œuvre. Le maître d'œuvre peut se faire aider par des partenaires techniques ou financiers, dans le cadre de pilotage partagée (FNPF & AEAG, 2014). Les actions de restauration de frayères à brochet font intervenir de nombreux acteurs qui gagnent à travailler conjointement.

Concernant la mise en œuvre, de nombreux outils existent (SAGE, Contrat territorial Milieu Aquatique, acquisition des terrains, mesure compensatoire, restauration en DPF). Sur les parcelles agricoles, l'Etat permet grâce à des mesures agro-environnementales (MAE) de faire émerger des projets bénéfiques autant pour l'exploitant que pour le gestionnaire des milieux aquatiques (pourtant régulièrement en situation de conflit d'usage). Les partenariats ouvrent les champs à de nombreuses opportunités. Pour rétablir les fonctionnalités de frayère à brochet, les travaux les plus récurrents sont : reconnexion annexe/rivière, implantation d'ouvrage de gestion des niveaux d'eau, curage et reprofilage en pente douce (création de plateau frayère), plantation de végétaux, etc. Après travaux, il est indispensable de mettre en place un programme de suivi et d'évaluation des résultats pour adopter une gestion efficace des aménagements.

3 - Matériels et méthode

3.1 Méthode d'identification et prospection des annexes

3.1.1 Identification des sites par SIG (Qgis)

L'identification des annexes hydrauliques a été réalisée à partir de nombreuses données et traitements sous un logiciel de SIG nommé *Qgis*. Il a été nécessaire avant ce travail de prendre connaissance (recherche bibliographique) des critères requis pour que les annexes du Cher puissent avoir les fonctionnalités de frayères à brochet. En adoptant une approche conciliant exhaustivité de l'inventaire et moyens mis à disposition (temporel) pour définir les annexes à prospecter sur le terrain, tout un panel de données a été croisé pour être le plus sélectif possible dans un premier temps.

Pour cela, les données qui ont été capitalisées sont :

- Réseaux et surfaces hydrographiques datant de 2019 issu de la BD Topo (IGN) de mars 2021
- Orthophotographie issues de la BD Ortho (IGN) de l'Allier de 2019. Photographies réalisées entre le 15 et le 17 septembre 2019.
- Les obstacles à l'écoulements avec la BD ROE (SANDRE) du département de l'Allier fourni par la FDPPMA 03
- Le domaine public fluvial (DPF) fourni par la DDT de l'Allier

Dans un premier temps, l'identification de toutes les surfaces en eau situées à proximité du Cher dans un rayon de 1 km des rives a été réalisée. De plus, les surfaces en eau situées à une distance plus importante de la rivière, mais connectées à des affluents ont aussi été identifiées. En effet, la capacité de migration du brochet pour sa reproduction étant importante, les individus peuvent profiter de ces affluents pour rejoindre des zones de reproduction situées en amont.

Il a ensuite été nécessaire de réaliser un premier tri des surfaces en eau en retirant les milieux n'ayant pas d'intérêt à l'étude. Pour cela, les surfaces en eau connectées ou en proximité directe avec le Cher et à un affluent ont été gardées (dans l'emprise de 1 km de part et d'autre du Cher, car aucune zone située plus loin étaient pertinentes pour l'étude).

Les zones connectées directement au Cher ont aussi été capitalisées. En effet, les données « surface hydrographique » de la BD Topo mettent en évidence des zones où la persistance des écoulements est variable, c'est-à-dire des zones potentiellement en eau lors des moyennes et hautes eaux et déconnectées de la rivière lors des étiages. De ce fait, les zones où les écoulements étaient intermittents en lien avec les caractéristiques préférentielles d'habitat de l'espèce ciblée ont été sélectionnées.

La superficie de ces potentielles annexes a ensuite permis de spécifier le tri. En effet, dans un contexte idéal, une femelle brochet a besoin de quelques centaines à 2000 m² pour sa ponte. Dans ce sens et pour garder une approche la plus sélective de notre sélection d'annexes, toutes les surfaces en eau supérieures à 1000 m² connectées directement au chenal principal ont été sélectionnées. Concernant les potentielles annexes situées en dehors du cours du Cher, seules les surfaces en eau de 5000 m² et plus ont été retenues.

Enfin, c'est à ce stade que la sélection et la délimitation des annexes par orthophotographie est intervenue. Il est important de vérifier la pertinence des potentielles annexes hydrauliques identifiés. Pour cela, l'expérience des agents de la FDPPMA 03 a été indispensable. Plusieurs éléments ont été pris en compte durant cette étape, comme l'observation de potentielles connexions entre la rivière et la surface en eau, le type de surface en eau (les anciennes carrières ne sont généralement pas des milieux propices à la reproduction du brochet du fait de la hauteur d'eau et de la pente des berges), la présence approximative de végétation aquatique, etc. Pour ne pas réduire l'exhaustivité de notre étude, les surfaces en eau aux potentialités incertaines ont été gardées.

L'ultime étape fut de contacter les AAPPMA ayant des lots de pêche sur le Cher Aval pour les interroger sur leur connaissance de frayères à brochet. Les annexes issues des retours de ces associations locales ont donc été rajoutées à notre jeu de données final, même si la plupart d'entre elles avaient déjà été sélectionnées avec la méthode mise en place. Les obstacles à l'écoulement et le DPF ont permis de cibler les tronçons du Cher aux intérêts les plus élevés. En effet, les obstacles à l'écoulement impactent directement la continuité piscicole, notamment la migration du brochet vers ses zones de reproduction et c'est en ce sens que les parties du Cher les moins « fragmentées » par les seuils ou ouvrages sont les plus intéressantes pour les perspectives de notre étude. Le DPF participe aussi à cette mise en valeur, car la délimitation du secteur du Cher situé en DPF facilite la mise en place d'actions en faveur de la restauration des annexes hydrauliques.

3.1.2 Protocole de terrain

Période de prospection

Les prospections du Cher ont débuté le 11 avril et se sont terminées le 6 juillet 2022. Il aura nécessité 14 journées pour faire l'inventaire de l'ensemble des annexes hydrauliques potentielles. Le choix des journées de prospections s'est fait en fonction des conditions hydrologiques de la rivière, mais les faibles précipitations ainsi que les réserves effectuées par le complexe de Rochebut-Prat ont conduit à les réaliser à des débits largement inférieurs aux normales de saisons. Les premières annexes prospectées ont été celles qui possédaient les meilleures caractéristiques identifiées par SIG. Dans un premier temps, les observations ont toujours été réalisées en binôme pour affiner la méthode et les interprétations du terrain. Elles ont ensuite été réalisées en autonomie. L'accès aux zones identifiées s'est toujours fait à pied, parfois en traversant la rivière. Lors des prospections, une attention particulière a été faite à l'observation visuelle de brochetons et a permis à plusieurs reprises de confirmer la présence de l'espèce dans les annexes hydrauliques.

Les fiches de terrain

Pour recueillir les informations nécessaires à la caractérisation des annexes, une fiche de terrain a été développée à l'aide des anciennes études sur les annexes hydrauliques réalisées par FDPPMA 03 en 2016 et 2020. Un exemple de la version finale de cette fiche de terrain se retrouve en annexe du rapport (annexe n°1). Cette fiche a été modifiée au fur et à mesure de l'évolution de la méthode. Elle a permis de relever les caractéristiques de la végétation et des dynamiques hydrologiques. Tout en étant la plus exhaustive possible, elle a permis d'acquérir des informations comparables entre toutes les zones à prospecter. De plus, elle ne devait pas requérir de mesures trop complexes qui auraient nécessité beaucoup de matériel sur le terrain, et du temps supplémentaire. Des informations complémentaires au besoin de la méthode ont été identifiées comme le contexte paysager, les entrées et les sorties d'eau de l'annexe. Toutes ces informations ont été capitalisées dans un fichier pouvant être utilisé sous logiciel SIG.

Les inventaires piscicoles

Pour confirmer ou non la présence de brochetons au stade de juvénile (4 à 8 cm) dans les annexes hydrauliques, un inventaire par pêche électrique dans 2 annexes « Bras mort de la Bourse » et « La Mitte » a été organisé le 27 avril. Le principe de la pêche électrique consiste à immobiliser temporairement les poissons (et donc les capturer) grâce à un champ électrique. La méthode utilisée a été celle de la pêche partielle par points, inspirée de la méthode EPA (Echantillonnage Ponctuel d'Abondance). Pour cela, entre 70 et 80 points de pêche sont répartis dans l'annexe (moins dans le cas de petits milieux) de manière à prospecter tous les types d'habitats possibles et ainsi avoir un résultat représentatif des populations en place. Ces deux pêches ont été réalisées à pied.



Figure 19 : Pêche électrique sur l'annexe « La Mitte » le 27 avril 2022.
Auteur : Hardoin Léo

Concernant le choix des annexes à prospecter, il a fallu rapidement identifier des annexes à fort potentiel avant la date de pêche prévue. Dans ce sens, seul le « Bras mort de la Bourse » est apparu intéressant après 3 journées de prospections. L'annexe « La Mitte » a été choisie à la suite d'échanges avec l'AAPPMA de Montluçon. Aucun brochet n'a été inventorié lors de ces pêches.

3.2 Hiérarchisation au regard de l'état des lieux des annexes

3.2.1 Méthode de notation à l'aide des fiches de terrain :

Par soucis d'optimisation et d'adaptation de la méthode déjà mise en place dans les études antérieures (FDPPMA 03 2018, 2020) de nouveaux critères ont été considérés. Par ailleurs, certains critères pris en compte auparavant ont été affinés ou adaptés. L'objectif de cette révision de la méthodologie est de pouvoir décrire le plus précisément possible l'ensemble des caractéristiques des annexes fluviales, tout en permettant d'aboutir à une hiérarchisation au regard des exigences du brochet pour sa reproduction.

La méthode de notation retenue repose sur l'évaluation de 3 grandes familles de critères que sont le fonctionnement hydraulique, la végétation et la morphologie des annexes. Les critères de végétation et de morphologie seront intégrés au sein d'une même note. La méthode mise en place tend à caractériser les annexes par rapport à une frayère fonctionnelle pour le brochet.

Pour permettre une réutilisation de la méthode mise en place, une version exhaustive du processus de notation est disponible en annexe (Note méthodologique de notation). Elle explicite l'ensemble des paramètres sélectionnés, leurs intérêts et les principes de notations utilisés.

La figure située sur la page suivante correspond donc à une synthèse de la méthode employée pour étudier la fonctionnalité des annexes hydrauliques vis-à-vis du brochet.

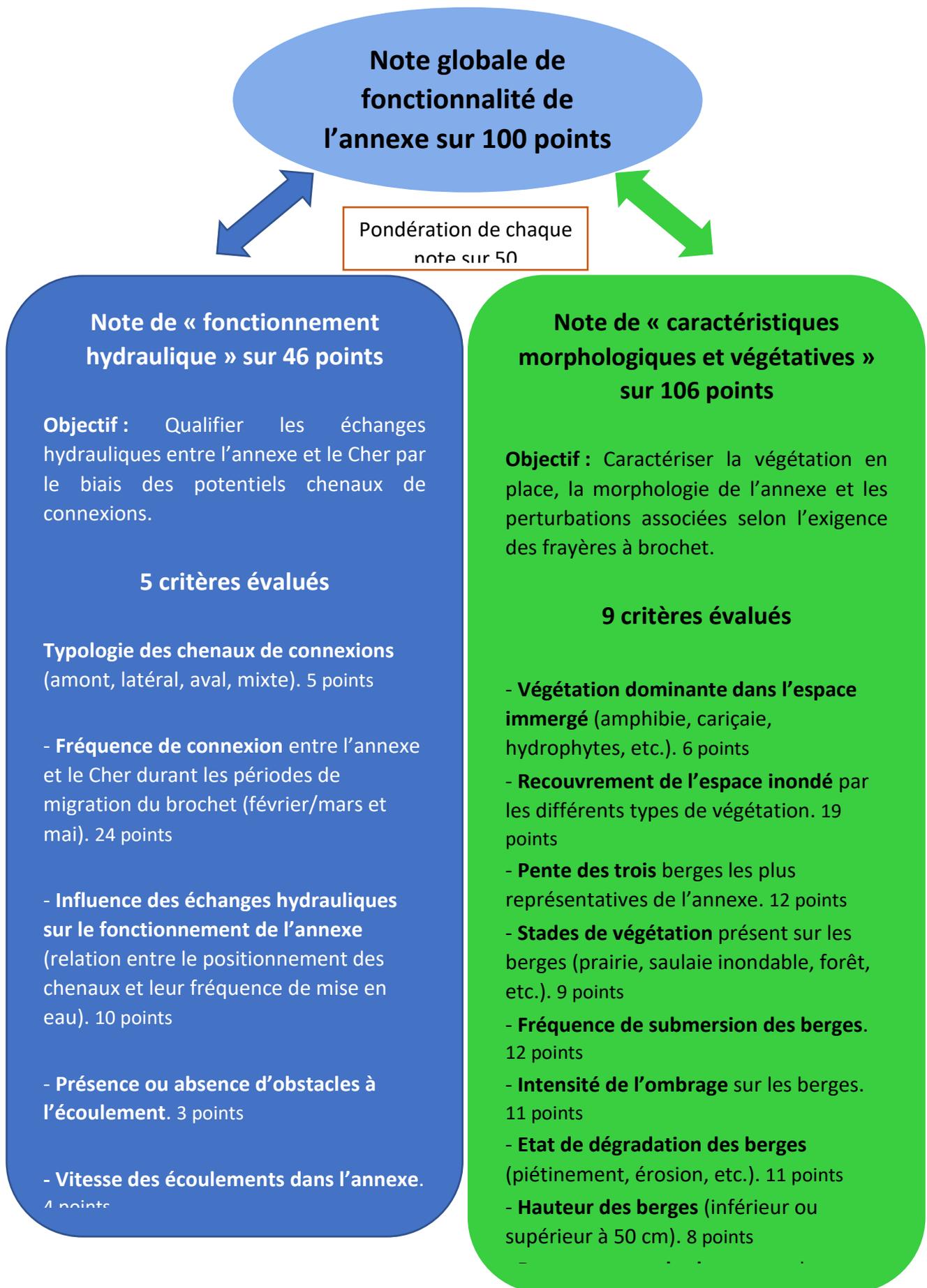


Figure 20 : Synthèse des critères évalués dans la méthode de notation des annexes

Caractéristiques rédhitoires :

Parmi les nombreux facteurs étudiés dans cette méthode de notation des annexes hydrauliques, certains sont indispensables et leur absence va donc devenir rédhitoire, rendant l'annexe incompatible avec les exigences de fonctionnalité des frayères à brochet. Voici les facteurs issus des notes :

- Caractéristique 1 (N6) : Absence de végétation dans l'espace inondé.
- Caractéristique 2 (N10) : Une fréquence de submersion des berges « exceptionnelle » ou « jamais ».
- Caractéristique 3 (N14) : Sur les berges, un taux de recouvrement par les types de végétation inférieur à 5%.

Si l'annexe diagnostiquée cumule la caractéristique 1 avec la caractéristique 2 ou 3, alors la note attribuée sera directement de 0.

3.2.2 Notation globale des annexes :

Pour permettre d'établir une classification globale des annexes fluviales du Cher, les deux notes ont été cumulées (fonctionnement hydraulique et caractéristiques végétales et morphologiques). Cette note globale permettra au lecteur d'identifier le plus rapidement possible les annexes fluviales ayant les conditions les plus favorables pour la reproduction du brochet.

Pour rappel, la note de fonctionnement hydraulique nommée FH est de 46, et celle concernant la caractérisation végétative et morphologique, nommée CVM est de 106. L'objectif de cette démarche est d'obtenir une note sur 100, intégrant à proportion égale la note FH et CVM. Chaque note va être divisée par son maximum (exemple : si la note FH est de 30 alors on divise 30 par 46). Ensuite, toujours pour chaque note, le résultat de cette division va être multiplié par 50. Enfin, ces deux nouvelles notes FH et CVM sur 50 vont être cumulées pour obtenir un résultat sur 100 points.

Exemple pour note FH de 30 sur 46 : $FH = (30/46) \times 50$

3.2.3 Classification globale des annexes

Quatre classes de fonctionnalité vont être mise en place en fonction de la note obtenu par l'annexe :

- Fonctionnalité **forte** = **note > 75**
- Fonctionnalité **moyenne** = **50 > note > 75**
- Fonctionnalité **faible** = **25 > note > 50**
- Fonctionnalité **très faible** = **note < 25**

3.3 Production potentielle de brochet du site

3.3.1 Estimation de la Surface Favorable à la Reproduction (SFR ou capacité d'accueil)

Durant la phase de prospection, une estimation de la surface potentiellement favorable a été retenue pour chaque annexes (annexe n°1). Elle s'exprime en pourcentage et correspond à l'appréciation par l'agent des caractéristiques de l'annexe pour la reproduction du brochet.

Cette estimation ne prend pas en compte le fonctionnement hydraulique tel qu'il est décrit dans la méthode. Cependant, elle prend en compte tous les autres éléments correspondant aux caractéristiques morphologiques et végétatives.

Exemple : Une ancienne gravière éloignée du Cher, sans chenal de connexion, mais possédant toutes les autres caractéristiques idéales pour la reproduction du brochet (végétation, pente des berges, ombrage, etc.) se verra attribuer un fort pourcentage de surface potentiellement favorable.

En multipliant le pourcentage défini sur le terrain avec la surface de l'annexe (m²), la SFR (m²) est obtenue.

3.3.2 Estimation de la population théorique de brochet par an (BROC/an)

Cet élément permet d'estimer la population théoriquement capturable de brochet par an. D'après les travaux de M. Chancerel, 100 m² de surface favorable à la reproduction permettent de produire six individus adultes. Il est dorénavant possible de calculer la population théorique (BROC/an).

$$\text{BROC/an} = 0,06 \times \text{SFR (m}^2\text{)}$$

3.3.3 Estimation de la population fonctionnelle (PopF/an)

L'estimation de la capacité d'accueil (SFR) ne prenant pas en compte les caractéristiques hydrauliques de l'annexe, il est nécessaire pour évaluer la fonctionnalité du site par rapport à la rivière de prendre en compte ces éléments. Pour cela, un indice de pondération a été mis en place à l'aide de la note issue des caractéristiques hydrologiques (Note de fonctionnement hydrologique). Cette note va être mise sous forme de pourcentage, puis multiplié à la population théorique pour mettre en évidence la population de brochet « fonctionnelle » pour la rivière. Cette estimation correspond au nombre de brochet pouvant potentiellement migrer vers le Cher tous les ans. C'est une moyenne annuelle (certaines années la population qui migre peut-être largement réduite, ou à l'inverse largement augmentée). Cet « indice » de la

note hydraulique peut aussi être multiplié à la SFR pour mettre en avant la SFR fonctionnelle et ainsi obtenir la population fonctionnelle de brochet.

$$\text{PopF/an} = \text{BROC/an} \times \text{Note Hydraulique (\%)}$$

Ou

$$\text{PopF/an} = \text{SFR} \times \text{Note Hydraulique (\%)} \times 0,06$$

4 - Résultats

4.1 Inventaire des annexes hydrauliques

La recherche par SIG a permis de repérer 83 annexes hydrauliques potentielles.

4.1.1 Annexes prospectées

Durant l'étape de prospection des annexes hydrauliques, il a été impossible d'accéder à 5 annexes qui étaient situées dans des propriétés privées. A l'inverse, 2 annexes hydrauliques qui n'avaient pas été préalablement identifiées ont été ajoutées. De ce fait, 80 annexes ont été prospectées sur le Cher aval (figure n°21) pour une superficie d'environ 91,8 hectares (Qgis). Leurs noms et leurs coordonnées sont disponibles dans les 2 pages suivantes (figure n°22).

4.1.2 Annexes étudiées

Sur la totalité de ces annexes, 25 annexes (17,3 ha) n'ont pas fait l'objet de fiche de terrain et ne seront donc pas étudiées par la suite. Ce choix résulte des caractéristiques observées lors de la prospection (absence de végétation dans l'eau, déconnexion totale, berges trop encaissées et éloignement trop important de la rivière) qui justifient leur exclusion de l'inventaire. En effet, il apparaît que ces annexes ne jouent aucun rôle dans le fonctionnement actuel du cours d'eau et qu'elles n'en

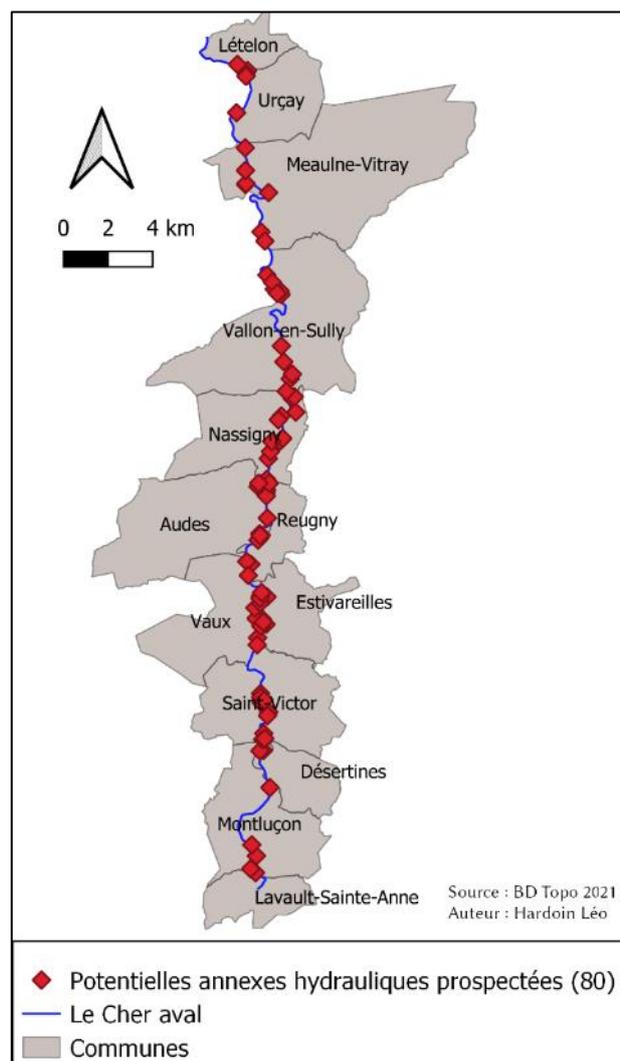


Figure 21 : Localisation des annexes prospectées

auront probablement jamais sans travaux disproportionnés. De plus, un certain nombre d'anciennes gravières situées dans des secteurs précis possèdent des caractéristiques similaires, et de ce fait, il a été décidé de faire une fiche de terrain pour une seule d'entre elles (ces gravières ne sont pas les meilleures annexes hydrauliques pour le brochet).

Sauf indication contraire, le terme « annexes hydrauliques » correspond maintenant aux 55 annexes analysées à l'aide d'une fiche de terrain. Toutes les caractéristiques et résultats de l'étude sur ces annexes se trouvent dans l'Atlas Cartographique annexé au présent document.

| Numéro de l'annexe | Nom de l'annexe | Longitude (RGF93) | Latitude (RGF93) |
|--------------------|-----------------------------------|-------------------|------------------|
| 1 | Chenal de Lavault | 669342 | 6579991 |
| 2 | Méandre de Lignerolles | 669118 | 6580168 |
| 3 | Le Gué | 669378 | 6580756 |
| 4 | Chenal du pont Montluçon | 669171 | 6581253 |
| 5 | Chenal des seniors | 669984 | 6583847 |
| 6 | Varenes | 669692 | 6585521 |
| 7 | Eugène Sue | 669542 | 6585504 |
| 8 | Buissonnets | 669657 | 6586013 |
| 9 | Sablière 1 | 669753 | 6586062 |
| 10 | Sablière 2 | 669710 | 6586290 |
| 12 | Les Gardes | 669876 | 6587101 |
| 13 | Gravière des Gardes | 669936 | 6587260 |
| 14 | Gravière de Sartre 1 | 669594 | 6587688 |
| 15 | Gravière de Sartre 2 | 669730 | 6587793 |
| 16 | Gravière de Sartre 3 | 669579 | 6587931 |
| 17 | Gravière de Sartre 4 | 669570 | 6588098 |
| 18 | Bras du Moulin | 669414 | 6590303 |
| 19 | Ancien moulin du canal | 669434 | 6590621 |
| 20 | Les Pigeonniers | 669585 | 6591143 |
| 21 | MJC Bras amont | 669813 | 6591231 |
| 22 | MJC | 669694 | 6591332 |
| 23 | MJC Bras aval | 669642 | 6591465 |
| 24 | Gravière de la MJC | 669361 | 6591494 |
| 25 | Chenal secondaire du pont de Vaux | 669310 | 6591975 |
| 26 | Annexe des Mûriers | 669556 | 6592200 |
| 27 | Petit méandre de la Boue | 669540 | 6592412 |
| 28 | Etang de La Boue | 669561 | 6592510 |
| 29 | Blockauss | 669856 | 6592470 |
| 30 | Boire de la Boue | 669613 | 6592665 |
| 31 | Etang des Roussets | 669016 | 6593443 |
| 32 | La Mitte | 669131 | 6593945 |
| 33 | Anse de Rouéron | 668947 | 6594069 |
| 35 | Magnette 1 | 669455 | 6595044 |
| 36 | Magnette 2 | 669526 | 6595134 |

| Numéro de l'annexe | Nom de l'annexe | Longitude (RGF93) | Latitude (RGF93) |
|--------------------|----------------------------------|-------------------|------------------|
| 37 | Chenal de Magnette | 669550 | 6595253 |
| 38 | Île de Magnette 1 | 669603 | 6595262 |
| 39 | Île de Magnette 2 | 669524 | 6595322 |
| 41 | Chenal du musée du Canal | 669871 | 6596038 |
| 42 | Bras de Clavière | 669828 | 6597040 |
| 43 | Chenal de la Bourse | 669818 | 6597182 |
| 44 | Mare de la Bourse | 669840 | 6597299 |
| 45 | Gravière de la Bourse RG | 669460 | 6597457 |
| 46 | Chemin de la Bourse | 669734 | 6597533 |
| 47 | Cœur de la Bourse | 669604 | 6597589 |
| 48 | Bras mort de la Bourse | 669485 | 6597618 |
| 49 | Gravière de la Bourse RD | 669961 | 6597614 |
| 50 | Îles de la Bourse | 669843 | 6597788 |
| 51 | Bras de la Côte des Moulins | 669910 | 6598731 |
| 52 | Bras de Forge | 670013 | 6599046 |
| 53 | Etang communal de Pallas | 670070 | 6599507 |
| 54 | Berge inondable du golf | 670443 | 6599521 |
| 55 | Encaissement de Charybe & Scylla | 670561 | 6599641 |
| 56 | Ancien chenal de la Guerche | 670363 | 6600486 |
| 57 | Bras de la Guerche | 670497 | 6600657 |
| 58 | La Vauvre | 671145 | 6600831 |
| 60 | Gravière de la Vauvre | 670975 | 6601465 |
| 61 | Petit bras de la Vauvre | 670717 | 6601775 |
| 62 | Confluence du Bras de la Vauvre | 671086 | 6601525 |
| 63 | La Saute Cravatte | 670895 | 6602340 |
| 64 | Chenal de l'Allée des soupirs | 670988 | 6602550 |
| 65 | Bras des Soupirs | 670611 | 6603108 |
| 66 | Pont de vallon | 670500 | 6603826 |
| 68 | Chenal secondaire des Auberts | 670489 | 6606151 |

| Numéro de l'annexe | Nom de l'annexe | Longitude (RGF93) | Latitude (RGF93) |
|---------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 69 | Les Auberts | 670313 | 6606210 |
| 70 | Anse de Bonardère | 670452 | 6606306 |
| 71 | Bras de Bonardère | 670179 | 6606392 |
| 72 | Chenal des Auberts | 670094 | 6606710 |
| 73 | Chenal des Ances | 669853 | 6607033 |
| 74 | Chenal du Grand fond | 669758 | 6608571 |
| 75 | Bras du Grand fond | 669586 | 6608987 |
| 76 | Confluence de l'Aumance | 669925 | 6610766 |
| 77 | Morte du Vernet | 668894 | 6611129 |
| 78 | Morte du Vernet 2 | 668909 | 6611180 |
| 79 | Chenal de pont de la Chapelle | 668886 | 6611768 |
| 80 | Bras du Riau | 668879 | 6612788 |
| 81 | Bras du Four à Chaux | 668489 | 6614380 |
| 82 | Bras du Perche | 668910 | 6616028 |
| 83 | Chenal de la Maillerie | 668912 | 6616157 |
| 84 | Etang de la Maillerie | 668986 | 6616285 |
| 85 | Bras de la Maison Rouge | 668529 | 6616564 |

Figure 22 : Identification des 80 annexes prospectées

La typologie d'annexe fluviale la plus représentée correspond aux zones artificialisées (22 annexes pour 61,5 ha) (figure n°23). Parmi les 22 zones artificialisées, 14 ont été directement identifiées comme des anciennes gravières. L'omniprésence de cette typologie d'annexe (66,9% de la surface totale des annexes prospectées) est d'autant plus confirmée car la grande majorité des 25 annexes qui ne possèdent pas de fiche correspond à ces formations anthropiques. De plus, aucune annexe de type « prairie et marais inondable » n'a été identifiée.

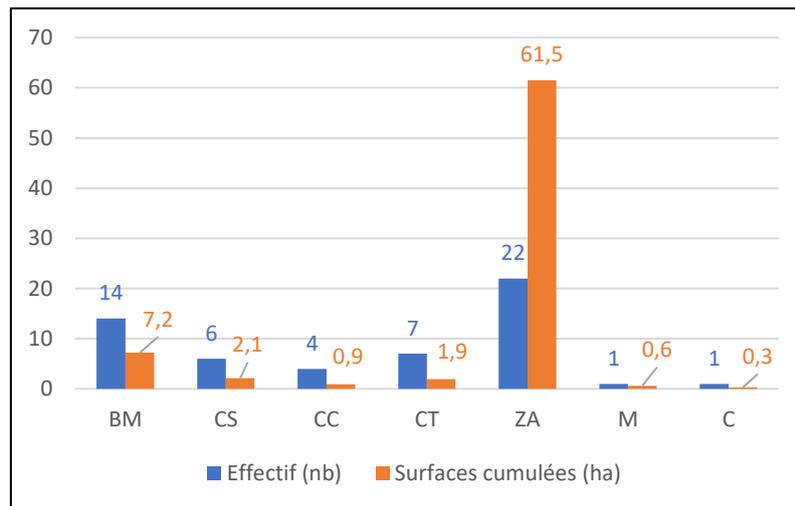


Figure 23 : Effectifs et surfaces cumulées par typologie

Les typologies d'annexes fluviales les plus rencontrées sont ensuite les bras morts (7,2 ha), puis les chenaux secondaires (2,1 ha), les chenaux tertiaires (1,9 ha) et les chenaux de crue (0,9 ha).

Concernant les classes de taille les plus représentées (figure n°24), on remarque que 19 annexes sur 55 (34,5%) possèdent une superficie comprise entre 1000 et 4000 m². L'annexe la plus petite possède une superficie de 308 m² (« Méandre de la Boue ») et la plus grande 145 216 m² (« Gravière de la Vauvre »). Enfin, le 1^{er} quartile se situe à 1365 m², la médiane à 3325 m², le 3^{ème} quartile à 15 784 m². De plus, on remarque que les zones artificialisées représentent les annexes les plus grandes.

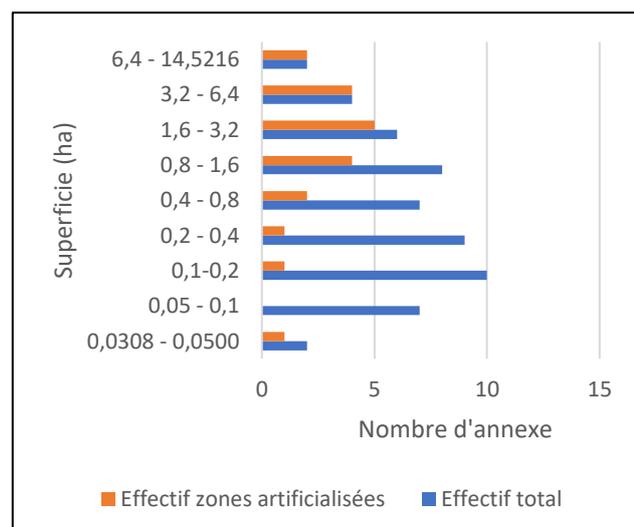


Figure 24 : Répartition des annexes hydrauliques en fonction de leur superficie

Les annexes hydrauliques du Cher sont donc très majoritairement de petite taille, avec 65 % d'entre elles inférieures à 1 hectare. De plus, les formations issues des dynamiques naturelles

de la rivière (BM, CT, etc.) apparaissent minoritaires, surtout du point de vue de la surface occupée (figure n°23). Ce résultat s'explique par les nombreuses pressions subies par le cours d'eau (modification du régime hydrologique, présence des ouvrages de protection de berge, etc.).

Pour résumer, les travaux d'identification des potentielles annexes hydrauliques ont permis de réaliser la prospection de 80 annexes. Une partie de ces milieux s'est révélée sans intérêt pour le fonctionnement du cours d'eau et ont été retirées de l'étude. De ce fait, 55 annexes fluviales (74,5 ha) ont été retenues. Il s'agit pour la majorité d'entre elles d'annexes de type « artificielles », que ce soit en nombre mais surtout en termes de surface occupée (66,9%). Le second type d'annexe le plus représenté est une formation naturelle, le « bras mort » (en termes de nombre et de surface). Si la superficie des 55 annexes varie entre 308 et 145 216 m², 65 % d'entre elles ont une superficie inférieure à 1 ha et environ 35% font entre 1000 et 4000 m².

4.1.3 Localisation des annexes

Le tronçon d'étude peut être séparé en deux secteurs, le secteur amont et le secteur aval (figure n°25).

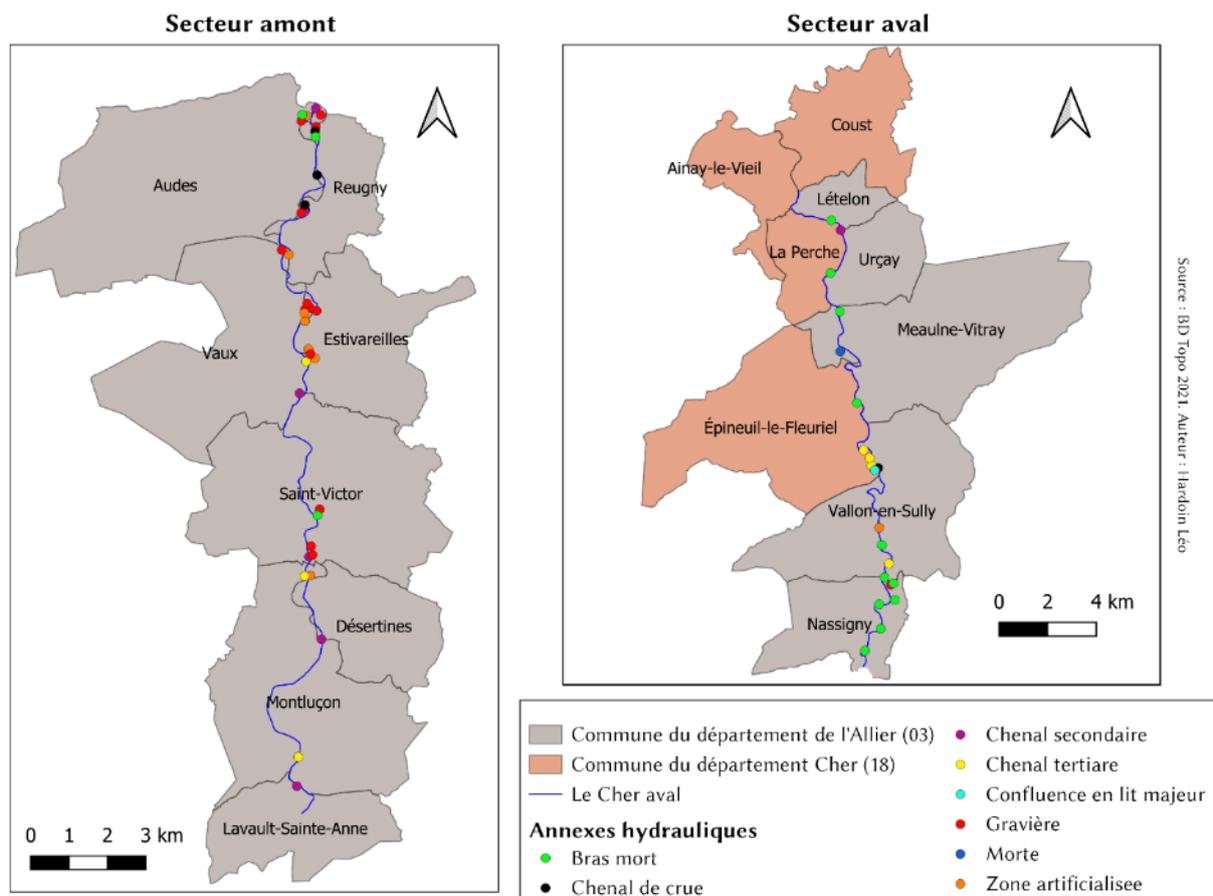


Figure 25 : Répartition des annexes hydrauliques par secteur selon leur typologie

Secteur amont

Sur ce secteur de 25 km qui se termine à l'amont de la commune de Nassigny, 34 annexes fluviales sont recensées, soit environ 62 % de la totalité des annexes. En termes de superficie, elles représentent 53 ha, soit 69% de la surface des annexes hydrauliques. On observe environ 1,3 annexes par kilomètre de linéaire. Cependant leur répartition n'est pas homogène car elles sont regroupées dans des secteurs précis, souvent liés à des zones d'extraction de granulats. La grande quantité d'anciennes gravières qui ont engendré des remblais sur les berges du Cher font que le secteur est très fortement restreint latéralement. On remarque donc que les annexes de types « zones artificialisées » sont très nombreuses (20 dont 13 gravières). L'impact de l'extraction de granulats est considérable sur ce tronçon car cette activité a participé à la rectification de la quasi-totalité du lit mineur, en favorisant la disparition des annexes fluviales naturelles (3 bras morts). D'autres facteurs peuvent expliquer le manque d'annexes fluviales naturelles et le manque de dynamique latérale, comme la proximité avec l'agglomération la plus peuplée du département, celle de Montluçon (61 151 habitants en 2018) ainsi que la proximité du barrage de Rochebut/Prat. Ces éléments influencent à la fois le régime hydrologique de la rivière (stockage de l'eau et pompage) ainsi que la vulnérabilité des parcelles en lit majeur (habitations, entreprises, étangs privés, etc.).

| Type d'annexe et effectif | BM | ZA | CS | CC | CT | M | C | Total |
|---------------------------|----|----|----|----|----|---|---|-------|
| Secteur amont | 3 | 20 | 5 | 3 | 3 | 0 | 0 | 34 |
| Secteur aval | 11 | 2 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 21 |

Secteur aval

Ce secteur de 29 km qui s'étend de Nassigny à la limite départementale avec le Cher (18) possède 21 annexes. En termes de superficie, elles représentent 21 ha, soit 31% des annexes. Il se démarque du précédent par son tracé plus méandrique et moins contraint. La densité d'annexes par kilomètre de linéaire (0,7) est presque 2 fois moins élevée que pour le secteur amont et leur répartition apparaît beaucoup plus homogène. Conséquence de perturbations anthropiques moins importantes, les caractéristiques des annexes fluviales diffèrent largement avec le secteur amont. En effet, on dénombre seulement 2 zones artificialisées dont 1 gravière (ENS de la Vauvre), et à l'inverse on totalise 11 bras morts. L'occupation du sol des parcelles à proximité du Cher est presque exclusivement réservée à l'agriculture (pâturage et quelques plantations) et les possibilités de divagation du Cher sont beaucoup plus importantes. De plus, certaines berges sont marquées par un fort processus d'érosion et les zones de dépôts des galets sont aussi plus fréquentes. De ce fait, ce secteur semble avoir un fonctionnement moins perturbé (mais toujours sous l'influence hydrologique du barrage de Rochebut/Prat).

Pour résumer, le tronçon étudié peut être séparé en deux secteurs, amont et aval. Cela s'explique grâce aux observations de terrain qui ont mis en évidence une forte hétérogénéité morphologique de la rivière. En effet, le secteur amont est fortement restreint latéralement contrairement au secteur aval. Les caractéristiques des annexes sont bien différentes (figure n°26). En termes de répartition des annexes, le secteur aval possède

moins d'annexes mais plus dispersées sur le linéaire, à l'inverse de l'amont qui est marqué par une surface totale d'annexes de 53 ha (soit 69 %). Enfin, la typologie est aussi bien différente car on observe la quasi-totalité des annexes artificielles dans le secteur amont et des formations naturelles (bras morts) beaucoup plus représentées à l'aval.

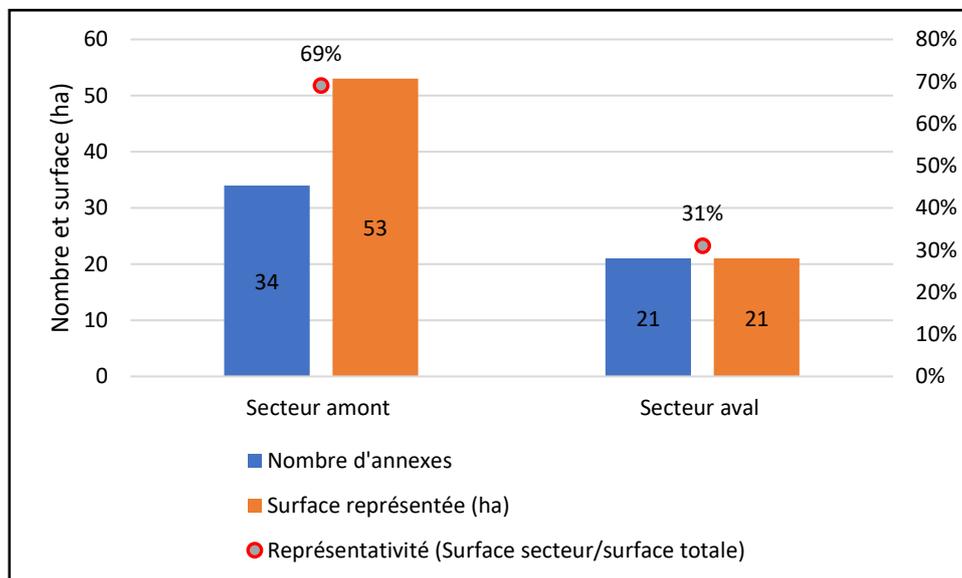


Figure 26 : Caractéristiques générales des annexes selon les secteurs du Cher aval

4.2 Expertise des annexes hydrauliques

Cette classification est issue de la méthode de notation mise en place lors de cette étude. La note globale obtenue par l'annexe intègre les caractéristiques hydrologiques, morphologiques et végétales de l'annexe.

Pour rappel, 4 classes ont été définies :

- Fonctionnalité forte = note > 75
- Fonctionnalité moyenne = 50 > note > 75
- Fonctionnalité faible = 25 > note > 50
- Fonctionnalité très faible = note < 25

Le tableau ci-dessous analyse les effectifs et la superficie des annexes selon les fonctionnalités qu'elles ont obtenues. Les valeurs les plus fortes ressortent en rouge puis en orange.

| | Effectif | Surface (ha) | Représentativité de l'effectif | Représentativité de la surface |
|-----------------------------------|----------|--------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Fonctionnalité forte | 7 | 4,47 | 13% | 6% |
| Fonctionnalité moyenne | 33 | 38,55 | 60% | 52% |
| Fonctionnalité faible | 6 | 19,81 | 11% | 27% |
| Fonctionnalité très faible | 9 | 11,85 | 16% | 16% |
| Total | 55 | 74,67 | 100% | 100% |

Figure 27 : Représentativité de l'effectif et de la surface des annexes selon leur fonctionnalité de frayère à brochet

Les résultats mettent en évidence que la majorité des annexes du Cher aval ont une fonctionnalité moyenne, que ce soit en termes d'effectif (60%) ou de surface (38,55 ha).

En termes d'effectif, les autres catégories de fonctionnalité ont à peu près la même représentativité sur le tronçon étudié.

Concernant la surface, les annexes de fonctionnalité moyenne sont toujours les plus représentées (52%) mais de manière moins significative que pour les effectifs. Malgré le nombre moins important d'annexes à la fonctionnalité faible (6), leur représentativité en termes de surface est assez importante (27%) ce qui montre que les grandes annexes (globalement les zones artificielles) ne possèdent pas suffisamment de caractéristiques favorables à la reproduction du brochet. **A l'inverse, les milieux plus petits (les formations naturelles) sont largement plus favorables à la reproduction du brochet.** En effet, les 7 annexes avec une fonctionnalité forte ne représentent que 6% de la surface totale des annexes étudiées. **En termes de surface, les milieux fortement favorables à la reproduction sont les moins représentés sur le contexte du Cher aval.**

De ce fait, le secteur amont est le secteur qui offre le plus d'annexes hydrauliques et de surfaces favorables à la reproduction du brochet selon les critères étudiés dans la méthode de notation. Il dépasse de très loin les capacités du secteur aval.

4.2.1 Les annexes les plus fonctionnelles du Cher aval

La typologie des 40 annexes les plus fonctionnelles (fonctionnalité forte et moyenne) se retrouvent dans la figure ci-dessous.

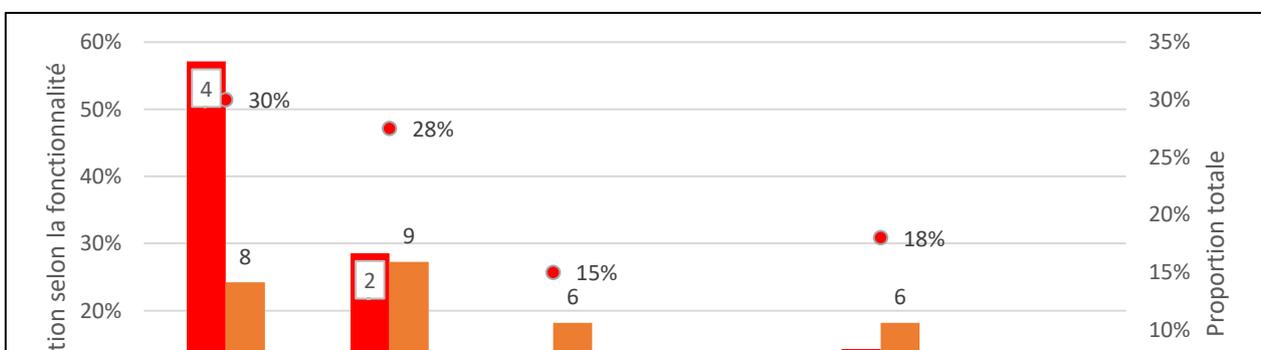


Figure 28 : Proportion des types d'annexes fluviales les plus fonctionnelles

Concernant les bras morts, ces formations naturelles représentent 57% des annexes avec une fonctionnalité forte. De plus, elles représentent la plus grande partie (30%) des annexes les plus fonctionnelles, avec ensuite les zones artificialisées qui représentent 28% pour 10 annexes au total. La majeure partie des annexes de fonctionnalité moyenne se répartissent entre les zones artificialisées (9), les bras morts (8) puis les chenaux secondaires (6) et tertiaires (6). **On peut donc retenir ici que la méthode employée permet de valoriser les annexes fluviales issues des dynamiques naturelles de la rivière par rapport aux formations anthropiques, car les bras morts représentent la typologie la plus importante des annexes les plus fonctionnelles alors qu'elles sont quantitativement moins importantes sur le tronçon.** Les annexes ayant obtenues les meilleures notes, appartenant donc à la classe « fonctionnalité forte » sont présentées dans la figure n°29. Les 7 annexes fluviales se répartissent sur presque la totalité du linéaire du Cher aval, mais 5 d'entre elles se situent sur un secteur de 7,5 km entre la commune de Audes et Vallon-en-Sully.

Il est important de noter que les annexes fluviales possédant la fonctionnalité la plus faible sont exclusivement des formations anthropiques.

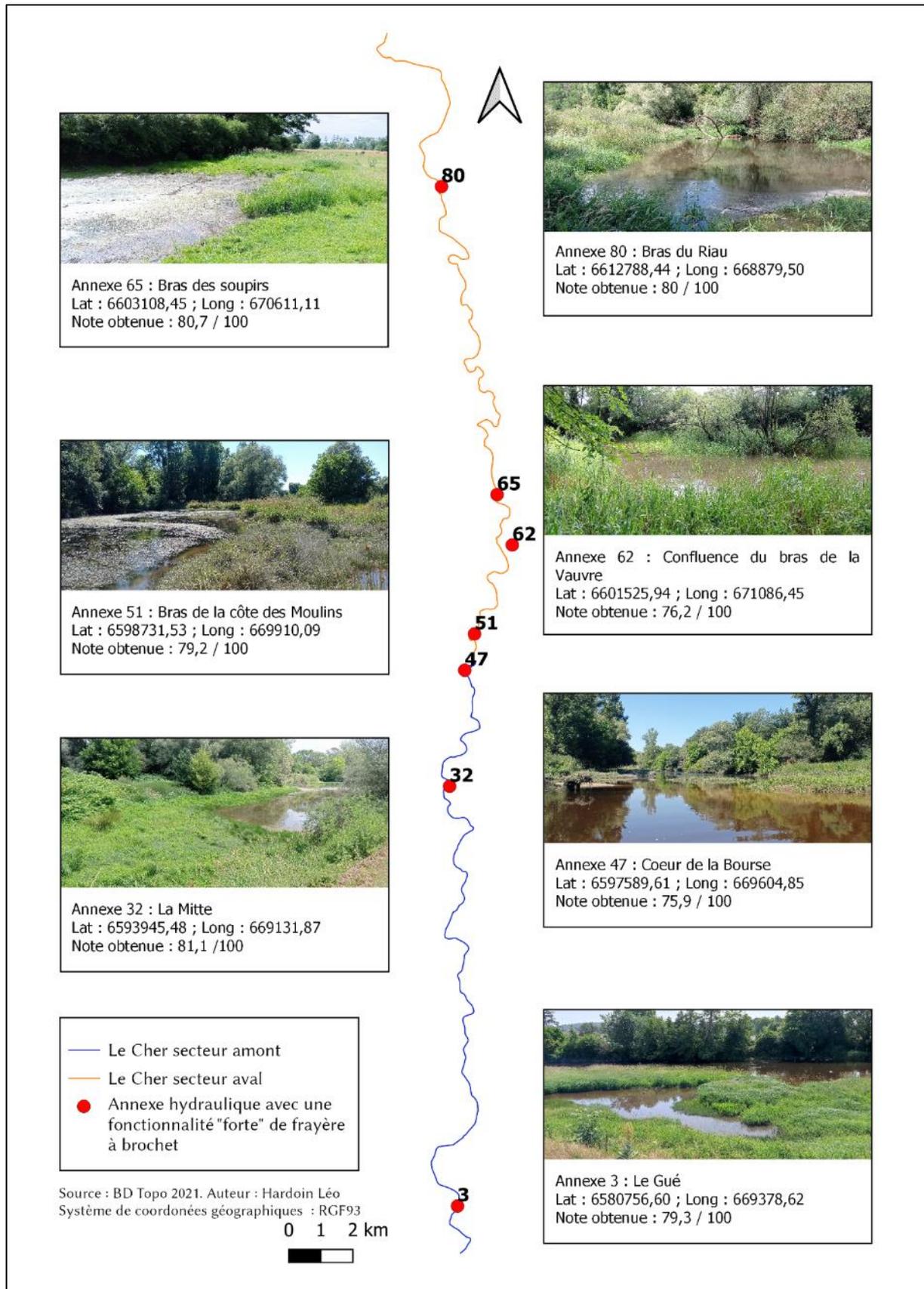


Figure 29 : Les annexes hydrauliques du Cher à la meilleure fonctionnalité de frayère à brochet

4.2.2 La production de brochet des annexes hydrauliques du Cher aval

A l'aide de la démarche de calcul détaillée dans la partie 3.3, les capacités de production de brochets du Cher peuvent être étudiées à l'aide, dans un premier temps, de la SFR. Pour chaque secteur, le tableau ci-dessous dévoile la SFR issue de l'appréciation des agents lors des prospections (SFR expertisée), les pertes de fonctionnalités liées au fonctionnement hydraulique des annexes, ainsi que la SFR mobilisable pour établir par la suite la production fonctionnelle de brochets. Pour rappel, cette SFR fonctionnelle correspond à la SFR expertisée multipliée par l'indice correspondant à la note hydraulique.

| | SFR expertisée | | Perte de fonctionnalité | | SFR fonctionnelle | |
|------------------|----------------|------------------------------------|-------------------------|-----|-------------------|------------------------------------|
| | ha | % de la surface totale des annexes | ha | % | ha | % de la surface totale des annexes |
| Cher aval | 30,6 | 41% | 10,8 | 35% | 19,8 | 27% |

Figure 30 : Capacité d'accueil (SFR) et perte de fonctionnalité des annexes du Cher aval

Pour le Cher aval, la perte globale de fonctionnalité liée aux caractéristiques hydrologiques (note de fonctionnement hydrologique) des annexes s'établit à 35% de la SFR expertisée, ce qui montre l'intérêt de se baser sur la SFR fonctionnelle pour estimer une population de brochets cohérente avec le contexte du site, et éviter de surévaluer les capacités du milieu.

En comparaison, l'étude des annexes hydrauliques de la Loire (FDPPMA 03, 2020) a mis en avant une SFR expertisée, une perte de fonctionnalité et une SFR évaluée (fonctionnelle dans cette étude) de respectivement 32%, 54% et 15% de la surface totale des annexes. Il est important de noter que la méthode mise en place est différente, ainsi que les caractéristiques hydromorphologiques de la Loire par rapport au Cher.

Dans le cadre d'une étude similaire à celle-ci, il serait pertinent de mettre en avant des comparaisons des résultats entre les différents rapports en prenant en compte les caractéristiques fluviales et la méthode utilisée.

Cette perte de fonctionnalité intervient donc directement dans le calcul de la population fonctionnelle de brochet. La population théorique de brochet par an, qui pour rappel correspond au nombre de brochets capturables grâce à la reproduction de l'espèce dans les frayères identifiées (SFR), s'établit à 18 364 individus pour le Cher aval. **Compte tenu de la perte de fonctionnalité, le recrutement réel de brochets est de 11 880 individus** (environ 35% de moins que la population théorique).

Dorénavant, la population fonctionnelle sera nommée production de brochets. Les résultats qui vont suivre concernant la population fonctionnelle du Cher aval sont directement liés aux caractéristiques de la SFR étudiée précédemment.

Le secteur amont apparaît comme le milieu le plus productif en brochets et représente 81% de la population fonctionnelle totale (figure n°31).

Sur les 55 annexes étudiées, 34 (soit 61%) possèdent une production de brochets inférieure à 100 individus par an (17 annexes pour le secteur amont et 17 pour l’aval). On peut retrouver les valeurs extrêmes et les quartiles dans le tableau ci-contre. En effet, 75% des annexes ont une production de brochets inférieure à 322 individus.

La production moyenne de toutes les annexes se situe à 216 individus (figure n°33), mais cette donnée est relativement biaisée par les valeurs maximales que possèdent 2 zones artificielles qui seront mises en avant par la suite. Si l’on retire ces annexes, **la moyenne s’établit à 158 individus**. En lien avec les caractéristiques des annexes du secteur aval, celui-ci possède une production moyenne largement inférieure que le secteur amont, avec 176 individus de différence (figure n°33). **Les typologies d’annexes les plus productives sont les zones artificialisées (445), les bras morts (100) puis les chenaux tertiaires (70).**

Concernant les annexes avec une production de brochets supérieure à 100 individus, on distingue trois groupes. Dans un premier temps, deux annexes ont une production estimée de plus de 1600 individus ce qui est largement supérieur à toutes les autres annexes (annexe 22 et 49). Ensuite un second groupe composé de 6 annexes possédant une production comprise entre environ 1000 et 500 individus. Enfin, 13 annexes font état d’une production entre 400 et 100 individus. On remarque (figure n°34) que certaines annexes faiblement fonctionnelles possèdent de fortes productivités de brochet (annexe 60, 9, 58, 36). En comparaison avec les annexes moyennement fonctionnelles, les milieux les plus propices à la reproduction du brochet ne représentent que 19% des annexes avec une production supérieure à 100 individus. Ce résultat s’explique par la relative faible taille des annexes les plus fonctionnelles du Cher aval.

| Secteur | Production de brochets par an | |
|-------------|-------------------------------|------------|
| | Effectif | % |
| Amont | 9638 | 81 |
| Aval | 2242 | 19 |
| Cher | 11 880 | 100 |

Figure 31 : Production de brochets selon le secteur

| Données | Effectif de production de brochets |
|-----------------|------------------------------------|
| Valeur minimale | 8 |
| 2e quartile | 85 |
| 3e quartile | 322 |
| Valeur maximale | 1787 |

Figure 32 : Extrêmes et quartiles des données sur la production de brochets

| | Moyenne de la population fonctionnelle |
|--------------------------|--|
| Toutes annexes | 216 |
| Secteur amont | 283 |
| Secteur aval | 107 |
| | |
| Zone artificialisée | 445 |
| Bras mort | 100 |
| Chenal tertiaire | 70 |
| Confluence en lit majeur | 59 |
| Chenal secondaire | 47 |
| Chenal de crue | 46 |
| Morte | 13 |

Figure 33 : Moyenne de production de brochets selon la typologie ou le secteur étudié.

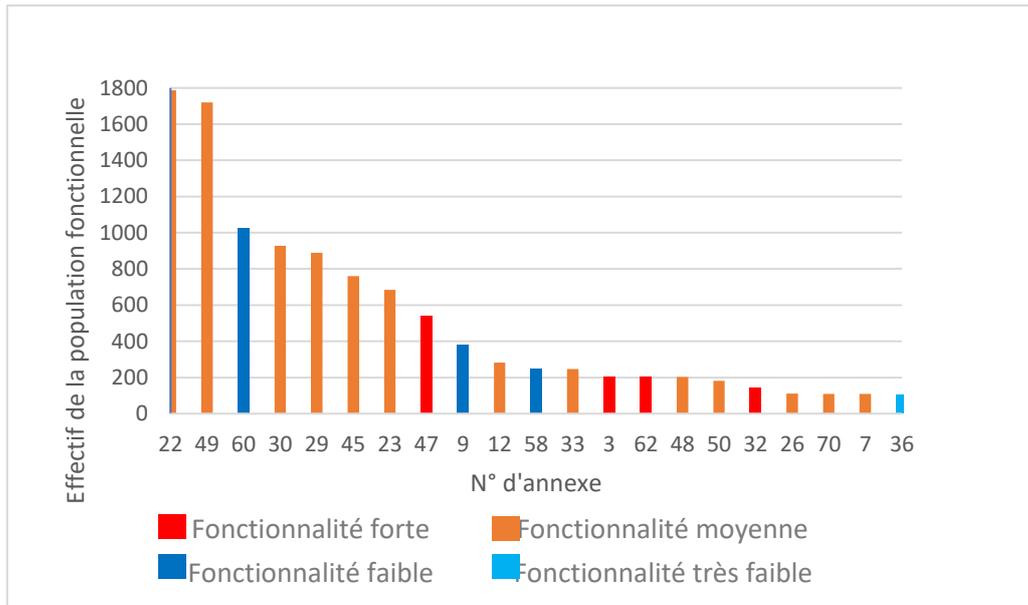


Figure 34 : Population fonctionnelle et fonctionnalité des annexes les plus productives

4.2.3 Les annexes les plus productives du Cher

Compte tenu des résultats obtenus, les annexes les plus productives sont celles ayant une production de brochets située entre 1787 (annexe 22) et 541 individus (annexe 47). Sur ces 8 annexes, seule la 60 « Gravière de la Vauvre » appartient au secteur aval. Ce sont toutes des zones artificialisées et 6 d'entre elles ont été identifiées clairement comme des anciennes gravières. Au niveau de leur fonctionnalité en tant que frayère à brochet, seule l'annexe 47 est classée « fonctionnalité forte ». Les autres annexes possèdent une fonctionnalité moyenne, excepté la « Gravière de la Vauvre » qui possède une fonctionnalité faible. La superficie moyenne de ces annexes les plus productives est de 5,2 ha avec des valeurs allant de 1,3 à 14,5 ha. **La somme des surfaces de ces 8 annexes correspond à 56% de la surface en eau totale des annexes fluviales.** Aux vues de ces caractéristiques, les résultats de la population fonctionnelle sont fortement influencés par la superficie en eau du milieu, au dépend dans certaines situations de la fonctionnalité de frayère à brochet pour le Cher. Par exemple, la Gravière de la Vauvre possède une population fonctionnelle de 1022 individus avec une fonctionnalité faible, alors que l'annexe « Encaissement de Charybe & Scylla » possédant une fonctionnalité moyenne¹ et dans laquelle une dizaine de brochetons ont été observés possède une population fonctionnelle de 50 brochets.

Ces annexes se retrouvent sur un secteur relativement réduit, correspondant à un linéaire de 9 km à cheval sur le secteur amont et aval (entre les communes de Estivareilles et Nassigny). On retrouve ces 8 annexes localisées sur la figure qui suit.

¹ La note globale de cette annexe est de 74,9, elle peut donc presque être classée dans les annexes de fonctionnalité forte.

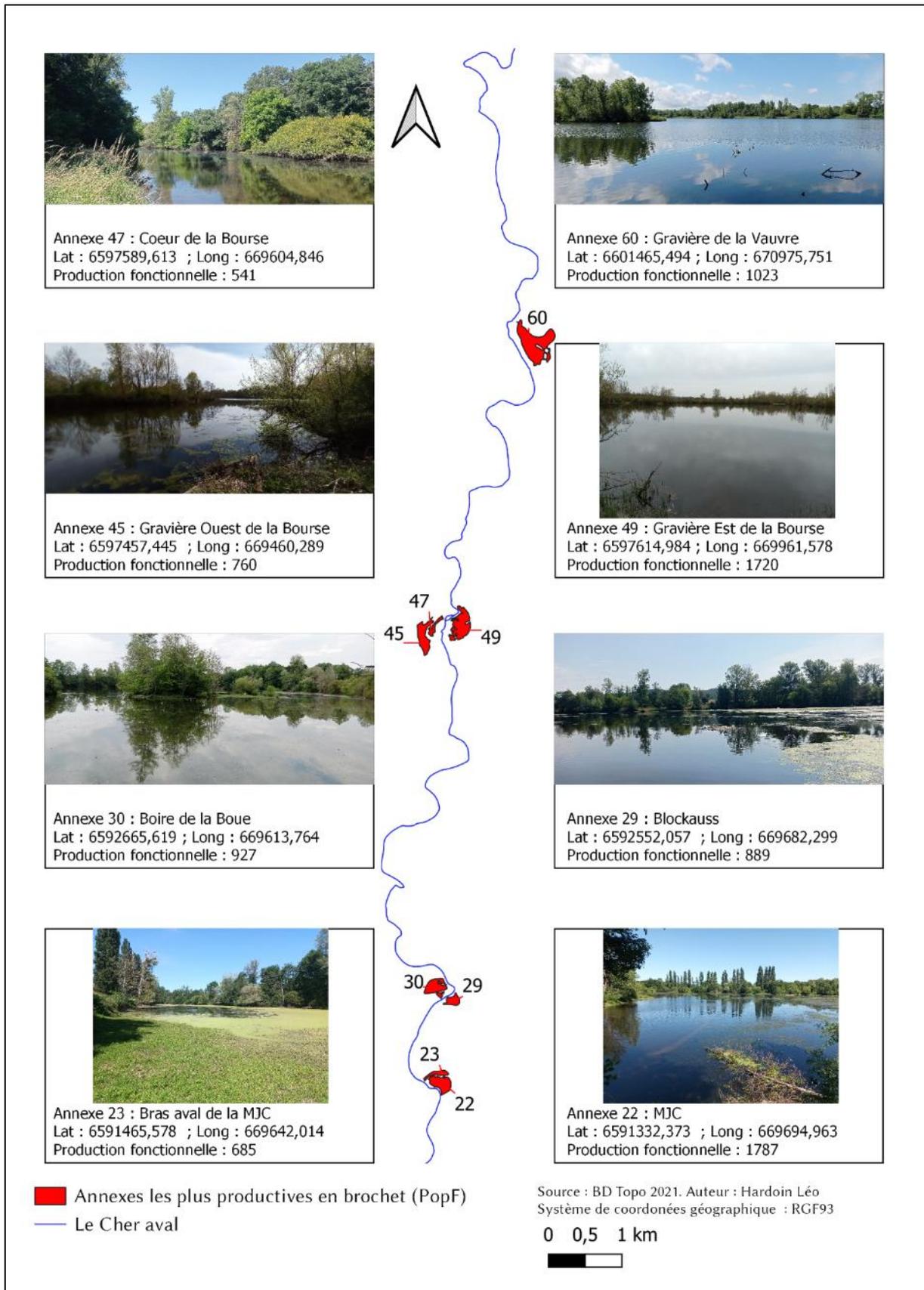


Figure 35 : Les annexes hydrauliques du Cher à la productivité fonctionnelle la plus importante

4.2.4 Classification selon la perte (et le gain) potentiel de production fonctionnelle

En comparant la population théorique de brochets d'une annexe avec la population fonctionnelle, on peut distinguer la perte de brochets qui correspond à l'impact du fonctionnement hydraulique entre l'annexe et le Cher. Cet élément permet alors de distinguer les annexes sur lesquelles des travaux de restauration ou de création d'un chenal de connexion seraient efficaces pour développer la population de brochet du Cher.

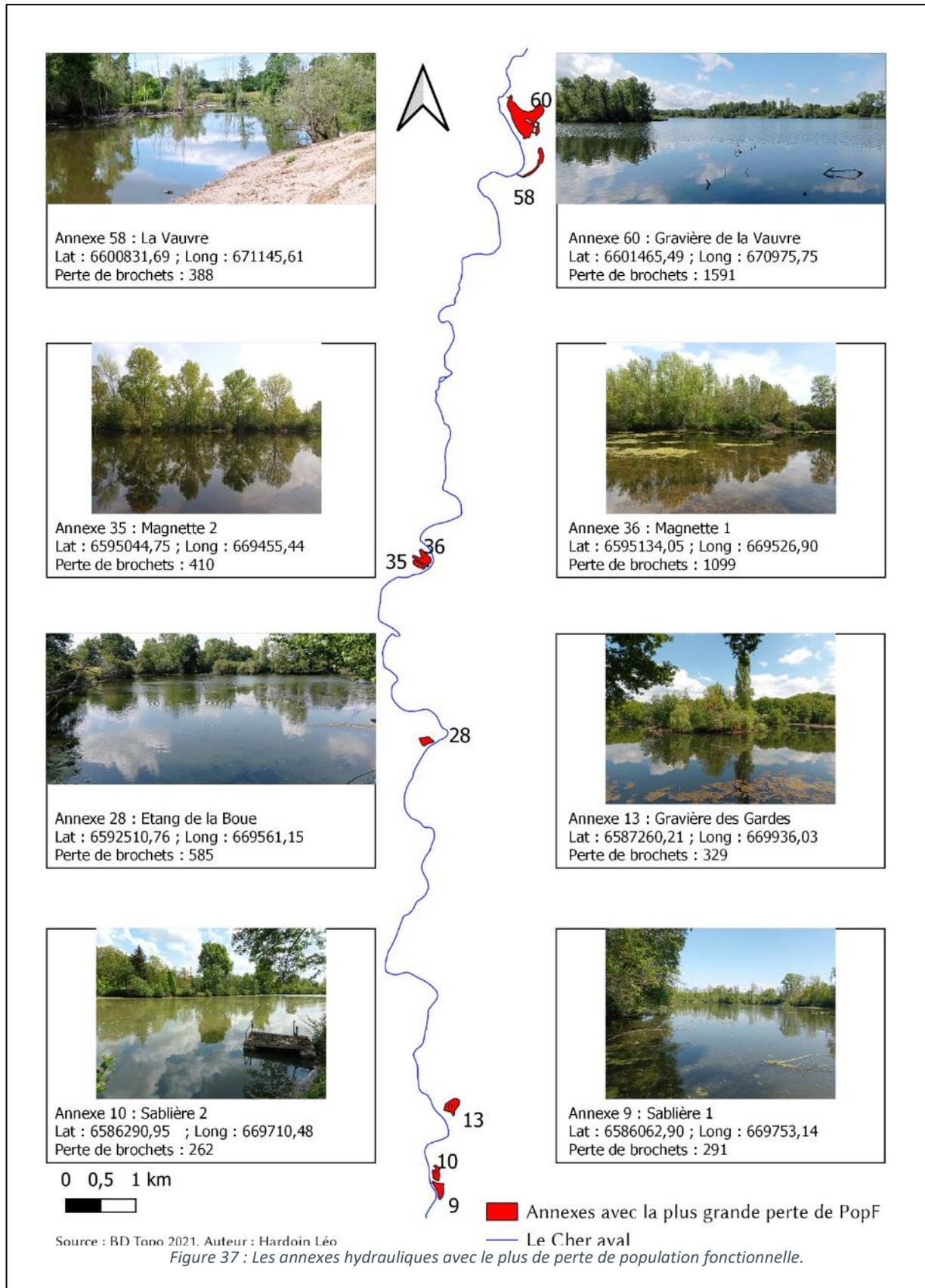
Au total, la perte de fonctionnalité due au fonctionnement hydraulique sur toutes les annexes du Cher correspond à 6483 individus. Les types d'annexes qui perdent le plus de brochets au total sont presque exclusivement les zones artificialisées (81%), les bras morts puis les chenaux tertiaires (figure n°36).

| Type d'annexe | Somme des pertes de PopF | Proportion des pertes de PopF |
|---------------|--------------------------|-------------------------------|
| ZA | 5256 | 81% |
| BM | 669 | 10% |
| CT | 169 | 3% |
| CS | 144 | 2% |
| M | 138 | 2% |
| CC | 105 | 2% |
| C | 3 | 0% |
| Total | 6483 | 100% |

Figure 36 : Somme et proportion des pertes de PopF par typologie d'annexe

Pour toutes les annexes, les pertes sont relativement homogènes avec 47 annexes qui possèdent une perte de brochet de moins de 200 individus (dont 44 annexes avec des pertes inférieures à 100 individus).

Pour les 8 annexes ayant le plus de pertes, les résultats sont visibles dans la figure n°37. Ce sont toutes des anciennes gravières, exceptée l'annexe 58 « La Vauvre » qui est un bras mort. À elles seules, elles représentent 76 % de toutes les pertes en brochet et elles possèdent toutes une fonctionnalité faible ou très faible. Les annexes 36, 28, 35, 13 et 10 ne possèdent pas de chenal de connexion avec le Cher et c'est pour cette raison qu'elles possèdent un nombre important de pertes de brochets. Elles sont situées sur un secteur allant de Saint-Victor à Nassigny.



Grâce à ces résultats, les annexes permettant de développer la population de brochets du Cher à l'aide de travaux de restauration sont identifiées. Les 8 annexes qui possèdent le plus de perte de brochets apparaissent comme les meilleures annexes permettant de faire croître la population de brochets du Cher en agissant sur la connexion hydraulique. Cependant, pour réduire les pertes de brochets (c'est-à-dire augmenter la population fonctionnelle) des annexes ne possédant aucun chenal de connexion, il est obligatoire d'en créer un. Ces projets engagent obligatoirement des coûts plus significatifs que pour les annexes possédant déjà un chenal de connexion.

Si l'on exclut les 11 annexes sans chenal de connexion (y compris l'annexe 60 qui possède une buse obstruée de 25 m de longueur permettant seulement de limiter les débordements de la gravière), les caractéristiques des annexes sont très différentes.

La somme totale des pertes des 44 annexes restantes est alors de 1 952 individus (figure n°38). Dans un contexte où l'on cherche à limiter les coûts des travaux et les déséquilibres écologiques liés à l'ouverture de grands milieux lentique à la rivière, des actions envers les bras morts du Cher aval deviennent alors presque aussi bénéfiques en termes de quantité de brochets qu'envers les zones artificialisées. En effet, la somme des pertes de population fonctionnelle (donc de gain potentiel) montre un écart de seulement 200 brochets environ. Enfin, si l'on regroupe les gains potentiels en brochets des annexes fluviales naturelles, ceux-ci dépassent largement les gains potentiels des zones artificialisées avec respectivement 66% contre 44%. Le graphique ci-dessous dévoile les 8 annexes avec le plus de gain potentiel en brochets et ne nécessitant pas la création totale d'un chenal de connexion.

| Annexes avec chenal de connexion | Somme des pertes de PopF | Proportion des pertes de PopF |
|----------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Zone artificialisée | 863 | 44% |
| Bras mort | 668 | 34% |
| Chenal tertiaire | 169 | 9% |
| Chenal secondaire | 144 | 7% |
| Chenal de crue | 105 | 5% |
| Confluence en lit majeur | 3 | 1% |
| Total | 1952 | 100% |

Figure 38 : Somme et proportion des pertes de population Popf pour les annexes ayant une ou plusieurs connexions

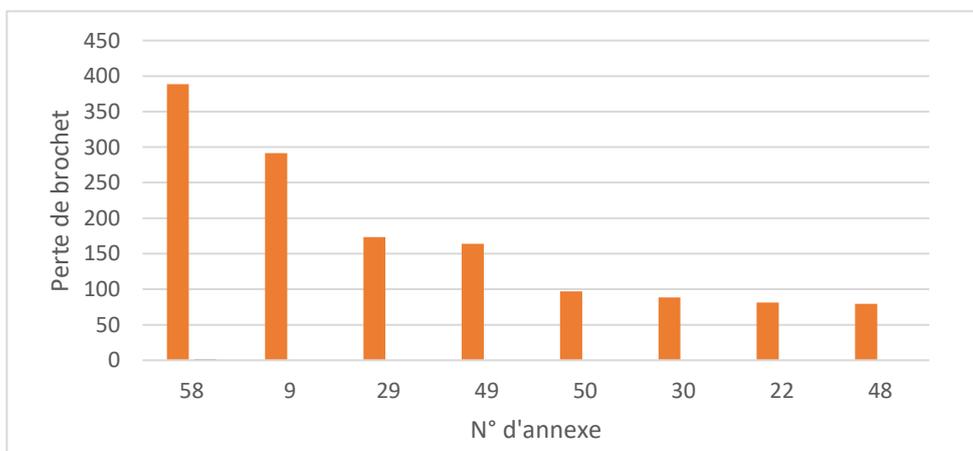


Figure 39 : Les annexes présentant le plus de perte de brochets et possédant un ou plusieurs chenaux de connexion

5 - Perspectives

5.1 Perspectives de gestion des annexes

Le travail d'inventaire et de classification des annexes hydrauliques selon leur fonctionnalité en tant que frayère à brochet est une étude inhérente aux décisions de valorisation, d'amélioration des services écosystémiques et de projets concernant les annexes hydrauliques. Grâce à l'émergence d'une volonté territoriale qui permettrait de définir de nombreux objectifs bénéfiques à l'ensemble du territoire, de multiples actions sur les annexes hydrauliques et leur fonctionnement peuvent être envisagées. Les résultats obtenus précédemment permettent en effet d'identifier les milieux à forts enjeux pour l'amélioration du fonctionnement du Cher par le biais des annexes fluviales. La restauration ou le développement des services écosystémiques des annexes nécessitent une identification précise des objectifs à atteindre. En effet, ces objectifs justifieront les types de travaux envisagés ainsi que la cohérence avec les enjeux du bassin versant du Cher. Les caractéristiques du milieu sont donc indispensables pour connaître les moyens à mettre en œuvre dans le cadre de la restauration des fonctionnalités des annexes (certains sites fonctionnels n'ont besoin que d'une restauration mineure comparés à d'autres).

Un projet de gestion d'une annexe est généralement composé de 3 types d'opérations :

- Des opérations de restauration : travaux permettant de retrouver la fonctionnalité de l'annexe.

Un rapport de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse met en avant des propositions de coût unitaire moyen (AERMC, 2014) pour deux indicateurs de restauration d'annexe hydraulique :

- *Linéaire d'annexes restaurées = 170€ / ml (mètre linéaire) en contexte rural*
 - *Surface d'annexes restaurées = 10€ / m² en contexte rural*
- Des opérations d'entretien permettant de conserver la fonctionnalité de l'annexe.
 - Des opérations de suivi permettant d'évaluer les opérations de restauration et d'engager des opérations entretien.

Des fiches descriptives détaillant les types de travaux envisageables à court terme² sur le Cher aval se trouvent en annexe (annexes 2 à 6).

Afin de faciliter le choix des annexes à intégrer dans une démarche opérationnelle, un outil d'aide à la décision a été élaboré. Il permet pour chaque site d'évaluer l'efficacité du projet

² A long terme et avec des coûts importants, le rehaussement de la ligne d'eau du Cher est une solution efficace pour restaurer la fonctionnalité des annexes fluviales.

de restauration (approche coûts/bénéfices) au regard des caractéristiques de l'annexe et de ses perturbations, en y intégrant les contraintes prévisibles liées à sa mise en œuvre.

Le potentiel porteur de projet aura alors une vision d'ensemble des possibilités de travaux et de leur faisabilité, lui permettant d'évaluer rapidement l'opportunité de les réaliser.

Cet outil présente au travers de 4 critères le potentiel de chaque annexe étudiée. Les données utilisées sont les résultats de l'étude ainsi que les informations recueillies lors des journées de prospection (l'intérêt à la réalisation de travaux a été apprécié pour chaque annexe sur le terrain (Cf annexe fiche de terrain)

Le gain en brochets

Il s'agit d'une approche quantitative qui classe l'augmentation potentielle de la population de brochet qui pourrait être obtenue grâce à la restauration de la fonctionnalité hydrologique de l'annexe. Concrètement, il s'agit du gain de brochets estimé par le passage de la population fonctionnelle (état actuel) à la population théorique après travaux.

| Classement | Définition |
|------------|--|
| + | Gain en brochets inférieur à 50 individus |
| ++ | Gain en brochets situé entre 50 et 200 individus |
| +++ | Gain en brochets supérieur à 200 individus |

Figure 40 : Définition des classements du critère gain en brochets

Les gains écologiques

Il s'agit ici d'une appréciation des potentiels gains écologiques après travaux. Ces gains, qui sont envisageables à plusieurs échelles temporelles et spatiales (tronçon, rivière, bassin versant), s'estiment selon plusieurs critères :

- Augmentation de la surface de zones humides : Certaines annexes peuvent faire l'objet d'une augmentation de leur surface par des travaux de retalutage des berges pour étendre les surfaces immergées. Les possibilités d'extension dépendent ici de la hauteur des berges et de la présence d'une strate arborée qui vont induire des difficultés supplémentaires au retalutage. Par exemple, les zones artificialisées possèdent majoritairement des berges élevées avec des chemins. A l'inverse, certaines annexes situées dans des parcelles agricoles ne montrent aucun obstacle technique à des opérations de retalutage de berges. L'augmentation de la surface inondée en période de hautes eaux permettrait de rendre de nombreux services pour la rivière.
- Bénéfices hydrosédimentaires et écologiques en lien avec les services écosystémiques des annexes fluviales (stockage de l'eau, diversification des habitats, protection de la biodiversité, réduction des étiages et des pics de crues, etc.). Les formations d'annexes autre que les zones artificielles sont plus favorables à rendre ces services.
- La superficie de l'annexe qui va jouer un rôle important en termes d'échanges (écologique, hydrologique, etc.) entre l'annexe et la rivière.

| Classement | Définition |
|------------|-------------|
| + | Gain faible |
| ++ | Gain moyen |
| +++ | Gain fort |

Figure 41 : Définition des classements du critère gains écologiques

Coût des travaux

Cette appréciation permet au porteur de projet d'avoir une première idée de l'investissement financier des travaux à engager pour restaurer l'annexe, sa fonctionnalité de frayère à brochet et/ou les services associés. Pour cela, les critères de classification sont les suivants :

- Les types de travaux envisagés et leur importance vis-à-vis du contexte du Cher aval : Ils correspondent notamment aux travaux mis en avant dans les annexes 2 à 6. Ces préconisations sont issues des prospections de terrain. Les travaux démesurés nécessitant des coûts excessifs ne sont pas pris en compte ici. Des travaux d'entretien ou de mise en défens du bétail ne nécessitent pas autant de ressources financières et temporelles comparés au creusement d'une chenal de connexion et l'installation d'un pont cadre.
- L'accès à l'annexe : Cet élément conditionne significativement le coût des travaux car il est beaucoup plus aisé de faire intervenir des engins dans une annexe proche d'une route que dans une annexe isolée dans la forêt alluviale.

| Classement | Définition |
|------------|------------------|
| + | Coût élevé |
| ++ | Coût raisonnable |
| +++ | Coût faible |

Figure 42 : Définition des classements du critère coût des travaux

La faisabilité des travaux

Ce critère prend en compte les éléments prévisibles qui simplifient ou complexifient la mise en œuvre de travaux, avec notamment :

- Le nombre de parcelles dans lequel l'annexe est située. Un nombre important de propriétaires allonge les démarches de négociation et augmente le risque de refus. La localisation de l'annexe dans le domaine public fluviale facilite la mise en place d'un projet de restauration.
- Les usages de l'annexe et des parcelles connexes : Une annexe fluviale abandonnée pourra plus facilement être restaurée. A l'inverse, une annexe située sur une parcelle

privée aménagée à des fins de loisirs rendra plus difficile sa conversion en milieu servant à la protection des aménités écologiques.

| Classement | Définition |
|------------|-------------------------|
| + | Faisabilité complexe |
| ++ | Faisabilité raisonnable |
| +++ | Faisabilité simple |

Figure 43 : Définition des classements du critère faisabilité des travaux

Résultat global

Afin de synthétiser le classement des 4 critères, le résultat global correspond au nombre total de « + » attribué à l'annexe. Le tableau d'aide à la décision se trouve à la page suivante.

Les paramètres et la méthode du choix du classement se retrouve dans l'annexe n°7.

Figure 44 : Résultat de l'analyse des annexes par une approche coûts/bénéfices

| Numéro de l'annexe | Gain en brochets | Gains écologiques | Coût des travaux préconisés | Faisabilité des travaux | Résultat |
|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------------|----------|
| 1 | + | ++ | +++ | +++ | 9 |
| 3 | ++ | +++ | ++ | +++ | 10 |
| 5 | + | ++ | ++ | +++ | 8 |
| 6 | + | ++ | ++ | ++ | 7 |
| 7 | + | ++ | ++ | +++ | 8 |
| 8 | + | ++ | ++ | +++ | 8 |
| 9 | +++ | ++ | +++ | ++ | 10 |
| 10 | +++ | ++ | ++ | ++ | 9 |
| 12 | ++ | ++ | ++ | +++ | 9 |
| 13 | +++ | ++ | ++ | ++ | 9 |
| 18 | + | ++ | + | +++ | 7 |
| 20 | + | +++ | ++ | +++ | 9 |
| 21 | ++ | ++ | ++ | +++ | 9 |
| 22 | ++ | ++ | ++ | +++ | 9 |
| 23 | + | +++ | +++ | +++ | 10 |
| 26 | + | ++ | +++ | +++ | 9 |
| 27 | + | ++ | ++ | +++ | 8 |
| 28 | +++ | ++ | ++ | +++ | 10 |
| 29 | ++ | ++ | ++ | +++ | 9 |
| 30 | ++ | +++ | +++ | +++ | 11 |
| 32 | + | +++ | +++ | +++ | 10 |
| 33 | + | ++ | +++ | +++ | 9 |
| 35 | +++ | ++ | ++ | ++ | 9 |
| 36 | +++ | ++ | + | ++ | 8 |
| 37 | + | ++ | + | +++ | 7 |
| 41 | + | ++ | + | +++ | 7 |
| 42 | + | ++ | + | +++ | 7 |

| Numéro de l'annexe | Gain en brochets | Gains écologiques | Coût des travaux préconisés | Faisabilité des travaux | Résultat |
|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------------|----------|
| 43 | + | + | +++ | +++ | 8 |
| 44 | + | + | ++ | +++ | 7 |
| 45 | + | ++ | + | +++ | 7 |
| 47 | + | ++ | ++ | +++ | 8 |
| 48 | ++ | ++ | ++ | +++ | 9 |
| 49 | ++ | ++ | ++ | ++ | 8 |
| 50 | ++ | ++ | + | +++ | 8 |
| 51 | + | ++ | ++ | +++ | 8 |
| 55 | + | ++ | +++ | +++ | 9 |
| 57 | + | ++ | ++ | +++ | 8 |
| 58 | +++ | ++ | ++ | ++ | 9 |
| 60 | +++ | ++ | + | ++ | 8 |
| 61 | + | ++ | ++ | +++ | 8 |
| 62 | + | ++ | +++ | ++ | 8 |
| 63 | + | ++ | ++ | ++ | 7 |
| 65 | + | ++ | +++ | ++ | 8 |
| 66 | + | + | ++ | ++ | 6 |
| 69 | + | ++ | ++ | ++ | 7 |
| 70 | ++ | ++ | ++ | +++ | 9 |
| 71 | + | ++ | ++ | ++ | 7 |
| 72 | + | ++ | ++ | +++ | 8 |
| 73 | + | ++ | ++ | +++ | 8 |
| 75 | + | ++ | +++ | +++ | 9 |
| 77 | ++ | ++ | + | ++ | 7 |
| 80 | + | ++ | +++ | +++ | 9 |
| 81 | ++ | ++ | ++ | +++ | 9 |
| 83 | + | ++ | + | +++ | 7 |
| 85 | + | ++ | +++ | +++ | 9 |

5.2 Perspectives de restauration

Comme il a été montré, les gravières et zones artificielles sont extrêmement nombreuses, notamment sur le secteur amont du linéaire étudié. Elles s'organisent généralement en « complexes » de plusieurs étangs ou anciennes zones d'extraction (parfois intégrées au lit mineur de la rivière comme les annexes 47, 29, 22) et ressortent comme des annexes aux gains potentiels en brochets importants (les zones artificielles intégrées au lit mineur sont généralement très fonctionnelles aussi). **Dans le cadre d'un travail complémentaire et de projets de restauration, il serait pertinent d'étudier ces groupes d'annexes pour développer leur connectivité hydraulique entre annexes et avec la rivière.** Les bénéfices en termes de production de brochets et en termes de gains écologiques pour le Cher pourraient être très importants.

Concernant l'état des lieux de la fonctionnalité des annexes fluviales, les fonctionnalités obtenues montrent que les milieux à fort courant ne sont pas assez pénalisés. C'est notamment le cas de l'annexe 83 « Chenal de la Maillerie » qui a obtenu une note de 72,4 alors qu'un fort courant la traverse, même à l'étiage.

Enfin, le rôle pour le Cher aval des gravières qui possèdent une forte production de brochets et de forts gains en cas de travaux est à relativiser. Concernant la production de brochets, les individus produits par les grands milieux sont relativement profitables au Cher car les individus peuvent rester toute leur vie dans ces milieux sans aller dans la rivière, surtout que la connexion entre les anciennes gravières et le Cher est rarement optimale. Par ailleurs, il est possible que la migration vers la rivière se fasse tout de même lorsque la capacité d'accueil de la gravière est saturée. **Ce point reste à préciser dans les futurs projets.** En effet, alors que l'assèchement des formations naturelles oblige les géniteurs et les brochetons à migrer vers la rivière, les gravières et zones artificialisées peuvent devenir le lieu de vie constant pour certains individus. A l'inverse, la capacité des zones artificialisées à être des zones « refuges » lors des étiages doit être prise en compte. **De manière générale, les résultats et leur interprétation pour les annexes de grande superficie sont davantage biaisés que pour les autres.**

Dans la continuité de cette étude, plusieurs projets pourront être mis en place. Un suivi des annexes hydrauliques à forts enjeux semble primordial. Il pourra notamment s'articuler à l'aide d'inventaires piscicoles permettant de statuer sur la fonctionnalité et la productivité des annexes en brochets. Pour de faibles coûts, l'entretien des annexes les plus fonctionnelles et les plus productives pourra être réalisé pour maintenir la population en place. Grâce à l'outil d'aide à la décision, les acteurs du Cher ont désormais un aperçu des annexes qui peuvent faire l'objet de travaux de restauration. Les objectifs de ces travaux pourront facilement prendre en compte l'impact sur le brochet, mais aussi sur les gains écologiques multiples, les coûts et la faisabilité des travaux. Pour le fonctionnement global du Cher, des opérations favorisant la restauration d'annexes naturelles et de la dynamique latérale de la rivière doivent être promues. Ces actions doivent notamment être envisagées dans le secteur aval où la rivière possède une dynamique latérale plus importante. Pour agir de manière plus

durable sur le fonctionnement du Cher et son territoire, les travaux sur les annexes hydrauliques devront intégrer à la fois des objectifs écologiques (piscicoles mais pas seulement) et des objectifs hydromorphologiques. En effet, la restauration de ces annexes pour le brochet peut avoir des effets plus mitigés sur les biocénoses du milieu (AESN, 2007). L'exemple le plus simple correspond à la reconnexion de l'annexe à la rivière. Un chenal de connexion situé à l'aval sera favorable à la reproduction des espèces phytophiles, alors que pour le fonctionnement sédimentaire de la rivière un chenal situé à l'amont est régulièrement préconisé. Le choix doit dépendre de la typologie de l'annexe hydraulique.

Certains outils peuvent permettre une analyse plus précise et plus efficace des annexes hydrauliques du cours d'eau. A l'aide des SIG et de la télédétection, l'identification des sites et de leurs caractéristiques peut être facilitée. En effet, des modèles numériques de terrain (MNT) ou encore des images satellites utilisant la technologie LIDAR (« laser imaging detection and ranging ») permettraient d'avoir facilement des informations sur le contexte topographique du tronçon et donc des annexes hydrauliques.

Le travail effectué met donc en évidence le besoin d'informations complémentaires pour la caractérisation du fonctionnement des annexes. Dans ce cadre, des capteurs de pression installés dans les annexes permettraient d'avoir des informations cruciales sur la relation entre la hauteur d'eau et le débit de la rivière.

En termes de proposition de restauration, l'annexe 60 « Gravière de la Vauvre » apparaît comme l'annexe hydraulique aux plus forts enjeux en raison de sa superficie (14 ha environ) qui conditionne sa production de brochet et les gains envisageables. De plus, cette ancienne gravière fait partie de l'ENS de la Vauvre au même titre que les annexes 58, 61 et 62. L'inscription de ces sites dans l'ENS pourrait permettre de faire apparaître un projet ambitieux pour le Cher et son territoire, notamment par le développement de la connectivité hydraulique entre les milieux.

6 - Conclusion

L'inventaire et l'expertise des annexes hydrauliques sur le Cher dans le département de l'Allier portée par la FDPPMA 03 fait ressortir de nombreuses opportunités pour le territoire et ses acteurs. En effet, l'état des lieux effectué a permis de dresser un portrait général des caractéristiques fluviales du Cher sur 53 km de son linéaire sur le contexte Cher Aval identifié dans le Plan Départemental pour la Protection des milieux aquatiques et la Gestion des ressources piscicoles (PDPG, 2020). L'héritage des activités anthropiques qui ont façonné les dynamiques du Cher est la cause de nombreuses perturbations largement perceptibles encore aujourd'hui. C'est le cas des anciennes zones d'extractions de granulats qui sont omniprésentes sur les bords du Cher, principalement à l'aval de la ville de Montluçon. Parfois directement intégrées au lit mineur de la rivière, ces anciennes gravières ont de nombreux impacts sur le fonctionnement global du Cher. Dans ces secteurs, le Cher est très fortement restreint latéralement par des berges artificielles et des remblais. Ces ouvrages qui peuvent même s'apparenter à des digues diminuent considérablement le potentiel écologique et écosystémique de la rivière, en réduisant la connectivité et la diversité des zones humides du Cher. En plus de ces contraintes morphologiques, le barrage de Rochebut-Prat situé 12 km à l'amont de Montluçon est responsable de la dérégulation du régime hydrologique de la rivière. En effet, les marnages quotidiens génèrent des variations du débit du Cher, des niveaux d'eau et donc des échanges entre les différents habitats fluviaux (lit mineur et lit majeur). Pour la biodiversité les conséquences sont majeures, avec une dérégulation de la saisonnalité et des débits qui se réduisent d'années en années (40 jours entre mai et juin où le débit a été inférieur au débit minimum d'étiage). Le fonctionnement de ce barrage répond à la demande en électricité des communes voisines, ainsi que le maintien d'un niveau d'eau minimum garantissant son fonctionnement optimal. Compte tenu de l'intensification des effets du dérèglement climatique (sécheresses et crues extrêmes plus régulières), l'adaptation de ces ouvrages et des usages de l'eau devient urgente pour assurer le maintien d'un débit optimal pour les écosystèmes et les territoires.

Le travail de prospection a permis d'identifier **85 potentielles annexes hydrauliques** et 80 (91,8 ha) ont fait l'objet d'un premier travail de caractérisation sur le terrain. De nombreuses données capitalisées par la FDPPMA 03 dans le cadre de cette étude restent disponibles pour les acteurs du territoire du Cher. L'expertise s'est basée sur leur fonctionnalité comme zone de reproduction pour les espèces phytophiles du Cher, et notamment le brochet identifié comme espèce repère dans le PDPG. Toutes les potentielles annexes ne répondant pas à des critères nécessaires pour leur analyse (distance et échanges hydrologiques avec la rivière, etc.) ont été écartées et 55 d'entre elles ont été retenues pour une expertise approfondie. Leurs répartitions et leurs caractéristiques avec le Cher aval sont hétérogènes, mais les zones artificielles ressortent comme la typologie d'annexe la plus représentée en termes de nombre, et très largement en termes de surface occupée avant les bras morts. Le choix de la séparation du tronçon en deux secteurs amont et aval a permis de montrer que près de 70 % de la surface des annexes est positionnée dans le secteur amont. Ensuite l'étude de la fonctionnalité des

annexes pour la reproduction du brochet a mis en évidence qu'elles possèdent majoritairement une fonctionnalité moyenne, à la fois par rapport au nombre d'annexes et à leur superficie globale, avec respectivement environ 60 % et 70 %. De plus, le secteur amont dépasse largement les capacités du secteur aval, avec près de 40 ha d'annexes à la fonctionnalité moyenne et forte contre 4,04 ha pour le secteur aval. Malgré la plus faible proportion de bras morts, ce type d'annexe apparaît comme le plus fonctionnel pour la reproduction du brochet, avant les zones artificielles et les chenaux tertiaires. Les annexes fluviales les plus productives en brochets adultes sont les zones artificielles en raison de leur importante superficie. Elles pourraient donc participer très majoritairement à la production théorique annuelle de brochets par les annexes du Cher aval, estimée à 11 870 individus. Le travail de hiérarchisation de ces annexes a nécessité l'évaluation du fonctionnement hydraulique de chacune d'entre elles, et c'est notamment ce fonctionnement qui permet d'estimer les pertes de production de brochets des annexes. Ces pertes, ou gains potentiels en cas de travaux de restauration de la connexion, sont les conséquences du dysfonctionnement du chenal entre l'annexe et la rivière.

De ce fait, les 8 annexes identifiées avec le plus de pertes de brochets (presque exclusivement des zones artificielles), sont celles dont les opérations de restauration de la connexion seraient les plus pertinentes pour augmenter la population de brochets. Une approche par les annexes possédant déjà une connexion avec la rivière a été effectuée et permet de montrer que dans le cadre d'actions de restauration multiples sur ces milieux déjà connectés, les annexes naturelles (bras morts, chenaux tertiaires, etc.) auraient de nombreux bénéfices pour le Cher. Des opérations de restauration de leurs connexions (entretien ou retalutage léger) permettraient d'avoir un gain en brochets quasi-équivalent aux zones artificialisées déjà connectées. Restaurer ces annexes naturelles aurait surtout un gain écologique global (biodiversités, dynamiques fluviales, etc.) très important qu'il serait nécessaire d'approfondir davantage.

Plusieurs limites ont été identifiées. Elles sont représentatives de l'hétérogénéité des annexes du Cher et des difficultés méthodologiques à les comparer. Pour accompagner les décideurs dans le choix des milieux à restaurer, un outil d'aide à la décision a été élaboré. Il résume l'efficacité du projet de restauration dans une approche coûts/bénéfices. Il permet au potentiel porteur de projet d'avoir une vision d'ensemble des possibilités de travaux, de leur faisabilité, des gains écologiques et des gains en brochets de chaque annexe fluviale étudiée. Dans la continuité de cette étude, des porteurs de projets peuvent envisager des actions de restauration écologique sur le Cher dans le département de l'Allier. En s'appuyant sur ce travail, ils doivent rapidement définir les objectifs de leurs projets avant de réaliser le choix des annexes fluviales pouvant être restaurées, aménagées. Dans une démarche de gestion intégrée, de valorisation et de restauration du Cher, la reproduction du brochet ne peut pas être le seul objectif envisagé. Les actions de restauration doivent nécessiter des études complémentaires pour permettre aux annexes hydrauliques de rendre au mieux leurs services écosystémiques pour le territoire.

Bibliographie

AEAG, (2016), *SDAGE 2016-2021*, 296 p.

AELB, (2014), *Etat des lieux 2013 du bassin Loire Bretagne*, Chapitre 1, 271 p.

AERMC, (2014), *Détermination des coûts de référence des travaux de restauration hydromorphologique des cours d'eau et conception d'une base de données de projets et d'un outil d'estimation du coût du volet hydromorphologie des programmes de mesures 2016-2021*, 72 p.

AERMC, (2015), *SDAGE 2016-2021 du bassin Rhône-méditerranée*, 507 p.

AESN, (2007), *Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau*, 64 p.

AMOROS C., PETTS G.E., (1993), *Hydrosystèmes fluviaux*, Collection d'écologie n°24, 300 p.

AMOROS C., BORNETTE G., (2002), *Connectivity and biocomplexity in waterbodies of riverine floodplains*, *Freshwater Biology* 47, 761-776.

CHANCEREL F., (2003), *Le Brochet Biologie et Gestion*, Conseil Supérieur de la Pêche, 199 p.

COSSALTER F., (2011), *Des carrières alluviales aux captures dans la vallée du Cher. Analyses spatiales et méthodes de mesures des impacts hydrologiques et sédimentaires*, Mémoire de Master 2 de Géographie, Université Paris 1, 174 p.

DDT 03, (2021), *Révision du Plan de Prévention des Risques inondation de la rivière Cher et de ses affluents sur le territoire de l'agglomération montluçonnaise*, 38 p.

EPTB LOIRE, (2015), *Plan d'Aménagement et de Gestion Durable du SAGE Cher amont*, 150 p.

GEO-HYD, (2008), *Diagnostic du SAGE Cher amont*, 93 p.

DEPRET T., (2014), *Fonctionnement morphodynamique actuel et historique des méandres du Cher*, Université Paris 1, 514p.

FEUNTEUN E., PERSAT H., ALLARDI J., KEITH P., (2011), *Les Poissons d'eau douce de France*, Biotope Edition, Collection Inventaires & Biodiversité, publication scientifique du Muséum, 552 p.

FDPPMA 03, (2018), *Evaluation de la fonctionnalité des annexes hydrauliques du Val d'Allier pour l'espèce brochet*, 63 p.

FDPPMA 03, (2020), *Plan Départemental pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion de la ressource piscicole*, 618 p.

FDPPMA 03, (2020), *Inventaire et expertise des annexes hydrauliques du fleuve Loire et proposition de gestion*, 53 p.

FNPF, AEAG, (2014), *Guide technique pour la restauration des frayères à brochet*, 24 p.

IPCC, (2022), *Climate Change 2022 : Impacts, Adaptation and Vulnerability*, 3068 p.

LAURANS Y., CATTAN A., DUBIEN I., (1996), *Les services rendus par les zones humides à la gestion des eaux : évaluations économiques pour le bassin Seine-Normandie*, Agence de l'eau Seine-Normandie, n.p.

LE COZ J., (2007), *Fonctionnement hydrosédimentaire des bras-morts de rivière alluviale*, n.p.

MALAVOI J.R., SOUCHON Y., (1996), *Dynamique fluviale et dynamique écologique*, Houille Blanche-revue International de l'Eau, Vol. 51, 98-107

MALAVOI J.R, BRAVARD J.P, (2010), *Éléments d'hydromorphologie fluviale*, ONEMA, 224 p.

MALAVOI J.R, GARNIER C.C, LANDON N., RECKING A., BARAN P., (2011), *Éléments de connaissance pour la gestion du transport solide en rivière*, ONEMA, 2016 p.

ONEMA, OFB, (2010), *Le recueil d'expériences sur l'hydromorphologie*, n.p.

RAPIN A., FONTANEL F., CHAMBAUD F., (2021), *Fonctions hydrologique, biogéochimique et biologique des zones humides : éléments de connaissance*, Collection eau & connaissances, AERMC, 198 p.

THOMAS O, GERMAINE M.A, (2018), *La restauration de la continuité écologique des cours d'eau et la pêche de loisir : héritages, changements et enjeux*, Norois, 43–60, 249 p.

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

TRIPOZ, (2021), *Synthèse des suivis sur les milieux aquatiques autour de la retenue de Rochebut 2014-2019*, EDF, 16p

6.1.1 Table des figures

Figure 1 : Localisation du bassin versant du Cher

Figure 2 : Les départements traversés par le Cher

Figure 3 : Géologie du bassin versant du Cher et de la Loire (DEPRET, 2014)

Figure 4 : Les températures à Bourges

Figure 5 : La pluviométrie annuelle sur le bassin versant du Cher (DEPRET, 2014)

Figure 6 : Les précipitations à Bourges

Figure 7 : Caractéristiques hydrologiques générales

Figure 8 : Hydrogramme des débits mensuels moyens interannuels à Montluçon. Source : hydro.eaufrance

Figure 9 : Evolution du secteur de la Bourse à Audes depuis 1971

Figure 10 : Les collectivités territoriales du Cher aval

Figure 11 : Profil en long du Cher aval (PDPG 2020)

Figure 12 : Caractéristiques générales du complexe Rochebut-Prat. Sources : Diag SAGE Cher Amont. * : Consigne d'exploitation Prat

Figure 13 : Indice Poisson Rivière du Cher. Code couleur : orange = mauvais ; jaune = médiocre ; vert = bon. (Sources : PDPG 2020 + données pêches électriques à Saint-Victor)

Figure 14 : Indice Poisson Rivière du Cher. Code couleur : orange = mauvais. (Sources : Données pêches électriques à Vallon-en-Sully)

Figure 15 : Etat des masses d'eau du Cher aval (PDPG, 2020)

Figure 16 : Brochet adulte. Source : L.Hardoin

Figure 17 : Cycle de vie du Brochet (FNPF et AEAG, 2014)

Figure 18 : Les différents types de recouplement des bras morts (AMOROS & PETTS, 1993)

Figure 19 : Pêche électrique sur l'annexe « La Mitte » le 27 avril 2022. Auteur : Hardoin Léo

Figure 20 : Synthèse des critères évalués dans la méthode de notation des annexes

Figure 21 : Localisation des annexes prospectées

Figure 22 : Identification des 80 annexes prospectées

Figure 23 : Effectifs et surfaces cumulées par typologie

- Figure 24 : Répartition des annexes hydrauliques en fonction de leur superficie
- Figure 25 : Répartition des annexes hydrauliques par secteur selon leur typologie
- Figure 26 : Caractéristiques générales des annexes selon les secteurs du Cher aval
- Figure 27 : Représentativité de l'effectif et de la surface des annexes selon leur fonctionnalité de frayère à brochet
- Figure 28 : Proportion des types d'annexes fluviales les plus fonctionnelles
- Figure 29 : Les annexes hydrauliques du Cher à la meilleure fonctionnalité de frayère à brochet
- Figure 30 : Capacité d'accueil (SFR) et perte de fonctionnalité des annexes du Cher aval
- Figure 31 : Production de brochets selon le secteur
- Figure 32 : Extrêmes et quartiles des données sur la production de brochets
- Figure 33 : Moyenne de production de brochets selon la typologie ou le secteur étudié.
- Figure 34 : Population fonctionnelle et fonctionnalité des annexes les plus productives
- Figure 35 : Les annexes hydrauliques du Cher à la productivité fonctionnelle la plus importante
- Figure 36 : Somme et proportion des pertes de PopF par typologie d'annexe
- Figure 37 : Les annexes hydrauliques avec le plus de perte de population fonctionnelle.
- Figure 38 : Somme et proportion des pertes de population Popf pour les annexes ayant une ou plusieurs connexions
- Figure 39 : Les annexes présentant le plus de perte de brochets et possédant un ou plusieurs chenaux de connexion
- Figure 40 : Définition des classements du critère gain en brochet
- Figure 41 : Définition des classements du critère gains écologiques
- Figure 42 : Définition des classements du critère coût des travaux
- Figure 43 : Définition des classements du critère faisabilité des travaux
- Figure 44 : Résultat de l'analyse des annexes par une approche coûts/bénéfices

Note méthodologique

Méthodologie exhaustive de notation de la fonctionnalité des annexes hydrauliques du Cher (12p)

Note de « fonctionnement hydraulique » :

Des grilles de notation des dynamiques hydrologiques des annexes ont été élaborées, notamment par rapport aux chenaux de connexion qui constituent le lien indispensable entre le Cher et les annexes prospectées. Ainsi 5 critères ont été étudiés (N1 à N5) dont le cumul des notes évaluera le fonctionnement hydrologique global de chaque annexe par rapport à la rivière. Il s'agira d'une note sur 46 points attribués selon les modalités suivantes : (Il est important de rappeler que cette méthode tend à favoriser les annexes se rapprochant de l'idéal théorique de la frayère à brochet).

N1 :

Cette notation distingue les différents types de chenaux de connexion (figure n°1). Au regard des caractéristiques optimales des frayères à brochet (vitesse d'eau dans l'annexe) ainsi que de la durabilité de connexion entre l'annexe et la rivière (processus de sédimentation et de comblement), la note la plus élevée est attribuée à la connexion aval et la plus faible à l'absence de connexion. Concernant la vitesse des écoulements et donc la capacité de transport des matériaux solides dans la connexion puis dans l'annexe, celle-ci sera moins importante pour une connexion aval que pour une connexion latérale. Une connexion amont engendrera quant à elle les vitesses les plus élevées. Pour ces mêmes processus, le type « Latérale + Amont ou Aval » aura un impact moins important sur l'annexe que « Amont + aval ». En effet, une connexion amont et aval va induire des vitesses d'écoulement plus élevées sur la totalité de l'annexe.

| Type de chenal de connexion | Note |
|-----------------------------|------|
| Aval | 5 |
| Latérale | 4 |
| Latérale + Amont ou Aval | 3 |
| Amont + Aval | 2 |
| Amont | 1 |
| Aucune | 0 |

Figure 1 : Notation de N1

N2 :

Cette notation qualifie la fréquence de connexion des annexes en fonction de la présence ou l'absence de chenal connexion, du débit observé le jour de la prospection ainsi que des valeurs

de débits spécifiques lors des périodes de fraie du brochet (février et mars) et de migration vers la rivière des brochetons. Le second objectif de cette note est d'identifier si les annexes sont généralement connectées ou non durant les deux périodes (février et mars, mai). Le tableau ci-dessous détaille les données utilisées.

| Donnée utilisée | Explications |
|--|---|
| Débit moyen journalier du jour de prospection. | Ce débit noté Q_j , exprimé en m^3/s , permet de situer le contexte hydrologique durant lequel la prospection de terrain a été réalisée. |
| Moyenne des débits moyens mensuels interannuels de février et mars calculée sur la période 2005 – 2022 | Ce débit noté Q_{fm} , exprimé en m^3/s , correspond aux conditions hydrologiques moyennes des mois de février et mars. Il s'établit à $22,85 m^3/s$ (moyenne entre le débit moyen mensuel interannuel de février ($27,9 m^3/s$) et celui de mars ($17,8 m^3/s$). Source : hydro.eaufrance consultée le 19/04/2022 |
| Débit moyen mensuel interannuel de mai calculée sur la période 2005-2022 | Ce débit noté Q_m , exprimé en m^3/s , correspond aux conditions hydrologiques moyennes des mois de mai. Il s'établit à $14,8 m^3/s$. Source : hydro.eaufrance consultée le 04/05/2022. |

figure 2 : Données utilisées pour N2

Cinq catégories de fréquences ont été choisies pour caractériser les connexions : Toujours (T), très régulièrement (TR), régulièrement (R), exceptionnellement (E), très exceptionnellement (TE). En vue de pouvoir attribuer une note aux caractéristiques observées sur le terrain (FDPPMA 03 2018, 2020), le vocabulaire employé ne reflète pas exhaustivement la fonctionnalité des chenaux de connexions des annexes (Cf Partie 4 Discussion). De plus, les termes choisis reflètent seulement le panel de débits pris en compte au travers de la méthode de calcul mise en place pour cette note. Par exemple, une fréquence de connexion catégorisée « toujours » ne prend pas en compte les conditions hydrologiques extrêmes comme les étiages sévères du fait que l'on s'intéresse qu'aux mois de février, mars et mai.

La méthode de notation se déroule en plusieurs étapes et offre 6 possibilités. Pour chaque annexe, ce sont au maximum 2 chenaux de connexion qui vont faire l'objet de cette notation. Dans le cas des annexes comportant des îles fluviales ou des atterrissements (présence de 3 chenaux de connexion dans ce cas), les 2 chenaux de connexions pris en compte sont ceux identifiés sur le terrain comme les plus régulièrement inondés. Pour les annexes ayant un seul chenal de connexion identifié, la note finale est multipliée par 2. On retrouve la démarche réalisée pour le mois de février et mars dans le tableau suivant :

| Possibilités | Connecté « C » ou déconnecté « D » | Qj | Relation Qj à Qfm | Valeurs prises en compte | Fréquence attribuée | Incertitude | Note |
|--------------|---|----|----------------------|--|------------------------|-------------|------|
| | C / D | | < / = / > | | | | |
| 1 | C | Qj | < | $Qj < Q_{fm} - 10\%Q_{fm}$ | T | Nulle | 8 |
| 2 | C | Qj | = | $Q_{fm} - 10\%Q_{fm} < Qj < Q_{fm} + 10\%Q_{fm}$ | TR | Négligeable | 6 |
| 3 | C | Qj | > | $Q_{fm} + 10\% < Qj$ | Sur le terrain | Forte | |
| 3.1 | C | Qj | > | $Q_{fm} + 10\% < Qj$ | TR | Forte | 6 |
| 3.2 | C | Qj | > | $Q_{fm} + 10\% < Qj$ | R | Forte | 4 |
| 3.3 | C | Qj | > | $Q_{fm} + 10\% < Qj$ | E | Forte | 2 |
| 3.4 | C | Qj | > | $Q_{fm} + 10\% < Qj$ | TE | Forte | 0 |
| 4 | D | Qj | < | $Q_{fm} - 10\% > Qj$ | Sur le terrain | Forte | |
| 4.1 | D | Qj | < | $Q_{fm} - 10\% > Qj$ | TE | Forte | 8 |
| 4.2 | D | Qj | < | $Q_{fm} - 10\% > Qj$ | E | Forte | 6 |
| 4.3 | D | Qj | < | $Q_{fm} - 10\% > Qj$ | R | Forte | 4 |
| 4.4 | D | Qj | < | $Q_{fm} - 10\% > Qj$ | TR | Forte | 2 |
| 5 | D | Qj | = | $Q_{fm} - 10\%Q_{fm} > Qj > Q_{fm} + 10\%Q_{fm}$ | TR | Négligeable | 2 |
| 6 | D | Qj | > | $Qj > Q_{fm} + 10\%Q_{fm}$ | T | Nulle | 0 |

Figure 3 : Démarche de notation de N2 pour le mois de février/mars

Pour les possibilités 1 à 3.4, il s'agit d'une fréquence de connexion qui est obtenue. Les points attribués à chaque chenal de connexion croissent en partant d'une connexion très exceptionnelle (TE) à toujours (T) en eau. Pour les possibilités 4.1 à 6, il s'agit d'une fréquence de déconnexion. Les notes croissent à partir d'une annexe toujours déconnectée à la rivière à une annexe très exceptionnellement déconnectée.

| Valeurs prises en compte | |
|--------------------------|--------|
| Qfm + 10%Qfm | 25,135 |
| Qfm | 22,85 |
| Qfm - 10%Qfm | 20,565 |

Figure 4 : Valeurs associées pour le mois de février/mars

Les valeurs prises en compte ont été établies pour valoriser les débits des jours de prospection. Les catégories mises en place (+10% et -10%) ont été établies à dire d'expert pour englober les relatives faibles variations de débit.

Concernant les possibilités 3.1 à 4.4, leur caractérisation est assez délicate car elles mettent en avant une des limites principales à l'analyse, qui correspond aux conditions hydrologiques du jour du diagnostic. En effet, pour les possibilités 3.1 à 3.4, la présence d'une connexion entre une annexe et la rivière avec un débit supérieur à Qfm ne permet pas de statuer sur le maintien de cette connexion avec des conditions hydrologiques égal à Qfm. Pour les possibilités 4.1 à 4.4, la limite est identique avec une déconnexion observée le jour de prospection, mais avec Qj qui est inférieur au débit recherché (Qfm). De ce fait, pour toutes ces possibilités avec une « forte » incertitude, il sera recommandé de réaliser une nouvelle prospection lorsque les conditions hydrologiques se rapprocheront au maximum des débits recherchés.

Pour les possibilités 3.1 à 4.4, c'est-à-dire celles ayant une forte incertitude, la définition de la fréquence de connexion ne sera pas réalisée par le calcul. En effet, la fréquence sera établie grâce aux observations lors de la journée de prospection. Lors de ces prospections, 4 fréquences de connexion pouvaient être identifiées (TR, R, E, TE). Les notes attribuées se retrouvent alors dans la figure n°6.

Cette démarche est alors répétée pour caractériser la présence ou l'absence de connexion lors du mois de mai, ainsi que la fréquence. Les valeurs de débit recherché (Q_m) sont visibles dans le tableau 5 ci-contre. De plus, une différence de notation est effectuée par rapport à la situation du mois de février/mars car cette période permet aux géniteurs d'accéder à la frayère (figure n° 6). En effet, l'inondation du chenal de connexion à cette période précise est indispensable pour permettre l'accès au lieu de ponte, alors que les brochetons vont continuer leur cycle naturel de croissance dans l'annexe jusqu'à l'arrivée de conditions hydrologiques favorables pour migrer vers la rivière. C'est pour cela qu'un nombre de points plus important est attribué aux fréquences de connexion de février/mars.

| Valeurs prises en compte | |
|--------------------------|-------|
| $Q_m + 10\%Q_m$ | 16,28 |
| Q_m | 14,8 |
| $Q_m - 10\%Q_m$ | 13,32 |

Figure 5 : Valeurs associées pour le mois de mai

La note maximale qu'il est possible d'obtenir avec cette note est de 24 points. Elle correspond à une annexe qui serait toujours connectée à la rivière (ou très exceptionnellement déconnecté) par deux chenaux de connexion, à la fois au mois de février/mars et au mois de mai.

| Possibilités | Fréquence attribuée | Note |
|--------------|---------------------|------|
| 1 | T | 4 |
| 2 | TR | 3 |
| 3.1 | TR | 3 |
| 3.2 | R | 2 |
| 3.3 | E | 1 |
| 3.4 | TE | 0 |
| | | |
| 4.1 | TE | 4 |
| 4.2 | E | 3 |
| 4.3 | R | 2 |
| 4.4 | TR | 1 |
| 5 | TR | 1 |
| 6 | T | 0 |

Figure 6 : Notation des fréquences de connexion pour le mois de mai

N3 :

Cette notation va mettre en lien le type de chenal de connexion de l'annexe étudiée avec la fréquence obtenue pour le mois de février/mars à partir de la méthode mise en place dans la note précédente N2. Il a été décidé de prendre en compte seulement les fréquences de cette période. Il s'agit de la période la plus sensible pour les œufs et les alevins. De plus, les juvéniles de brochets peuvent vivre un certain temps dans l'annexe (si les conditions le permettent) et attendre une connexion avec la rivière. Elle va permettre de valoriser, ou non, les caractéristiques des connexions en intégrant les impacts qu'elles ont sur le fonctionnement hydraulique de l'annexe. Pour cela, 5 cas ont été identifiés.

Le premier cas correspond à un chenal de connexion aval, c'est-à-dire la situation idéale comme cela a été expliqué dans le N1. De ce fait, un gradient de la note en fonction de sa fréquence de connexion (C) ou de déconnexion (D) varie de 10 à 0, où 10 est la meilleure note pouvant être obtenue pour N3 (figure n°7). Un gradient de points attribués entre le cas 1 à 3 a été mis en place (figure n°7, 8, 9). **Ces situations interviennent lorsqu'un seul chenal de connexion est identifié.**

| Cas 1 : Aval | | |
|---------------------------|--------|--------|
| Fréquence attribuée en N2 | Note C | Note D |
| T | 10 | 0 |
| TR | 8 | 4 |
| R | 6 | 6 |
| E | 4 | 8 |
| TE | 0 | 10 |

Figure 7 : Note pour le cas 1

| Cas 2 : Latéral | | |
|---------------------------|--------|--------|
| Fréquence attribuée en N2 | Note C | Note D |
| T | 9 | 0 |
| TR | 7 | 3 |
| R | 5 | 5 |
| E | 3 | 7 |
| TE | 0 | 9 |

Figure 8 : Note pour le cas 2

| Cas 3 : Amont | | |
|---------------------------|--------|--------|
| Fréquence attribuée en N2 | Note C | Note D |
| T | 8 | 0 |
| TR | 6 | 2 |
| R | 4 | 4 |
| E | 2 | 6 |
| TE | 0 | 8 |

Figure 9 : Note pour le cas 3

Pour le cas n°4, **la méthode mise en place est différente car deux chenaux de connexions sont identifiés sur l'annexe, dont un situé latéralement.** Pour prendre en compte l'influence de la vitesse des écoulements quand les deux chenaux de connexion sont en eau, un chenal de connexion principal et secondaire ont été identifiés.

Le chenal principal est celui possédant la fréquence de connexion la plus importante des deux. Dans le cas où les fréquences seraient similaires entre les deux chenaux, il correspond au chenal de connexion attribuant la plus grande note (entre le cas 1, 2 et 3), c'est-à-dire que le chenal principal sera toujours celui aval par rapport à latéral, et celui latéral par rapport à amont. Le chenal secondaire correspond au chenal qui n'est pas principal.

La méthode de notation est la suivante : Il est soustrait, à la note issue du chenal de connexion principal, une note correspondante à la fréquence du chenal secondaire. Ceci a pour objectif d'interpréter les impacts des vitesses d'écoulement dans l'annexe.

Par ailleurs, le courant qui intervient au sein de l'annexe ne va pas influencer les mêmes surfaces de l'annexe en fonction du positionnement des chenaux de connexion. Pour cela 3 positionnements du chenal de connexion latéral ont été identifiés de l'amont vers l'aval durant les prospections de terrain : 1^{er} tiers, 2^{ème} tiers, 3^{ème} tiers. Pour visualiser cela, la figure n°10 ci-dessous explicite un cas particulier, avec une fréquence de connexion « toujours » estimée pour les deux chenaux de connexion, amont, et latéral au 2^{ème} tiers. Il met en avant une situation où la moitié de l'annexe est impacté par le courant. Cette zone ne sera alors plus favorable pour le maintien des œufs sur les végétaux. Dans ce graphique, les points à soustraire à cause du chenal secondaire se retrouvent dans le tableau n°10.

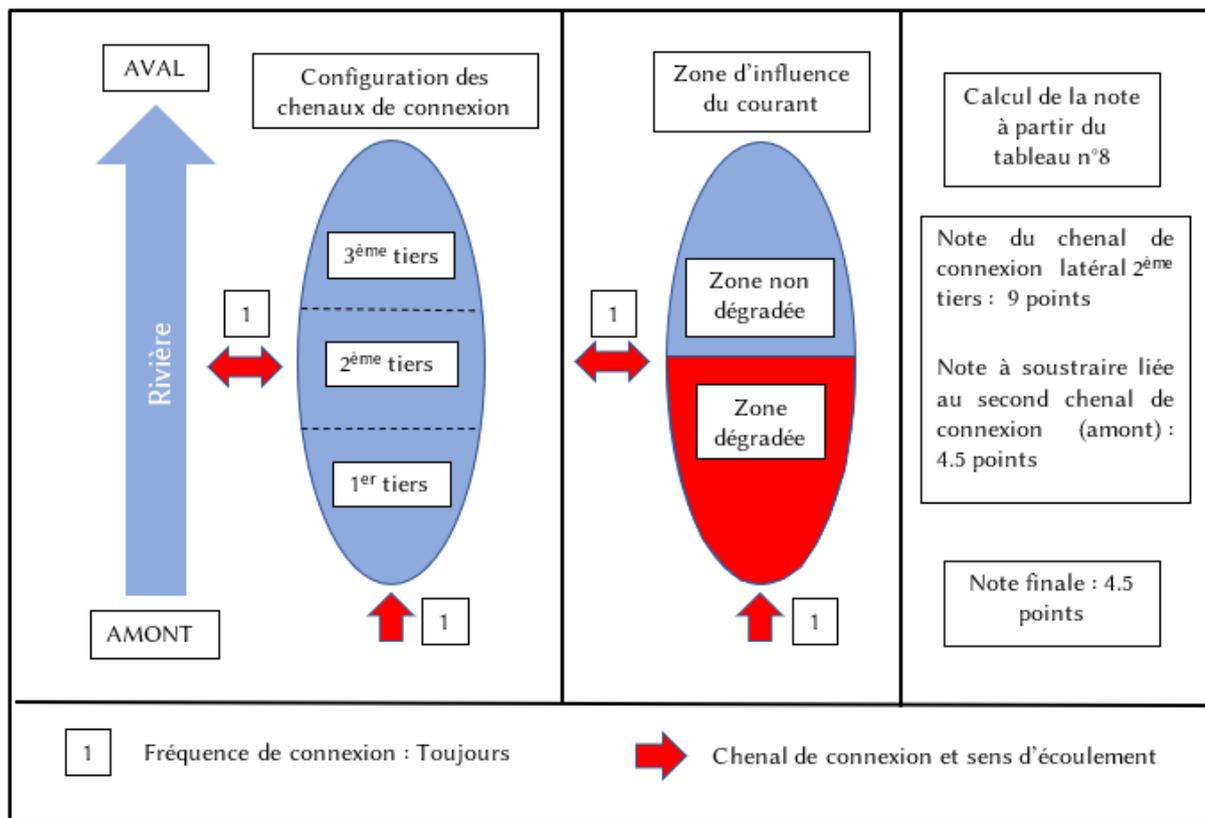


Figure 10 : Notation du cas 4 dans une configuration de chenaux de connexion latéral (2^{ème} tier) et amont

D'autres configurations peuvent être observées. Dans le cas d'un chenal de connexion latéral situé dans le 1^{er} tiers et d'un autre situé à l'amont, les vitesses d'écoulement impacteront, en moyenne, seulement 1 tiers de l'annexe. À l'inverse, avec une configuration similaire du chenal de connexion latéral et un chenal de connexion aval, c'est en moyenne 2 tiers de l'annexe qui vont être dégradés par le courant. **C'est pour cette raison que selon la position du chenal latéral, la note qui est soustraite est différente (figure n°11).**

| Cas n°4 : Latéral et amont ou aval | | | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|--|--|
| Surface moyenne de l'annexe impactée | Fréquence de la seconde connexion | Note C à déduire à la première connexion | Note D à déduire à la première connexion |
| 1 tiers | T | 3 | 0 |
| | TR | 2.5 | 0.5 |
| | R | 1.5 | 1.5 |
| | E | 0.5 | 2.5 |
| | TE | 0 | 3 |
| La moitié | T | 4,5 | 0 |
| | TR | 3,5 | 1,5 |
| | R | 2,5 | 2,5 |
| | E | 1,5 | 3,5 |
| | TE | 0 | 4,5 |
| 2 tiers | T | 6 | 0 |
| | TR | 4.5 | 2 |
| | R | 3.5 | 3.5 |
| | E | 2 | 4.5 |
| | TE | 0 | 6 |

Figure 11 : Notes soustraites au chenal de connexion principal (Cas n°4)

Dans le processus de notation, la note de la connexion principale correspond aux notes mises en avant précédemment dans le cas n°1, 2 et 3. La note de la connexion secondaire sera donc catégorisée en fonction de la surface moyenne de l'annexe impactée (1 tiers, moitié ou 2 tiers) comme il a été expliqué.

Exemple : Le cas de l'annexe « Bras mort de la Bourse » : Cette annexe possède un chenal de connexion aval avec une fréquence de connexion « toujours », elle obtient alors 10 points. Cependant, elle est impactée par un chenal de connexion latérale situé au 1^{er} tiers ayant une fréquence « exceptionnellement » déconnecté. On va alors déduire 3 points au 10 obtenu précédemment ce qui engendre une note finale de 7 points.

Enfin, le cas n°5 (figure n°12) correspond à une annexe comportant deux chenaux de connexion, amont et aval. Son fonctionnement est similaire au cas 4. Cependant, il n'existe pas de catégorisation « 1^{er} tiers, moitié, 3^{ème} tiers ».

| Cas 5 : Amont + aval | | | | | | |
|----------------------|--------|--------|-------------|-----------------|--------|--------|
| Fréquence aval | Note C | Note D | Pondération | Fréquence amont | Note C | Note D |
| T | 10 | 0 | - | T | 10 | 0 |
| TR | 8 | 4 | - | TR | 8 | 4 |
| R | 6 | 6 | - | R | 6 | 6 |
| E | 4 | 8 | - | E | 4 | 8 |
| TE | 0 | 10 | - | TE | 0 | 10 |

Figure 12 : Méthode de notation du cas n°5

Le cas n°6 correspond simplement à l'absence de chenal de connexion. Dans ce cas la note attribuée est de 0.

N4 :

Cette note qualifie les perturbations que peuvent constituer des obstacles à l'écoulement présents sur l'annexe. Ces obstacles peuvent être de différents types : embâcles, topographie, anthropique, etc. (figure n°13).

| Obstacles à l'écoulement | Note |
|--------------------------|------|
| Aucun obstacle | 3 |
| Faible importance | 2 |
| Moyenne importance | 1 |
| Forte importance | 0 |

Figure 13 : Note selon la présence d'obstacles à l'écoulement

N5 :

Cette note permet d'accentuer l'importance de la vitesse des écoulements dans l'annexe. Elle est complémentaire à la méthode mise en place pour N3 qui prend en compte cet élément dans le calcul de la note. La présence d'une vitesse importante dans l'annexe le jour de prospection est associée à la note de 0 (figure n°14). Cette appréciation de la vitesse lors des prospections tient compte des conditions hydrologiques en place. Lors des prospections où le Cher était en étiage, une vitesse faible pouvait, en fonction du contexte et de l'expérience des agents, être qualifié de moyenne pour correspondre au mieux aux dynamiques en place avec des débits largement plus élevés.

| Vitesse de l'eau dans l'annexe | Note |
|--------------------------------|------|
| Nulle | 4 |
| Faible | 3 |
| Moyenne | 1 |
| Importante | 0 |

Figure 14 : Note selon la vitesse de l'eau dans l'annexe

Note « caractéristiques végétative et morphologique » :

Il a été élaboré un système de notation permettant de caractériser la végétation, la morphologie et les perturbations associées de l'annexe. Ce sont ces éléments qui conditionnent la reproduction du brochet dans les annexes fluviales et c'est pourquoi 9 des 14 critères concernent cette catégorie (N6 à N14). Le cumul des 9 notes correspondantes va permettre d'expertiser la fonctionnalité de l'annexe par rapport aux composantes végétales et morphologiques. Il s'agira d'une note sur 106 points. Il est important de rappeler que la méthode mise en place tend à caractériser les annexes par rapport à un idéal théorique de frayère à brochet.

N6 :

Figure 15 : Note selon la végétation dominante

Cette note permet d'attribuer des points en fonction du type de végétation dominant dans l'espace immergé de l'annexe. Elle varie de 0 pour l'absence de végétation à 6 pour un recouvrement majoritaire de l'annexe par des plantes amphibies (tableau n°14). Le gradient mis en place fait état de la qualité de la végétation en tant que support de ponte des femelles brochets ainsi que pour permettre le développement des juvéniles jusqu'à leur migration vers la rivière. La végétation amphibie, les cariçaies et les roselières sont les meilleurs végétaux permettant de répondre à ces attentes (Chancerel, 2003). En effet, ces végétaux sont très recherchés par l'espèce car ils ont la capacité de rester dressés dans l'eau et peuvent donc accueillir une grande quantité d'œufs. Quand ces végétaux sont rares, le brochet peut s'accommoder de divers substrats de ponte (Chancerel, 2003) comme les hydrophytes fixées à feuilles flottantes, les racines et le bois mort. Même si ce type de végétation n'est pas idéal, une valorisation est mise en place car l'absence totale de végétation est un élément rédhibitoire pour la reproduction du brochet.

N7 :

Cette note se base sur le taux de recouvrement de l'espace inondé de l'annexe par les différents types de végétation (figure n°16). Naturellement, plus une annexe hydraulique est composée de végétaux, plus l'annexe devient intéressante pour la reproduction et le développement du brochet. À partir du classement de végétation préférentielle mis en avant en N6, un gradient de la note a été mis en place en fonction du taux de recouvrement. Dans ce sens, pour chaque type de végétation, une note est attribuée et la note globale va correspondre à la somme de chaque type de végétation. La note maximale est de 19 points.

| Végétation dominante dans l'espace immergé | Note |
|--|------|
| Amphibie (hélrophytes) | 6 |
| Roselière et cariçaie | 6 |
| Hydrophytes fixées à feuilles flottantes | 5 |
| Ligneux, racines | 3 |
| Hydrophytes libre flotteurs | 1 |
| Envahissante | 1 |
| Aucune | 0 |

| Type de végétation | Taux de recouvrement | Supérieur à 50% | Entre 25 % et 50 % | Entre 5 % et 25 % | Inférieur à 5% | 0% |
|--|----------------------|-----------------|--------------------|-------------------|----------------|----|
| Amphibie (hélrophytes) | | 8 | 5 | 4 | 2 | 0 |
| Roselière et cariçaie | | 8 | 5 | 4 | 2 | 0 |
| Hydrophytes fixées à feuilles flottantes | | 4 | 2 | 2 | 1 | 0 |
| Racines, branches et bois morts | | 3 | 2 | 2 | 1 | 0 |

Figure 16 : Note selon le recouvrement de l'annexe

N8 :

Cette note est attribuée en fonction de la pente des berges de l'annexe. Les annexes hydrauliques pouvant être d'origine et de forme extrêmement variées, il a été décidé de qualifier la pente des 3 berges les plus importantes en termes de surface occupée. Dans ce sens, la « berge 1 » a une proportion plus importante que la « berge 2 » qui a une proportion plus importante que la « berge 3 ». Un gradient en fonction de la représentativité de ces berges a été instauré (figure n°17). Ensuite, la pente des berges a été estimée « à dire d'expert ». Les pentes les plus douces sont beaucoup plus favorables pour le brochet car ce sont des milieux qui vont être plus régulièrement inondés et qui vont accueillir plus facilement de la végétation amphibie. À l'inverse, les berges à fortes pentes voire abruptes ne sont pas du tout favorables au brochet. Dans le processus de notation, pour les 3 berges, une note est attribuée et la note globale va correspondre à la somme des 3. Cette démarche sera aussi réalisée pour la N9, N10, N11, N12, N13. Pour certaines annexes qui ont été prospectées dans un contexte d'étiage, la berge 3 a été identifiée comme le fond de l'annexe, c'est-à-dire la première zone qui va être inondée avec une faible montée du niveau d'eau. Très régulièrement, cette zone est en pente douce et encore très humide lors de la prospection.

| Pente des berges | Note berge 1 | Note berge 2 | Note berge 3 |
|------------------|--------------|--------------|--------------|
| 0 - 5 % | 5 | 4 | 3 |
| 5 - 20 % | 3 | 2 | 2 |
| 20 - 40 % | 1 | 1 | 1 |
| > 40 % | 0 | 0 | 0 |

Figure 17 : Note selon la pente des berges

N9 :

Cette note distingue les stades de végétation présents sur les berges de l'annexe (figure n°18). Elle reprend la même classification des berges que pour la note précédente. Les différents stades de végétation identifiés sont issus du rapport sur les annexes hydrauliques de l'Allier

(FDPPMA 03, 2020). On y distingue 12 formations que l'on peut retrouver sur la fiche de terrain en annexe. Ces stades de végétation ont été regroupés en fonction de leur qualité en tant que substrat de ponte pour le brochet. La formation végétale est aussi révélatrice des conditions hydrologiques en place, comme la fréquence de submersion par exemple. Les points varient de 0 à 9.

| Stade de végétation des berges | Note berge 1 | Note berge 2 | Note berge 3 |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| De prairie à mégaphorbiaie | 4 | 3 | 2 |
| D'ourlet à saulaie inondable | 2 | 2 | 1 |
| De haie arborée à forêt | 1 | 1 | 0 |
| Terre nue | 0 | 0 | 0 |

Figure 18 : Note selon le stade de développement des berges

N10 :

Cette note permet d'attribuer des points en fonction de la fréquence de submersion des berges. La classification des berges en fonction de leur représentativité de l'annexe est maintenue. Cette appréciation de la fréquence est effectuée selon les observations de terrain. L'expérience des agents tend à identifier le plus clairement cette fréquence. La topographie du site, la pente des berges, la végétation, l'humidité du sol ou encore les laisses de crues sont des éléments permettant d'estimer la fréquence de submersion des berges. La note varie alors de 12 à 0 (figure n°19). Des berges régulièrement à très régulièrement inondées sont des milieux favorables pour la reproduction du brochet.

| Fréquence de submersion | Note berge 1 | Note berge 2 | Note berge 3 |
|-------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Très régulièrement | 5 | 4 | 3 |
| Régulièrement | 3 | 2 | 1 |
| Exceptionnellement | 2 | 1 | 1 |
| Jamais | 0 | 0 | 0 |

Figure 19 : Note selon la fréquence de submersion des berges

N11 :

Cette note permet de qualifier l'intensité d'ombrage sur les 3 berges mis en avant auparavant (figure n°20). L'ombrage ou plutôt l'ensoleillement joue un rôle

| Intensité d'ombrage | Note berge 1 | Note berge 2 | Note berge 3 |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|
| Faible | 4 | 4 | 3 |
| Moyenne | 2 | 2 | 1 |
| Forte | 0 | 0 | 0 |

Figure 20 : Note selon l'intensité d'ombrage

majeur dans le fonctionnement des frayères à brochets. En effet, une annexe qui possède un bon ensoleillement aura tendance à se réchauffer plus rapidement. Ce réchauffement rapide de la température de l'eau est indispensable pour le développement des juvéniles car il est synonyme d'une importante production de plancton. En effet, à la suite la résorption de la vésicule, les juvéniles de brochet sont planctonophages jusqu'à ce que leur taille leur permette de se nourrir d'insectes, puis de petits poissons et d'amphibiens. Pour apprécier sur le terrain l'intensité d'ombrage, les agents jugent de la densité et de la hauteur de la végétation présente sur les berges. Cette végétation favorise des zones d'ombre sur l'annexe au cours de la journée. Cette note varie de 11 à 0.

N12 :

L'état de dégradation des berges identifiées lors des prospections de terrain dépend de l'appréciation de plusieurs facteurs par l'agent : l'érosion, le piétinement, l'effondrement et toutes autres perturbations. Cette note varie de 11 à 0 (figure n°21).

| Etat des berges | Note berge 1 | Note berge 2 | Note berge 3 |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|
| Bon | 4 | 4 | 3 |
| Moyen | 2 | 2 | 1 |
| Mauvais | 0 | 0 | 0 |

Figure 21 : Note selon l'état de dégradation de la berge

N13 :

Cette note permet de qualifier la hauteur des berges (figure n°22). Ce facteur est important car même avec une pente très forte, une berge avec une hauteur inférieure à 50 cm peut se retrouver inondée durant la période des hautes eaux et de ce fait permettre l'accès, pour le brochet, à des potentielles frayères. Cette valeur de 50 cm a été définie au regard de l'évolution des hauteurs d'eau durant la période de fraie du brochet à la station hydrométrique de Montluçon.

| Hauteur de la berge | Berge 1 | Berge 2 | Berge 3 |
|---------------------|---------|---------|---------|
| 0 - 50 cm | 3 | 3 | 2 |
| Supérieur à 50 cm | 0 | 0 | 0 |

Figure 22 : Note selon la hauteur de la berge

N14 :

Cette dernière note met en avant le taux de recouvrement des berges par types de végétation. Comme il a été explicité dans N6 et N7, certains végétaux sont préférentiels pour la reproduction du brochet et c'est en ce sens que leurs proportions sur les berges ont été identifiées (figure n°23). Entre février et mars, lors de la période des hautes eaux, ces berges

peuvent devenir inondées et devenir des zones de frayères extrêmement intéressantes. La note varie de 18 points au maximum à 0 en cas d'absence de végétation.

| Type de végétation | Taux de recouvrement | Supérieur à 50% | Entre 25 % et 50 % | Entre 5 % et 25 % | Inférieur à 5% | 0% |
|---------------------------------|----------------------|-----------------|--------------------|-------------------|----------------|----|
| Amphibie (hélophytes) | | 8 | 5 | 4 | 2 | 0 |
| Roselière et cariçaie | | 8 | 5 | 4 | 2 | 0 |
| Prairie | | 5 | 3 | 3 | 2 | 0 |
| Racines, branches et bois morts | | 3 | 2 | 2 | 1 | 0 |

Figure 23 : Note selon le recouvrement des berges