



DIAGNOSE PISCIAIRE DES PLANS D'EAU DU DOUBS 2019 :

Lac de Chaillexon/Brenets et Retenue de Moron/Châtelot



Version définitive du
28 octobre 2020



Impressum

Maître d'ouvrage

Etablissement Public Territorial du Bassin Saône et Doubs
Personne de contact : Florence Carone
200 rue du Km 400
F-71000 MACON

Mandataires

Teleos sàrl
Les Rangiers 11^e
CH-2883 Montmelon
Tel : +41 78 743 48 00
www.teleos.info

Fédération de pêche du Doubs
4, rue du Dr André Morel
F-25720 Beure
Tel°: +33 381 41 19 09
www.federation-peche-doubs.org

Aquabios sàrl
Les Fermes 57
CH-1792 Cordast
Tel: +41 (0)78 835 73 71
www.aquabios.ch

Document réalisé par

Guy Périat, Jonathan Paris, Hervé Décourcière, François Degiorgi, Teleos
Christian Rossignon, Thomas Groubatch, Thomas Poulleau, Fédération de pêche du Doubs
Pascal Vonlanthen, Thomas Kreienbühl, Aquabios

Page de garde : La retenue de Moron au réveil.

Remerciements

Nous tenons à remercier les collaborateurs de la Fédération de Pêche du Doubs, de l'Office Français de la Biodiversité, du Service de la faune du Canton de Neuchâtel et de l'AAPPMA de Villers-le-Lac pour leur participation enthousiaste à l'échantillonnage de terrain et la mise à disposition de leur documentation.

Table des matières

TABLE DES MATIERES.....	3
RESUME	4
1 INTRODUCTION	5
1.1 LA NECESSITE D'UN SUIVI DES PEUPEMENTS DE POISSONS	5
1.2 LES POISSONS EXCELLENTS BIOINDICATEURS	5
1.3 CONTEXTE ET OBJECTIFS.....	6
1.4 LE LAC DE CHAILLEXON/BRENETS	6
1.5 LA RETENUE DE MORON/CHATELOT	9
2 METHODE	10
2.1 CARTOGRAPHIE DES HABITATS.....	10
2.2 INVENTAIRE PISCIAIRE.....	11
2.3 DONNEES COMPLEMENTAIRES	12
3 RESULTATS	13
3.1 QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE	13
3.2 CARTOGRAPHIE DES HABITATS.....	17
3.3 PEUPEMENT PISCIAIRE.....	20
3.4 COMPARAISON AUX DONNEES HISTORIQUES	32
3.5 COMPARAISON A D'AUTRES LACS.....	34
4 DIAGNOSE ECOLOGIQUE DES PLANS D'EAU DU DOUBS	36
4.1 QUALITE DE L'EAU	36
4.2 HABITATS LITTORAUX	37
4.3 PEUPEMENT PISCIAIRE.....	38
4.4 COMPARATIF TEMPOREL ET AVEC D'AUTRES LACS.....	38
5 CONCLUSION.....	39
6 RECOMMANDATIONS.....	40
7 BIBLIOGRAPHIE	41
8 ANNEXES.....	42
8.1 LISTES DES PRELEVEMENTS GENETIQUES	42

Résumé

En 2019, l'Office Français pour la Biodiversité (OFB), la Fédération de pêche du Doubs et Teleos ont réalisé pour le compte de l'EPTB Saône et Doubs l'échantillonnage pisciaire standardisé du lac de Chaillexon/Brenets et de la retenue de Moron/Châtelot à l'aide de trois protocoles appliqués en parallèle : la pêche aux filets selon la norme CEN (prEN 14757), aux filets verticaux selon Degiorgi et al. [1] et la pêche électrique des habitats de bordure [2]. Il ressort qu'en densité numérique le lac de Chaillexon/Brenets possède 20 fois plus de poissons dans le littoral et 2 à 3 fois plus en pleine eau que la retenue de Moron/Châtelot. Pourtant les deux plans d'eau présentent de fortes similitudes : ils possèdent le même régime hydrologique, la même qualité d'eau non référentielle, une altitude, une morphologie et une profondeur peu différentes ainsi qu'une diversité pisciaire quasi identique. La nature artificielle du plan d'eau de Moron/Châtelot et son marange non naturel lié à l'exploitation hydroélectrique du barrage du Châtelot expliquent l'essentiel des différences trouvées. La qualité d'eau problématique ainsi que l'absence d'un plateau peu profond comme sur l'amont du lac de Chaillexon/Brenets affectent certainement également la qualité du peuplement de poissons.

Comparativement à d'autres plans d'eau régionaux, le lac de Chaillexon/Brenets est hautement productif alors que la retenue de Moron/Châtelot est moins poissonneuse que les remous de la chaîne des ouvrages de la rivière d'Ain. Néanmoins, cette situation est récente. Le rendement de pêche aux filets du lac

de Chaillexon/Brenets a triplé ces 12 dernières années alors que dans le même temps celui du remous du barrage du Châtelot a eu tendance à se réduire.

Les causes de cette évolution paradoxale demeurent inexpliquées, mais la gestion artificielle des niveaux d'eau de la retenue de Moron/Châtelot, les problèmes de qualité d'eau et les assecs récurrents des hauts-fonds observés ces dernières années doivent forcément influencer l'état de conservation des peuplements de poissons.

En matière de diversité, aucune surprise n'est à relever. Les peuplements sont à dominance cyprinicole (gardon, ablette, brèmes) et la présence des 16 espèces observées était connue. A noter que le phénotype du rotengle italien (*S. hesperedicus*) pourtant présent dans la plupart des lacs jurassiens n'a pas été observé.

Afin de contribuer à la protection durable de ces deux plans d'eau, il conviendrait de poursuivre, voire d'intensifier, les efforts consentis pour la sauvegarde de la qualité d'eau, de préserver les habitats littoraux et de lancer un programme ambitieux de restauration des affluents directs ou indirects. Enfin, si le peuplement pisciaire et l'intérêt halieutique de la retenue artificielle de Moron/Châtelot veulent être améliorés, une réflexion sur une gestion « plus proche de la nature » des niveaux d'eau devrait être engagée.

Mots clefs : lac – retenue- poisson – inventaire – conservation - Moron/Châtelot – Chaillexon/Brenets

1 Introduction

1.1 La nécessité d'un suivi des peuplements de poissons

De nombreuses espèces de poissons endémiques vivent dans les lacs alpins et péri-alpins [3, 4], pour lesquels la Suisse et les pays limitrophes ont une responsabilité très particulière. Conformément à l'article de la loi fédérale sur la pêche (art. 1, al. 1, LFP, RS 923.0) et la directive habitats faune flore (DHFF, 92/43/CEE), la biodiversité indigène ainsi que les habitats qui l'abritent doivent être préservés, améliorés ou restaurés. Pour ce faire, chaque état est tenu de suivre l'évolution de la qualité des peuplements biologiques (art. 11, LFP, RS 923.0 & art 8., DCE, 2000/60/CE).

En effet, un écosystème avec les organismes qui y vivent ne peut être protégé et préservé que si son état de conservation est connu. Depuis 2010, dans le cadre et à la suite du programme de recherche « Projet Lac », des relevés complets et standardisés des stocks de poissons présents dans les grands lacs circumalpains sont réalisés d'une manière systématique. Jusque-là, les connaissances étaient principalement basées sur l'expérience des autorités et des pêcheurs, des observations individuelles ainsi qu'une

surveillance ciblée et des études scientifiques centrées sur certaines espèces, comme le corégone (*Coregonus sp.*) en particulier.

Les résultats du "Projet Lac" complètent cette connaissance. Des enseignements surprenants ont été révélés [5]. Par exemple, des espèces jusqu'alors inconnues ont été découvertes, puis distinguées génétiquement. Ces inventaires ont également fourni des informations précieuses sur l'utilisation de l'habitat, sur les densités absolues ou relatives ainsi que la structure de population de chaque espèce de poisson. De plus, l'évolution à plus long terme des stocks pisciaires dans les grands lacs profonds peut être suivie plus en détail et plus précisément. L'état de conservation des peuplements de poissons et la durabilité de la gestion halieutique pourront ainsi être vérifiés en toute objectivité et rigueur scientifique.

L'échantillonnage des plans d'eau du Doubs frontière s'inscrit dans la perspective du « Projet Lac » et en parallèle des suivis réalisés par l'Office Français pour la Biodiversité (OFB).

1.2 Les poissons excellents bioindicateurs

Les poissons sont les organismes aquatiques les plus intégrateurs de la qualité écologique des hydrosystèmes. Ils possèdent [2, 6]:

- une des plus grandes longévités. Celle-ci s'étale en moyenne de 2 à 4 ans, mais peut atteindre plusieurs dizaines d'années.
- un spectre alimentaire recouvrant tous les régimes, depuis les végétariens stricts jusqu'au carnassiers apicaux ne se nourrissant que d'autres poissons.
- des exigences de qualité d'eau contrastées d'une espèce à l'autre. Par conséquent, chaque type de pollution risque de faire régresser une

ou plusieurs espèces électives de la situation originelle.

- des exigences spatiales variées, propres à chaque espèce et stade de développement. Ils sont donc d'excellents indicateurs d'altérations affectant la qualité physique des milieux et ceci à plusieurs échelles emboîtées.

S'intéresser à un peuplement pisciaire est donc la façon la plus intégrative temporellement et spatialement de déterminer la qualité physico-chimique et morphologique de son milieu de vie, autrement dit, d'évaluer l'état de conservation de l'hydrosystème qui l'héberge.

Cependant pour que les résultats des inventaires soient exploitables, il est nécessaire qu'ils soient représentatifs des peuplements en place. De plus, pour être comparables dans le temps et d'un site à l'autre, les échantillonnages doivent être standardisés et reproductibles. Enfin, dans les grands hydrosystèmes, les poissons se déplacent constamment. L'ensemble

de la masse d'eau doit donc être prospectée simultanément.

C'est notamment pour cette dernière raison que l'inventaire pisciaire standardisé des lacs est assez complexe à mettre en œuvre et n'était pas effectué auparavant en Suisse.

1.3 Contexte et objectifs

Le programme de recherche « Projet Lac » s'est achevé fin 2014 après l'analyse de 35 plans d'eau [5]. Fort des enseignements mis en évidence, l'Office fédéral de l'environnement a décidé de poursuivre les investigations en subventionnant une optimisation des méthodes d'échantillonnage et l'inventaire des lacs encore non réalisés. C'est dans ce cadre que s'inscrit, la diagnose pisciaire des plans d'eau du Doubs Frontière.

Parallèlement, l'application de la directive cadre européenne sur l'eau (DCE) en France impose de suivre l'état de conservation des plans d'eau de plus de 50 ha, *a minima*, tous les 6 ans. En Franche-Comté, pour l'ichtyofaune, c'est l'Office Français pour la Biodiversité (OFB DR Dijon et SD régionaux) qui en a la charge.

Afin de mutualiser moyens humains, techniques et financiers, les partenaires suisses et français, habitués à travailler ensemble dans le cadre des groupes binationaux en place pour l'amélioration de l'état écologique du Doubs frontière, ont proposé que l'Établissement Public Territorial du Bassin (EPTB) de la Saône et du Doubs assure la maîtrise d'ouvrage de

la présente diagnose pisciaire du lac de Chaillexon/Brenets et de la retenue de Moron/Châtelot.

Les objectifs spécifiques suivants ont été définis :

- Etablir de manière standardisée la diversité et la densité relative des peuplements de poissons de chaque plan d'eau
- Comparer la situation du lac naturel de Chaillexon/Brenets avec celle du plan d'eau artificiel de Moron/Châtelot.
- Définir l'évolution de l'état de conservation de l'ichtyofaune à l'aide des données historiques disponibles
- Emettre des recommandations de préservation et, en cas de dysfonctionnements établis, préconiser des solutions d'amélioration.

Cette étude bénéficie du soutien financier, matériel et humain de l'Agence de l'eau, de la Confédération Suisse (Office fédéral de l'environnement), du Canton de Neuchâtel (Service de la pêche), de l'Office Français pour la Biodiversité et de la Fédération de pêche du Doubs.

1.4 Le Lac de Chaillexon/Brenets

Le lac de Chaillexon (appellation française) ou le lac des Brenets (appellation suisse) constitue la frontière entre le département du Doubs et le canton de Neuchâtel via les communes de Villers-le-lac (F) et des Brenets (CH). Selon le schéma d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) de l'Agence de l'eau française, il s'agit de la masse

d'eau FRDL14 qui devrait atteindre le bon état écologique européen réglementaire en 2027 et qui souffre actuellement d'une dégradation de la qualité des eaux.

L'origine du plan d'eau est glaciaire. Le Doubs a tout d'abord creusé une gorge dans le plateau calcaire. Puis, cette dernière s'est ennoyée

naturellement en conséquence d'un éboulement qui a constitué un barrage naturel, dont le Saut du Doubs, chute naturelle de 27 m, en est l'écueil[7]. A plein bord (altitude 751 m), sa superficie est de 80 ha et sa profondeur est de 26,9 m sur le fond plat. Elle atteint 31,5 m dans un petit entonnoir présent en aval[8].

Toutefois en basses eaux, compte tenu de la géologie karstique de la région, le saut du Doubs ne

surverse plus et le niveau d'eau baisse fortement à cause des pertes noyées présentes. Parfois, la partie amont peu profonde du plan d'eau s'assèche totalement et la navigation doit être arrêtée. Lors des inventaires le niveau d'eau était de 748.16 m le 16 septembre 2019 et de 747.78 m le 19 septembre 2019 (Données OFEV), soit environ 3 m en dessous du niveau normal.

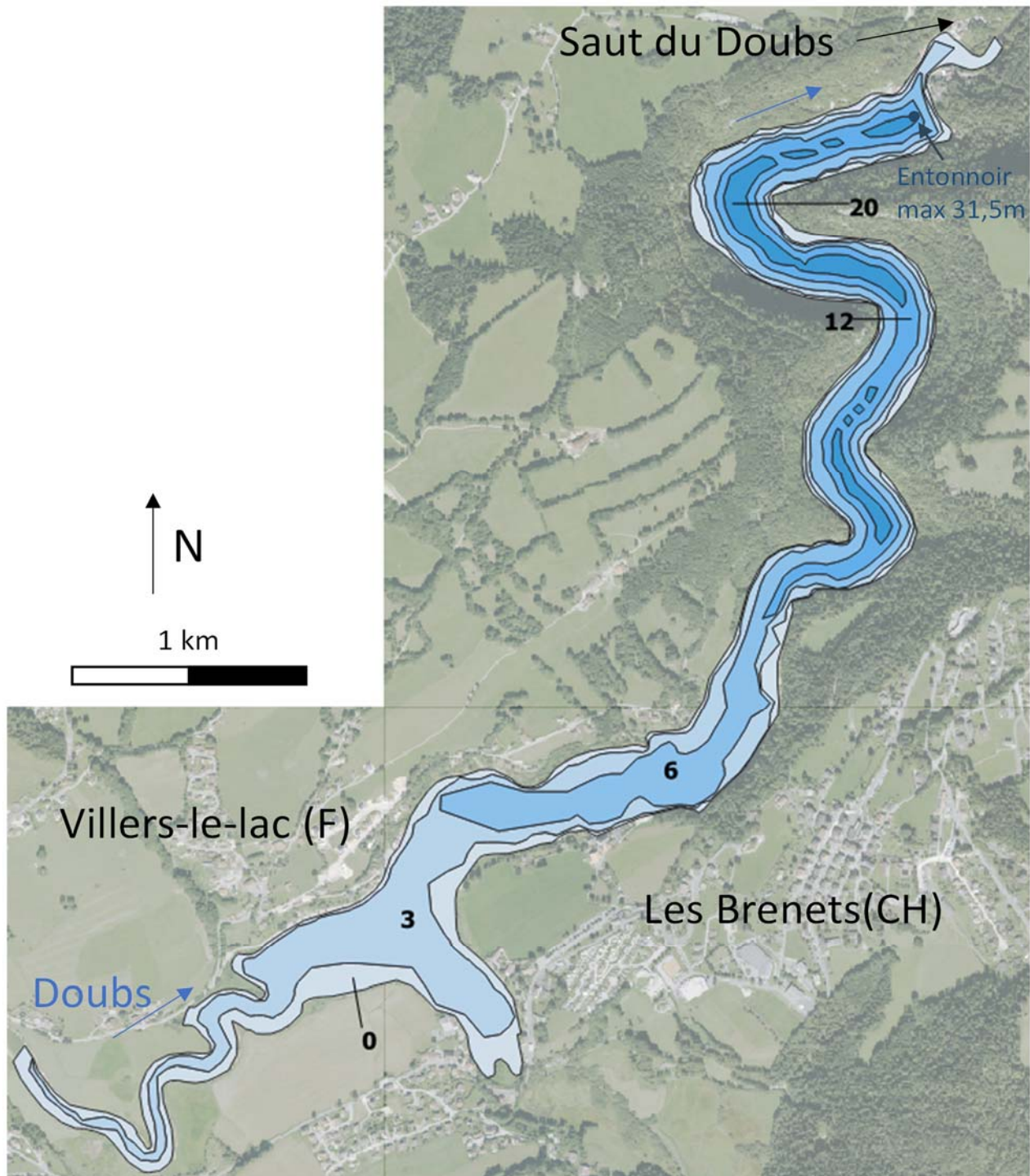


Figure 1.1 : Bathymétrie du lac de Chaillexon/Brenets (Données OFB)



Figure 1.2 : Le lac de Chaillexon/Brenets à sec et en eau (extrait de www.arcinfo.ch)

1.5 La retenue de Moron/Châtelot

La retenue de Moron ou du barrage du Châtelot constitue également la frontière entre le département du Doubs et le canton de Neuchâtel via les communes de Villers-le-lac (F) et des Planchettes (CH). Selon le SDAGE de l'Agence de l'eau française, il s'agit de la masse d'eau FRDL10 qui devrait atteindre le bon état écologique européen réglementaire en 2021 et qui souffre actuellement d'une dégradation de la qualité des eaux. Son origine est artificielle, il s'agit du remous du barrage du Châtelot achevé en 1953. A plein bord (altitude 716 m), sa

superficie est de 69 ha et sa profondeur maximale de 59 m.

Compte tenu de l'exploitation hydroélectrique, le niveau d'eau varie artificiellement en permanence. Le marnage peut atteindre plusieurs dizaines de mètres au fil des saisons. Lors des inventaires, l'altitude du niveau d'eau était de 706 m le 9 septembre 2019 et de 705 m le 12 septembre 2019 (Données Groupe E), soit 10 m en dessous du niveau normal.

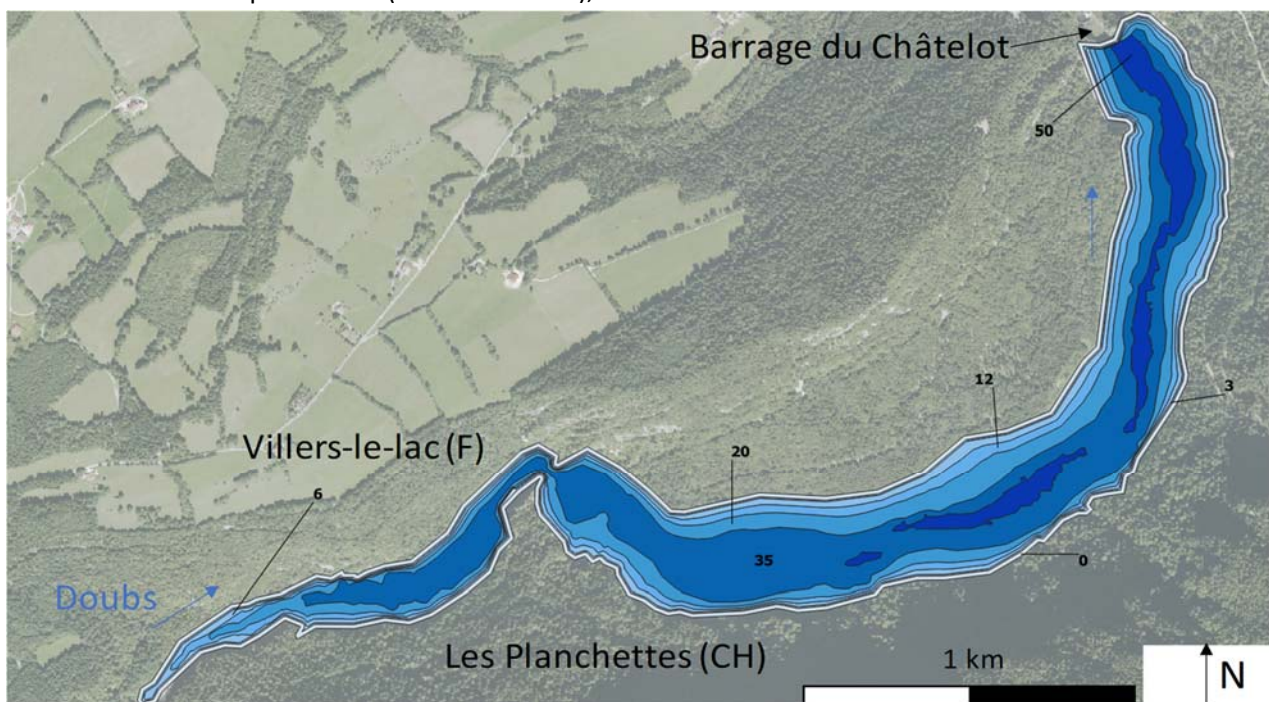


Figure 1.3 : Bathymétrie de la retenue de Moron/Châtelot (données OFB)

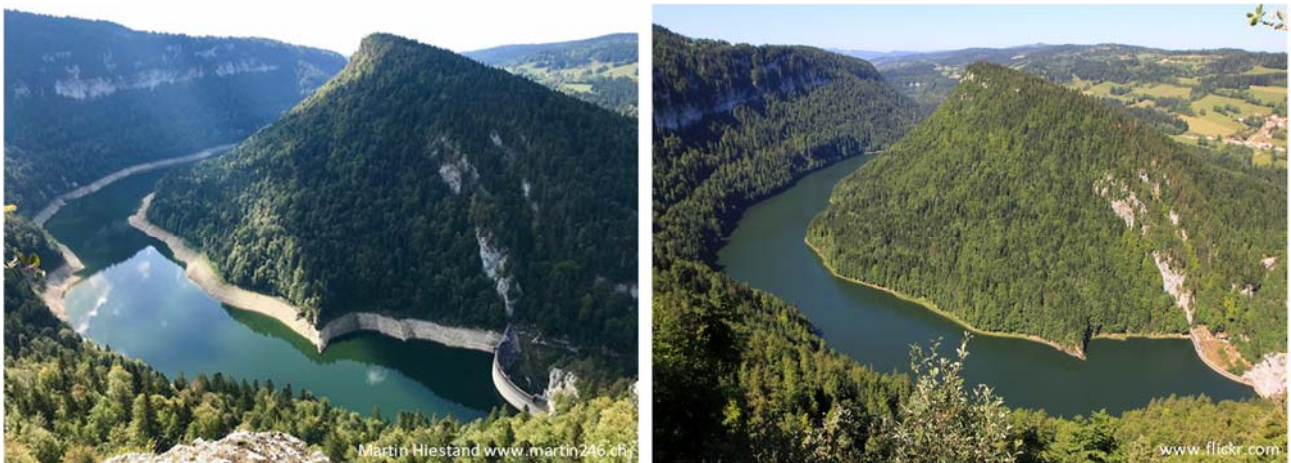


Figure 1.4 : La retenue de Moron/Châtelot en basses et en hautes eaux (extrait de www.martin246.ch et www.flickr.com).

2 Méthode

2.1 Cartographie des habitats

Au préalable de l'échantillonnage pisciaire, une reconnaissance exhaustive en bateau a permis le découpage géographique des plans d'eau en fonction des habitats en présence. La méthodologie dite des pôles d'attraction, développée par Degiorgi et al[1], a été appliquée. Cette technique s'appuie principalement sur la distinction de trois grands compartiments :

- La zone littorale ou beine, délimitée par la rupture de pente, allant jusqu'à -3m de profondeur.
- La zone centrale (>20m) constituée de la masse d'eau au-dessus de la plaine.
- La zone sublittorale ou talus, zone de transition entre la beine et la plaine.

Chacun des compartiments lacustres est divisé en pôles d'attraction en fonction de trois critères : hauteur d'eau, structure de l'occupation spatiale et présence d'un vecteur hydrologique.

Par ailleurs, les rives ont été considérées comme protégées et artificielles dès lors qu'un renforcement de pied de berge en génie civil (bloc artificiel, mur, dalle béton, etc.) était présent.



Figure 2.1 : Gauche: Cartographie des habitats littoraux en bateau. Droite: Exemple de berge protégée considérée comme artificielle.

2.2 Inventaire pisciaire

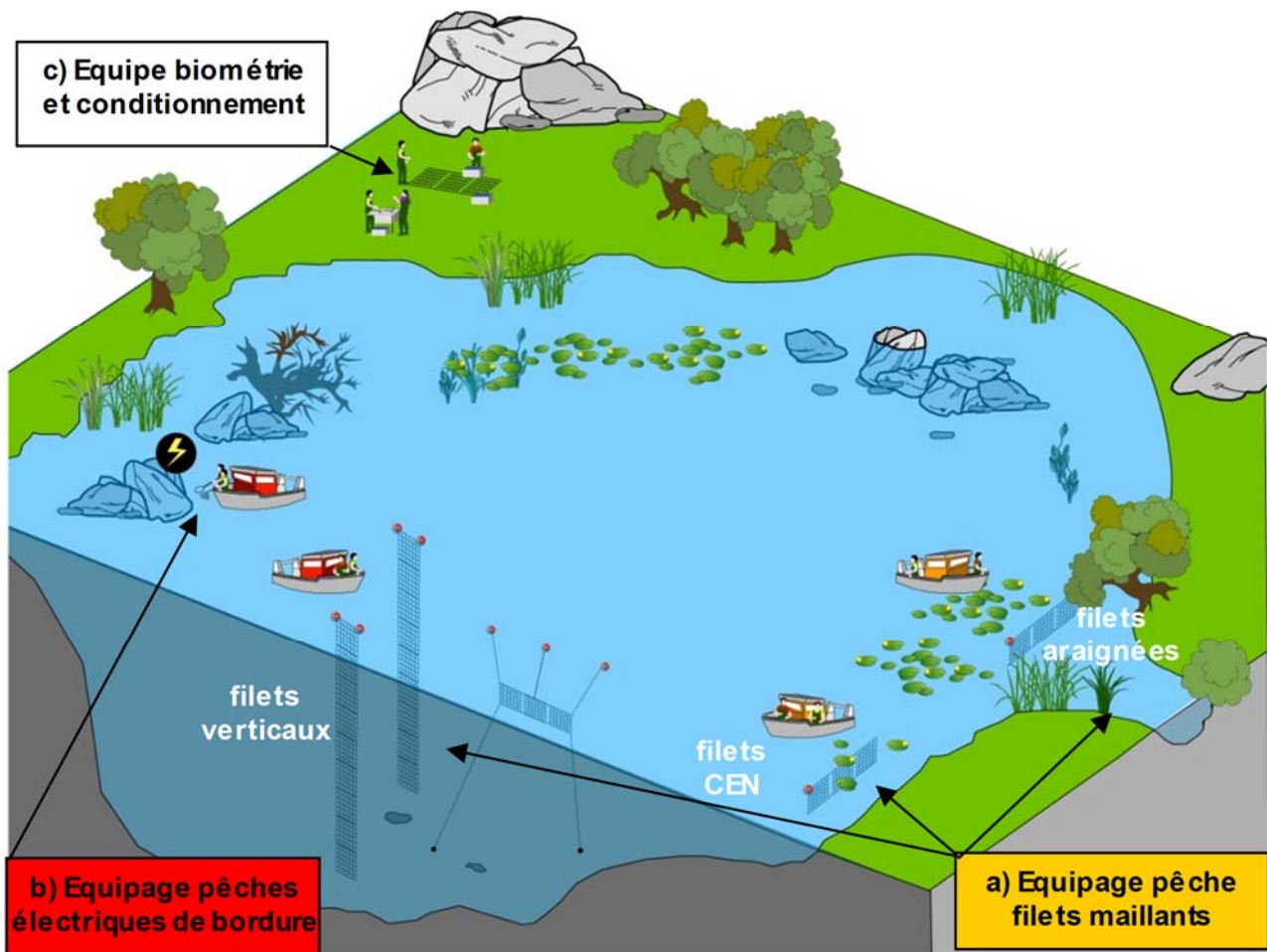


Figure 2.2 : Illustration de l'échantillonnage pisciaire réalisé en simultané en période de stratification estivale

En période de stratification estivale (du 6 au 18 septembre 2019), trois protocoles d'inventaire de l'ichtyofaune ont été menés de manière simultanée et coordonnée (Figure 2.2) sur les deux plans d'eau conformément à la stratégie d'échantillonnage prédéfinie à partir de la cartographie des pôles d'attraction:

- D'une part, une pêche standardisée aux filets maillants a été effectuée par application simultanée du protocole CEN à prospection aléatoire recommandé par la Directive Cadre Européenne (prEN14757, 2005)[9] et de la technique dite des filets verticaux développée par l'Université de Besançon[1].
- D'autre part, l'inventaire des zones peu profondes (<1m) a été réalisé à l'aide de pêches électriques par ambiance au cours d'un seul passage mené à pied ou depuis un bateau. Chaque type de pôle d'attraction présent en

bordure (y compris affluents) a été prospecté et la surface pêchée prise en compte pour le calcul d'un CPUE.

- A terre, l'ensemble des poissons capturés a été déterminé, mesuré, pesé. Une série représentative pour chaque espèce a été photographiée et des échantillons génétiques prélevés.

La méthode d'inventaire multi protocoles utilisée vise à capturer l'image la plus réaliste et reproductible du peuplement de poissons d'un plan d'eau, toutes espèces confondues. L'effort et le temps de pêche sont déterminés de façon à pouvoir comparer les résultats avec d'autres lacs échantillonnés dans les mêmes conditions (période de stratification estivale août-octobre ; hors de la saison de reproduction de la plupart des espèces ; effort de pêche pendant au moins trois jours consécutifs).

Cette approche permet de calculer pour chaque technique les valeurs de rendement de capture standardisée (CPUE) sur l'ensemble de la masse d'eau. Les résultats constituent un estimatif instantané de la diversité et de la densité relative de chaque espèce de poissons présente.

Par conséquent, ils s'écartent des statistiques halieutiques qui sont toujours ciblées sur les quelques espèces recherchées, en priorité par les pêcheurs.

Néanmoins, compte tenu notamment que certains poissons sont mieux capturés avec des filets mailants que d'autres, les stocks réels diffèrent toujours des stocks enregistrés par l'inventaire standardisé.

Cependant, les résultats peuvent être confrontés sans aucun doute, car l'effort de pêche est connu et le biais engendré toujours identique d'une campagne de pêche à l'autre. L'évolution des peuplements et leur état de conservation d'un plan d'eau à l'autre peuvent donc être estimés et confrontés en toute objectivité. Le degré de précision est toutefois large et les comparaisons doivent être concentrées sur les espèces les plus communes. A titre d'exemple, l'effort de pêche du protocole CEN a été conçu pour permettre d'identifier les changements de population de 50% des espèces de poissons dominantes[9].

2.3 Données complémentaires

Les données disponibles sur les niveaux d'eau, les débits, la physico-chimie ont été récupérées sur les bases de données en ligne de l'Agence de l'eau (France) et de l'Office fédéral de l'environnement (Suisse) ainsi qu'auprès des hydroléctriciens

(Groupe E). Les statistiques de pêche françaises et suisses séparées par plan d'eau et du Doubs en aval n'existant pas, aucune analyse de rendement halieutique n'a pu être réalisée.

3 Résultats

3.1 Qualité physico-chimique

3.1.1 Evolution du degré de pollution

Depuis 1981, la station du Doubs entre Morteau et Villers-le-lac est suivie par l'Agence de l'eau pour les paramètres classiques de qualité d'eau entre 4 et 12 fois par an. En outre, des données issues de la thèse à Verneaux[10] sont disponibles sur cette même station pour la période 1967-72. Les plans d'eau ont, quant à eux, fait l'objet de campagnes d'analyses trimestrielles en 2007, 2010, 2016 et 2019. Le degré de

pollution des eaux traversant le site d'étude ainsi que son évolution dans le temps est donc bien caractérisé.

D'un point de vue trophique, la pollution domestique en provenance du plateau du Haut-Doubs montre une tendance à l'amélioration. Les orthophosphates sont en nette diminution depuis 50 ans (Figure 3.1).

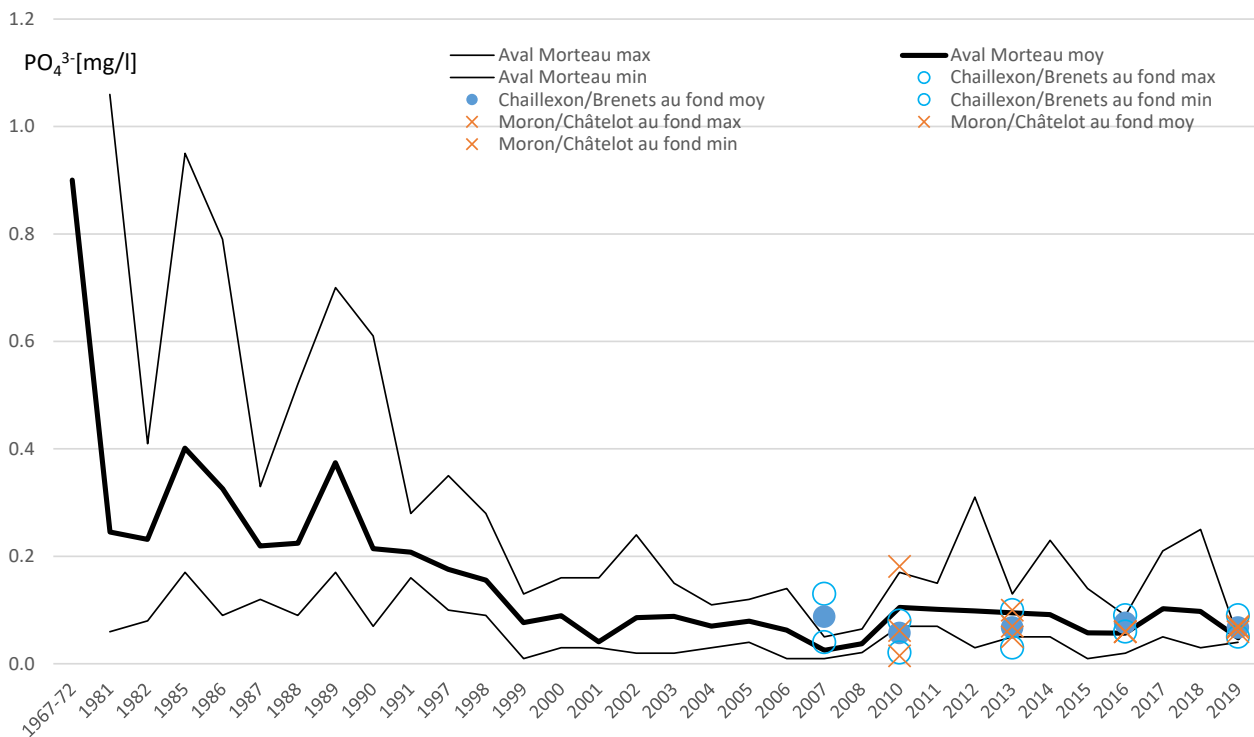


Figure 3.1 : Evolution de la teneur en orthophosphates des eaux de surface (Données Agence de l'eau RMC).

D'un point de vue de la charge azotée en revanche, la tendance est stable voire en légère augmentation (Figure 3.2).

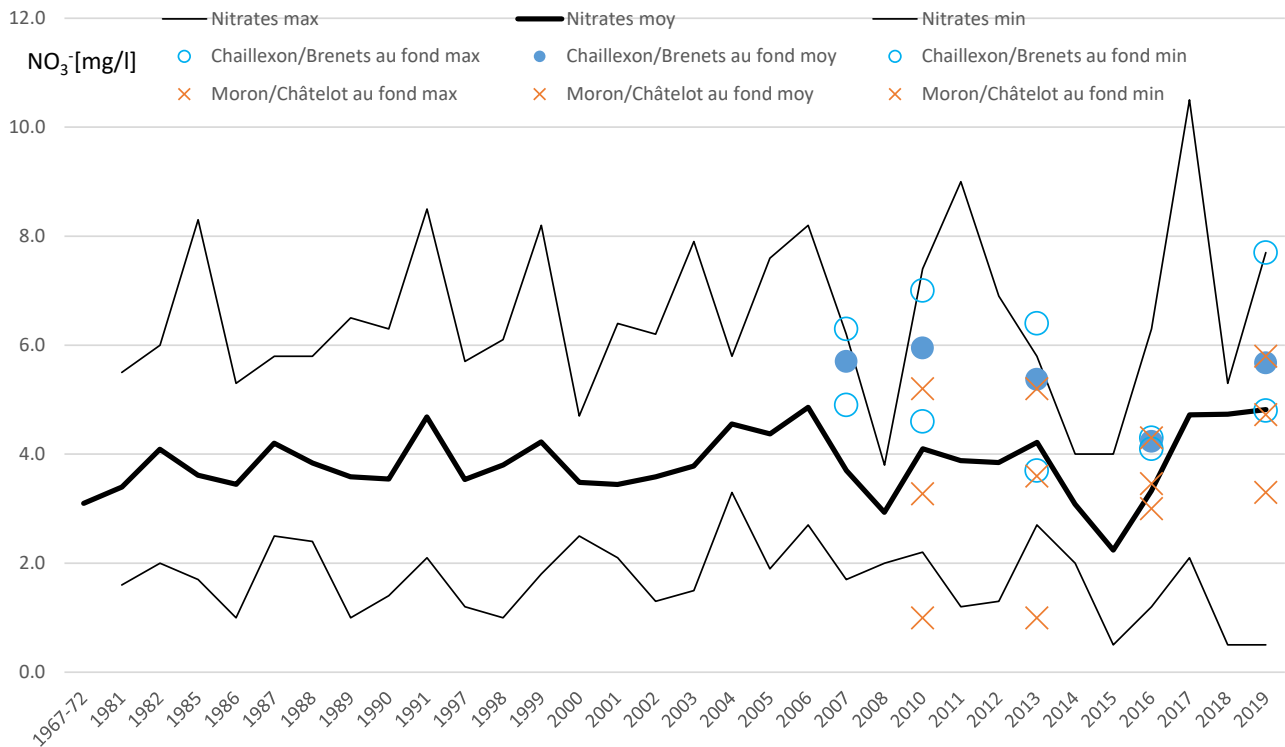


Figure 3.2 : Evolution de la teneur en nitrate des eaux de surface (Données Agence de l'eau RMC).

Pour les micropolluants, types pesticides, médicaments, PCB, produits ignifuges et de protection des plastiques, etc..., le cumul des substances détectées depuis 1997 montre une légère augmentation tant dans les sédiments que dans l'eau (Figure 3.3). Toutefois, au fil du temps le nombre de substances recherchées et les taux de détection se sont améliorés, ce qui biaise cette vision synthétique.

Parmi les substances retrouvées, on peut citer le glyphosphate-AMPA (herbicide), méthylphénol-4 ou crésol (pesticide), mécoprop (herbicide), bénomyl (fongicide), tributylétains (antifoulings), PBDE 209

(substance ignifuge), paracétamol (médicaments), etc...

Un cocktail important de produits toxiques pour la faune aquatique est donc apporté par le bassin versant. Néanmoins, les résultats disponibles ne permettent pas de statuer objectivement sur une quelconque évolution temporelle des doses détectées. Cependant, compte tenu de leur utilisation croissante ces dernières décennies, la quantité de micropolluants de synthèse présents dans les eaux de surface n'a pu qu'augmenter.

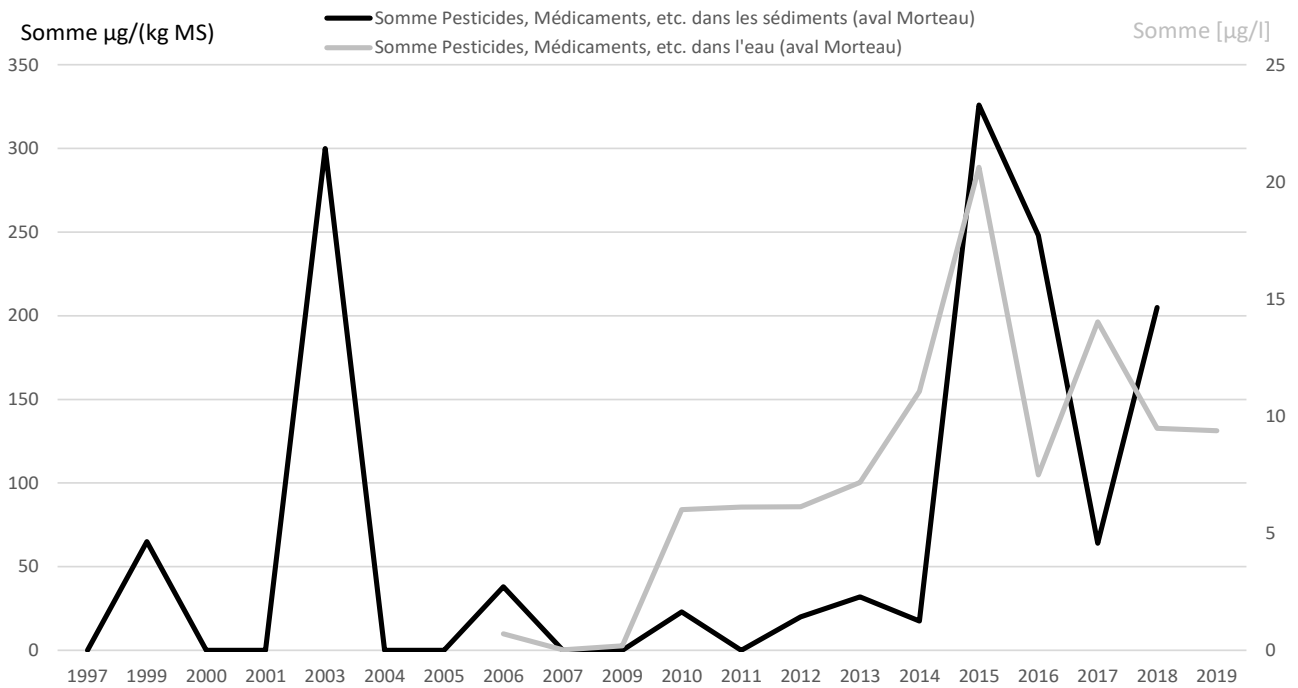


Figure 3.3 : Evolution de la teneur en micropolluants (pesticides, médicaments, produits de traitement, etc.) dans les sédiments et les eaux de surface du Doubs en aval de Morteau (Données Agence de l'eau RMC).

Pour les métaux lourds (Ar, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb) dans les sédiments et les bryophytes une relative stabilité des contaminations est observée depuis 1997 (Figure 3.4). La même situation est constatée pour

les HAP (Acénaphène, Anthracène, Benzo(a)pyrène, Benzo(b) fluoranthène, Benzo(g,h,i) pérylène, Benzo(k) fluoranthène, Fluoranthène, Indéno (123cd) pyrène, Naphtalène) (Figure 3.5).

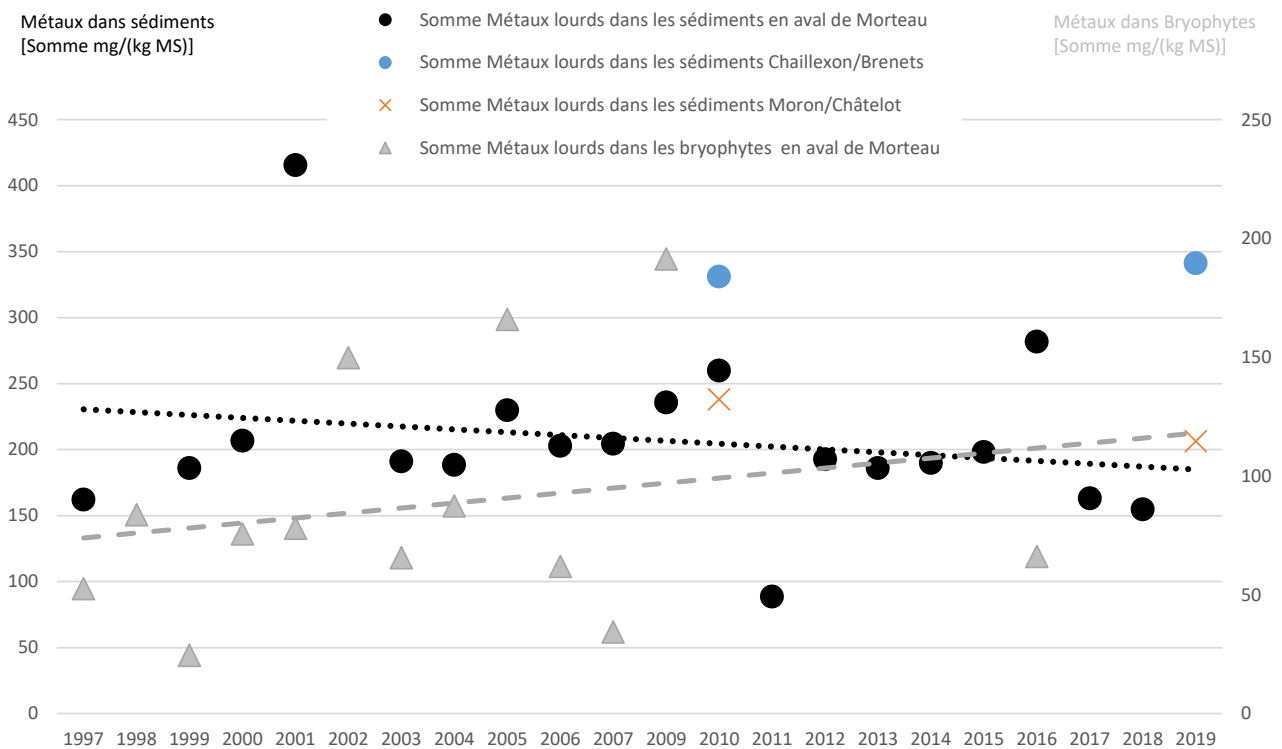


Figure 3.4 : Evolution de la teneur en métaux lourds (Ar, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb) dans les sédiments et les bryophytes (Données Agence de l'eau RMC).

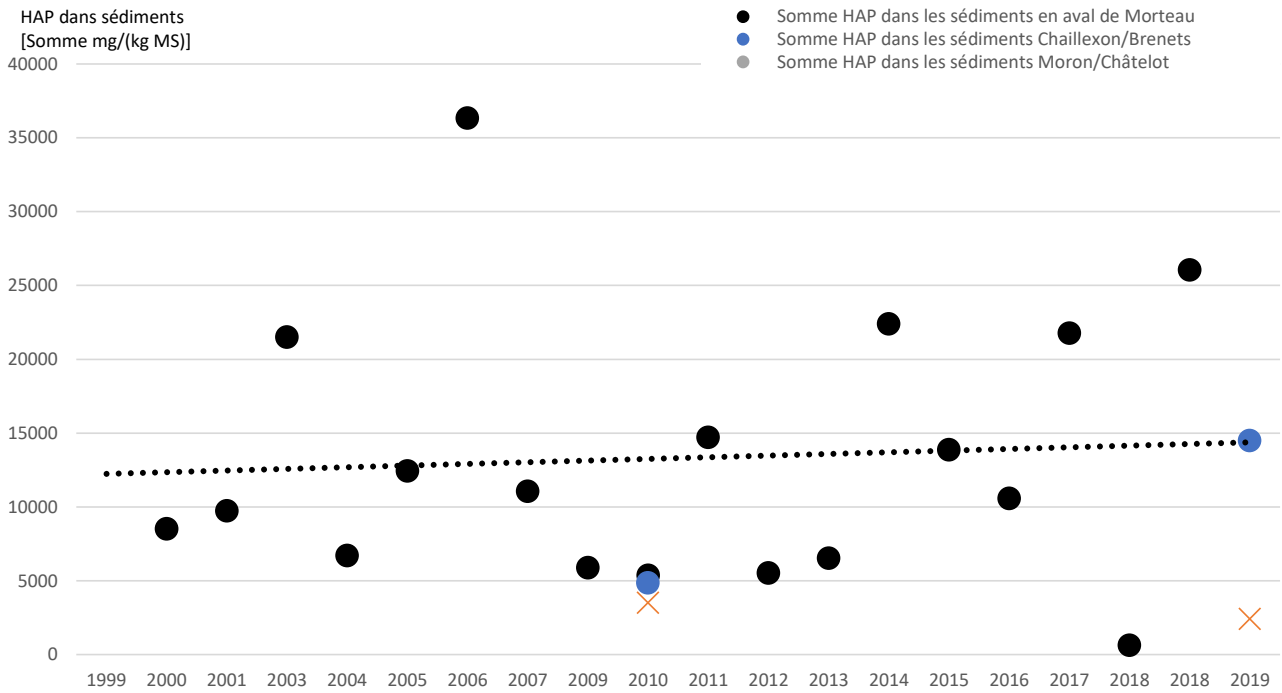


Figure 3.5 : Evolution de la teneur en HAP (Acénaphthène, Anthracène, Benzo(a)pyrène, Benzo(b)fluoranthène, Benzo(g,h,i)pérylène, Benzo(k)fluoranthène, Fluoranthène, Indéno (123cd) pyrène, Naphtalène) dans les sédiments (Données Agence de l'eau RMC).

3.1.2 Oxygénation de la colonne d'eau

La concentration en oxygène de la colonne d'eau au point maximal de profondeur en fin de stratification estivale est une information très importante sur le fonctionnement et l'état de conservation d'un plan d'eau.

Sur Chaillexon/Brenets et Moron/Châtelot, l'analyse des données disponibles révèle une désoxygénation forte des couches profondes. Cette situation semble récente, puisqu'avant les années 2000, la retenue de Moron/Châtelot était *a priori* toujours oxygénée et que pour Chaillexon/Brenets, c'était le cas jusqu'en 2010.

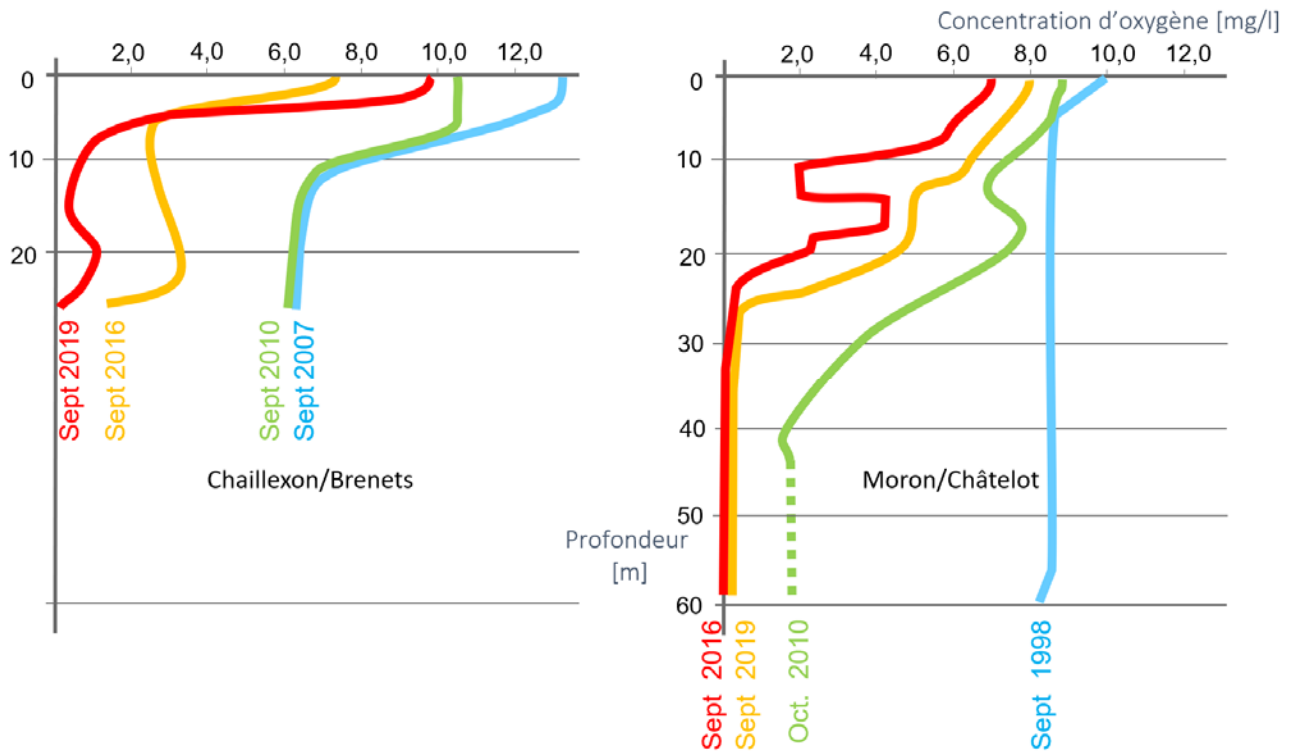


Figure 3.6 : Evolution de l'oxygénation de la colonne d'eau de chaque plan d'eau (données Agence de l'eau et Degiorgi et al 2001[11]).

3.2 Cartographie des habitats

Comme en 2018, l'été 2019 a été particulièrement sec. Les niveaux des deux plans d'eau étaient largement inférieurs à leur cote normale : - 3 m pour le lac de Chaillexon/Brenet et - 10 m pour la retenue de Moron/Châtelot.

En conséquence, les habitats littoraux avec de la végétation (hélrophytes, hydrophytes) étaient totalement à sec. La participation du littoral en tant qu'habitat se limitait donc pour l'essentiel à un

liseré minéral de granulométrie variable (d'éléments fins <0.2 mm à dalle >2000 mm). Parfois, quelques bois morts étaient présents.

Les seules zones qui ont été considérées comme artificialisées sont le débarcadère du Saut du Doubs pour Chaillexon/Brenets et la couronne du barrage de Moron/Châtelot.

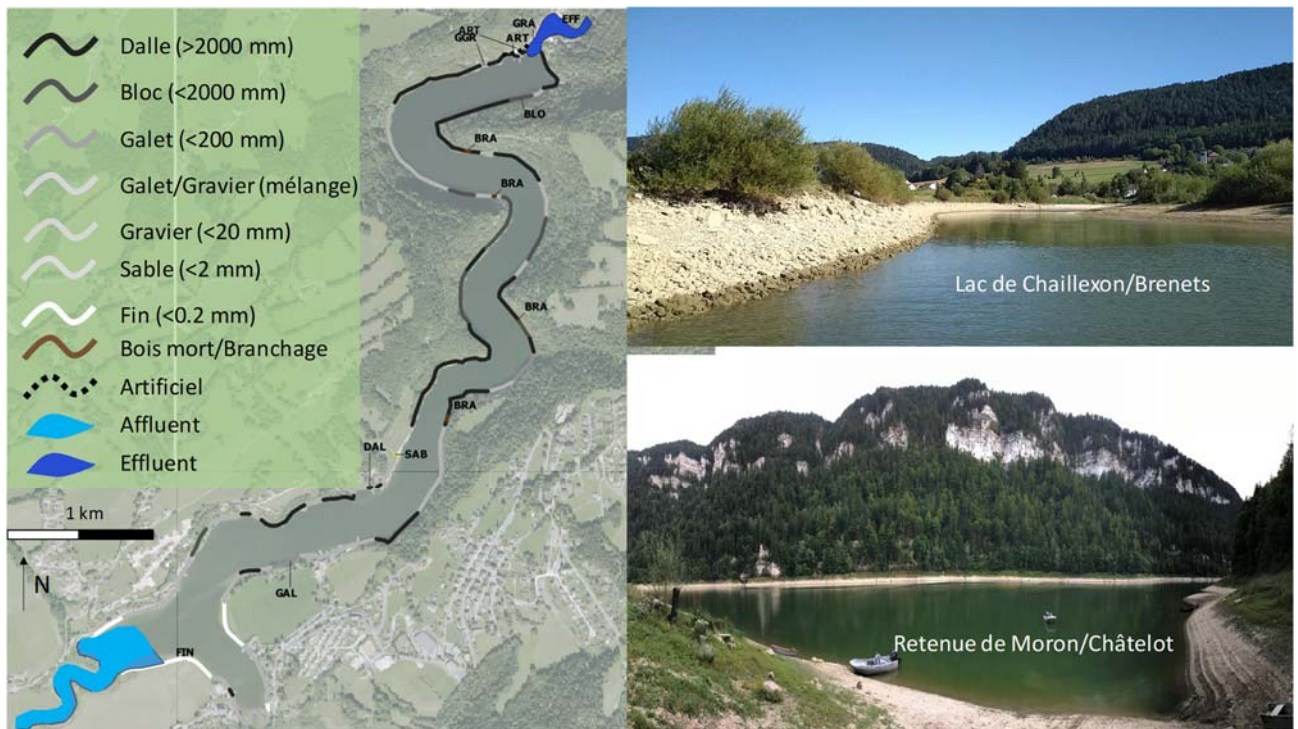


Figure 3.7 : Carte des habitats littoraux du lac de Chaillexon/Brenets et photographies d'illustration.

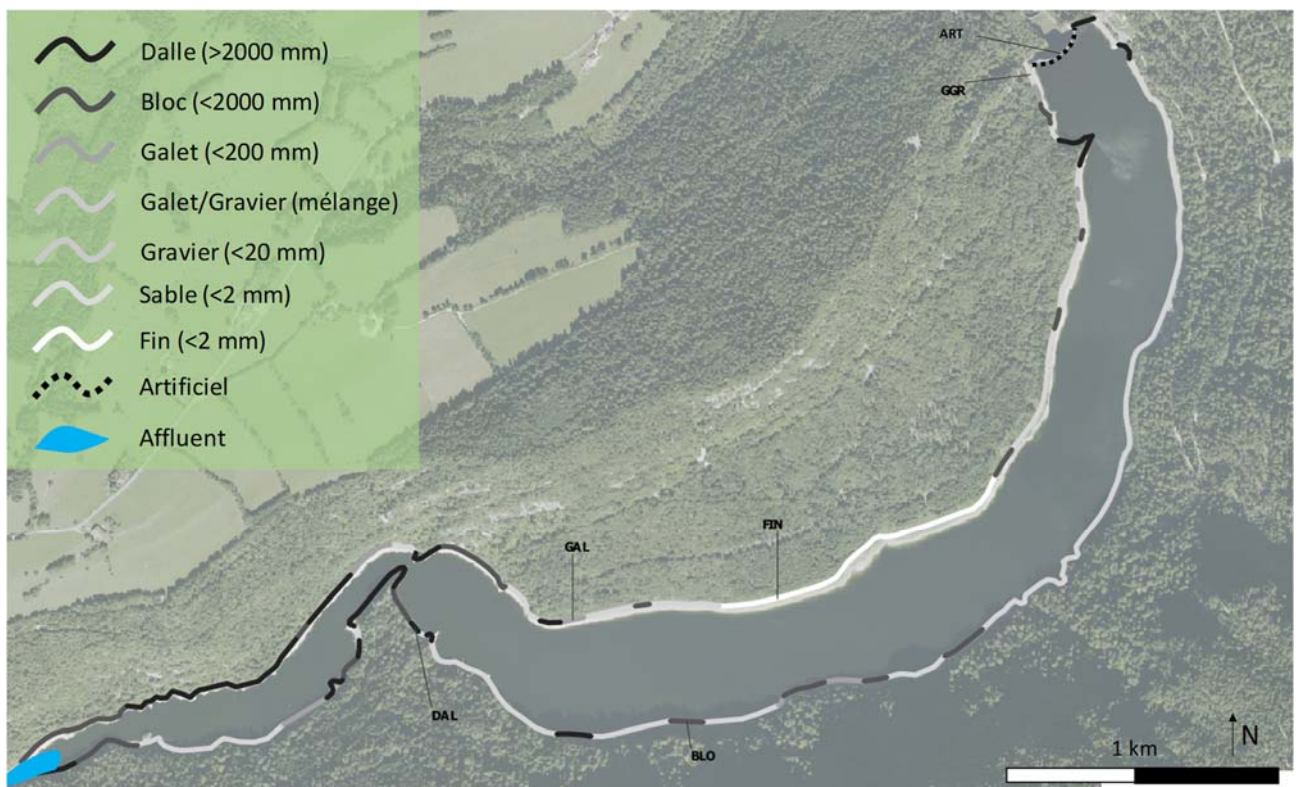


Figure 3.8 : Carte des habitats littoraux de la retenue de Moron/Châtelot.

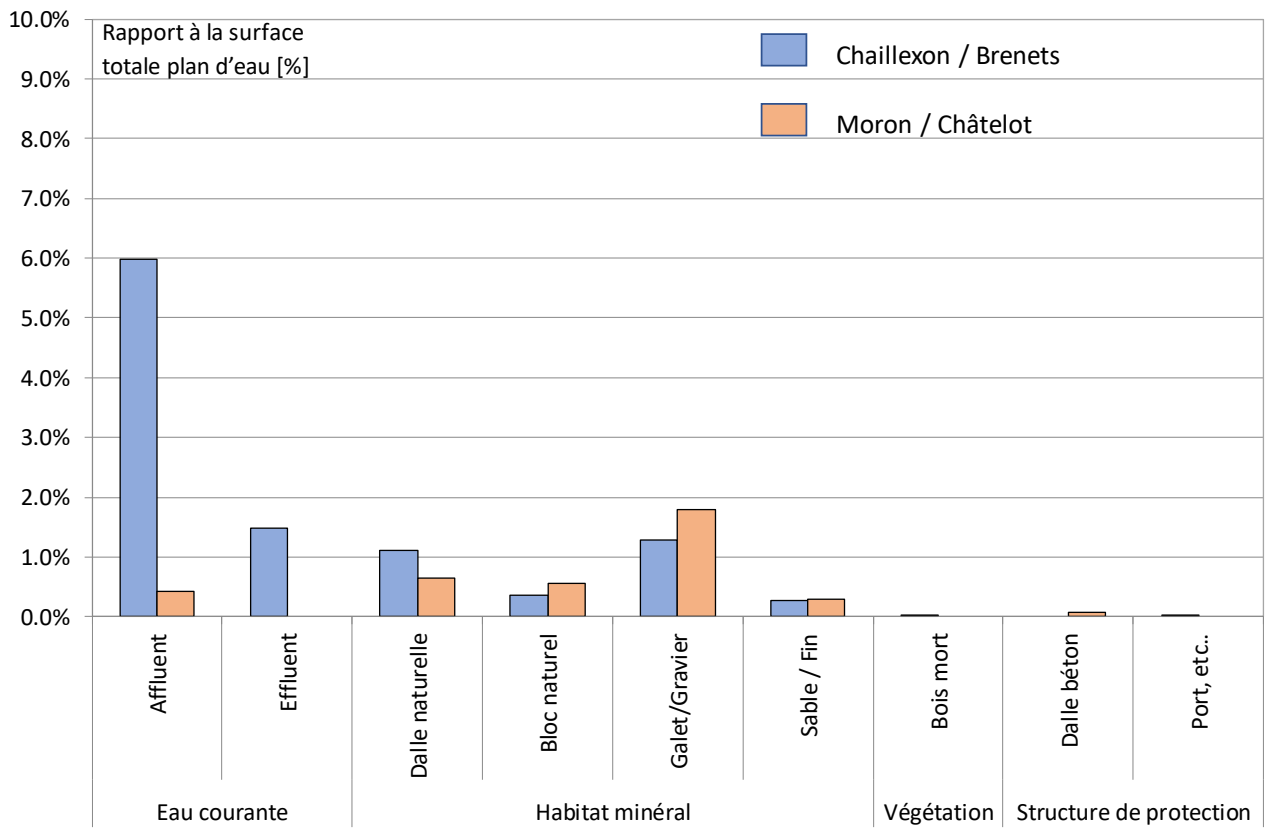


Figure 3.9 : Variété et surface relative des habitats littoraux de chaque plan d'eau.

3.3 Peuplement pisciaire

3.3.1 Plan d'échantillonnage

Pendant 3 nuits et 4 jours par plan d'eau, 163 filets et 71 points de pêche électrique ont été réalisés (Figure 3.10 et Figure 3.11). L'échantillonnage CEN a été supérieur à Moron/Châtelot car le plan d'eau est plus profond. Pour les filets verticaux, l'hétérogénéité des habitats était légèrement plus grande à

Chaillexon/Brenets ce qui a imposé un effort de pêche supérieur. Globalement, l'effort de pêche a été similaire d'un plan d'eau à l'autre.

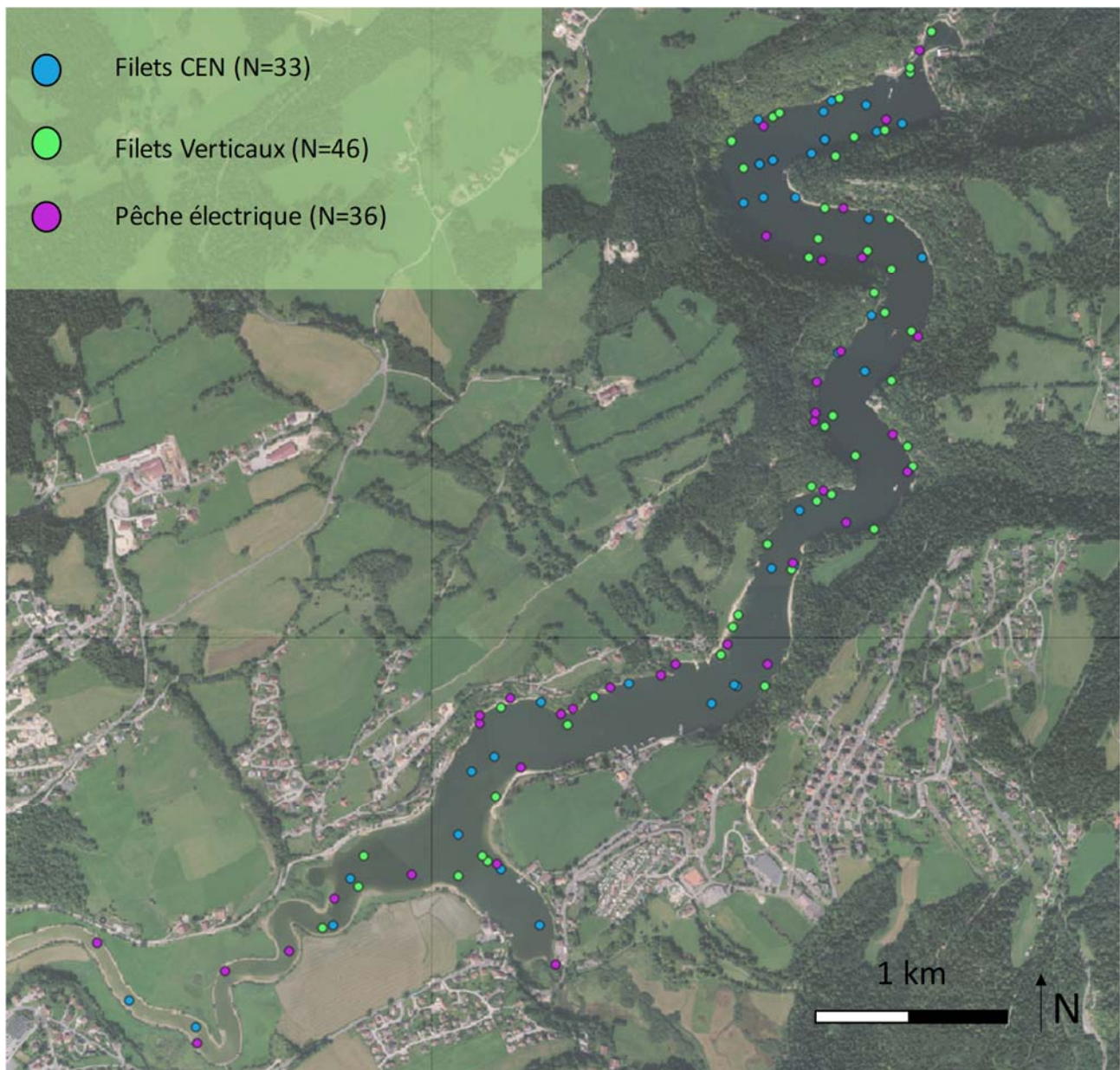


Figure 3.10 : Plan d'échantillonnage du lac de Chaillexon/Brenets.

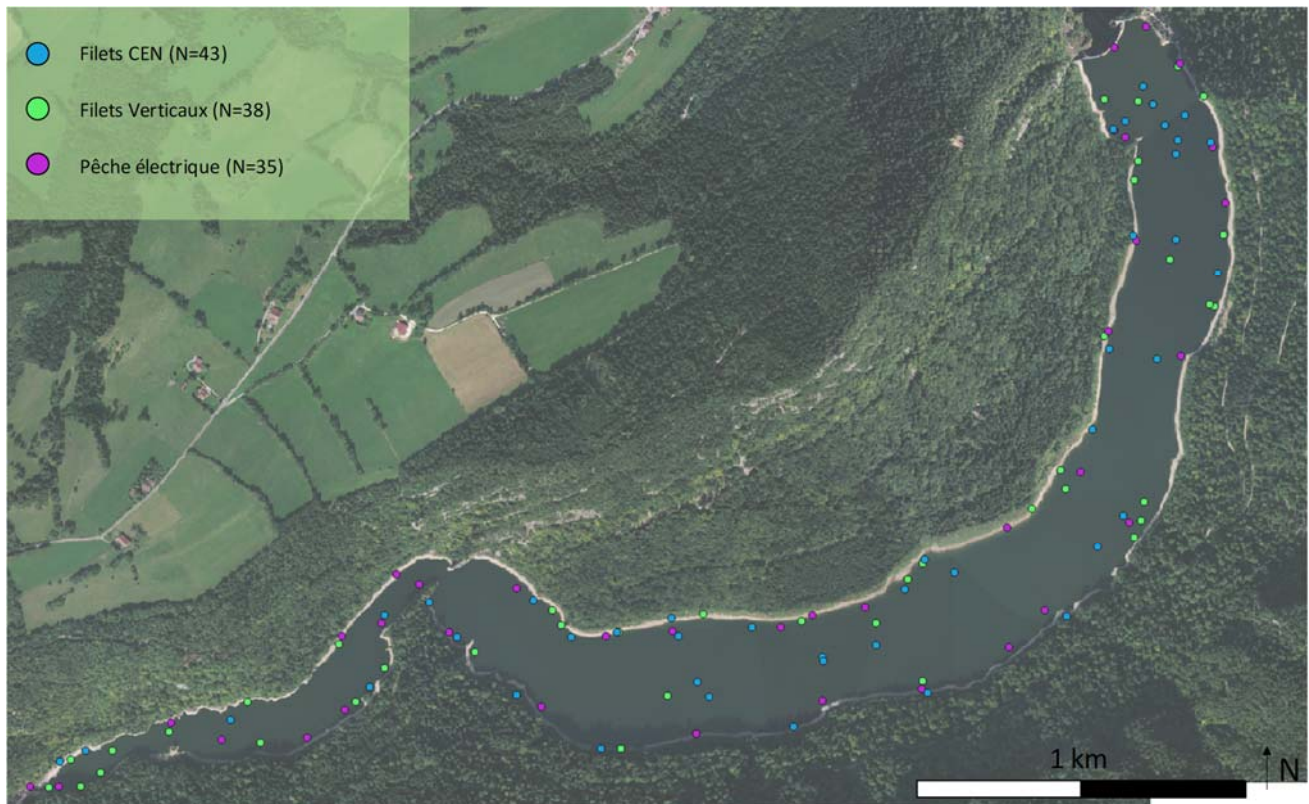


Figure 3.11 : Plan d'échantillonnage de la retenue de Moron/Châtelot.

3.3.2 Diversité pisciaire

Conformément aux recherches archéologiques récentes, le Haut-Doubs (amont saut du Doubs) ne serait peuplé originellement que de truite commune (*S. trutta*) [12]. La plupart des autres espèces citées par Josse[13], Kreitmann[14] et Denys[15] serait issue d'introductions humaines intervenues au fil du temps. La présence de l'Abbaye de la Bonavette (commune de Labergement-Sainte Marie) attestée dès le XIV^{ème} siècle et active en matière de pisciculture en témoigne. Traditionnellement en biologie de conservation, on considère une espèce indigène dès lors qu'elle était présente avant la découverte de l'Amérique en 1492 [16, 17]. Selon ce principe la diversité des poissons potentielle attendue dans le lac de Chaillexon/Brenets en amont de la chute naturelle infranchissable du Saut du Doubs est de 7 espèces [14, 15, 12] (Tableau 3.1):

- | | |
|-----------------|-----------|
| • Truite | • Brochet |
| • Vairon | • Perche |
| • Loche franche | • Lotte |
| • Vandoise | |

En aval du saut du Doubs, elle est de 24 espèces de poissons et un cyclostome [10, 15, 12]:

- | | |
|----------------------|--------------------|
| • Chabot | • Spiralin |
| • Vairon | • Gardon |
| • Truite | • Brème |
| • Loche franche | • Brème bordelière |
| • Lamproie de planer | • Brochet |
| • Ombre commun | • Ablette |
| • Blageon | • Rotengle |
| • Apron | • Perche |
| • Chevesne | • Tanche |
| • Goujon | • Carpe |
| • Vandoise | • Lotte |
| • Toxostome | • Anguille |
| • Barbeau fluvial | |

Selon les différents atlas des poissons de Suisse de 1991 à 2018 [18, 19], les 5 espèces allochtones suivantes devraient également être présentes :

- | | |
|------------|----------------------|
| • Corégone | • Silure |
| • Grémille | • Truite arc-en-ciel |
| • Sandre | |

Les résultats des campagnes de pêche 2019 ont permis de capturer la plupart des espèces de plans d'eau à l'exception de la carpe, corégone, lotte, chabot et truite. Les espèces plus inféodées aux eaux courantes tels que l'ombre, barbeau, spirilin, lamproie de planer, etc. non pas été observées. Au total, 4 espèces indigènes sur 7 ont été recensées en amont du

Saut du Doubs et 10 sur 25 en aval. 5 espèces allochtones ont également été découvertes, dont la perche soleil. A noter que contrairement à la plupart des lacs jurassiens, le rotengle italien (*S. hesperedicus*) ne semble pas présent. Tous les individus capturés possédaient de belles nageoires rouges caractéristiques du rotengle du nord (*S. erythrophthalmus*).

Tableau 3.1 : Diversité des poissons des plans d'eau de Chaillexon/Brenets et Moron/Châtelot [14, 10, 15, 19, 12].

Espèce		Statut de protection (LFP)	Chaillexon/Brenets			Moron/Châtelot		
Nom commun	Nom latin		Indigène (avant 1492)	Atlas suisse (CSCF 2003-2019)	Pêche 2019	Indigène (avant 1492)	Atlas suisse (CSCF 2003-2019)	Pêche 2019
Ablette	<i>Alburnus alburnus</i>	NG		1	1	1	1	1
Anguille	<i>Anguilla anguilla</i>	3				1		
Apron	<i>Zingel asper</i>	1, E				1		
Barbeau	<i>Barbus barbus</i>	4				1		
Blageon	<i>Telestes souffia</i>	3, E		1		1	1	
Brème bordelière	<i>Blicca bjoerkna</i>	4			1	1		1
Brème commune	<i>Abramis brama</i>	NG		1	1	1	1	1
Brochet	<i>Esox lucius</i>	NG	1	1	1	1	1	1
Carpe	<i>Cyprinus carpio</i>	3				1		
Chabot	<i>Cottus gobio</i>	4				1	1	
Chevesne	<i>Squalius cephalus</i>	NG		1	1	1	1	1
Corégone	<i>Coregonus sp.</i>	4, E		1			1	
Gardon	<i>Rutilus rutilus</i>	NG		1	1	1	1	1
Goujon	<i>Gobio gobio</i>	NG		1	1	1	1	
Grémille	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	exotique		1	1		1	1
Hybride	<i>Ablette / Gardon</i>				1			1
Lamproie de planer	<i>Lampetra planeri</i>	2, E				1		
Loche franche	<i>Barbatula barbatula</i>	NG	1		1	1		
Lotte	<i>Lota lota</i>	NG	1			1		
Ombre	<i>Thymallus thymallus</i>	3, E		1		1	1	
Perche	<i>Perca fluviatilis</i>	NG	1	1	1	1	1	1
Perche soleil	<i>Lepomis gibbosus</i>	exotique			1			
Rotengle	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	NG		1	1	1	1	1
Sandre	<i>Sander lucioperca</i>	exotique		1	1		1	1
Silure	<i>Silurus glanis</i>	exotique		1	1		1	1
Spirilin	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	3, E		1		1	1	
Tanche	<i>Tinca tinca</i>	NG		1	1	1	1	1
Toxostome	<i>Chondrostoma toxostoma</i>	1, E				1		
Truite arc-en-ciel	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	exotique		1			1	
Truite commune	<i>Salmo trutta</i>	4	1	1		1	1	
Vairon	<i>Phoxinus phoxinus</i>	NG	1	1		1	1	
Vandoise	<i>Leuciscus leuciscus</i>	NG	1		1	1		1
Total espèces			7	19	17	25	20	14
Total espèces indigènes			7		4	25		10
Total espèces allochtones					17			4

3.3.3 Nombre et biomasse capturée

Au total sur les deux campagnes de pêche, 12'420 poissons ont été capturés représentant une biomasse de 420 kg. Le gardon constitue 44 % du nombre de captures, tandis que perche, ablette et brème bordelière cumulent 45 % du total. Les autres espèces ne représentent donc que 11% des individus

pêchés. La quantité de poisson est nettement supérieure (>2,5 fois) sur le lac de Chaillexon/Brenets que sur Moron/Châtelot malgré un effort de pêche global semblable.

Tableau 3.2 : Nombre de poissons pêchés par plan d'eau.

Espèces		Total individus [N]													
		Chaillexon/Brenets							Moron/Châtelot						
		Méthode CEN			Méthode Vert.				Méthode CEN			Méthode Vert.			
Nom latin	Nom commun	Benth.	Pelag.	Total	Benth.	Pelag.	Electr.	Total	Benth.	Pelag.	Total	Benth.	Pelag.	Electr.	Total
<i>Rutilus rutilus</i>	Gardon	1078	366	1444	885	615	1171	2671	299	156	455	370	530	6	906
<i>Perca fluviatilis</i>	Perche	464	13	477	302	86	185	573	763	20	783	210	140	129	479
<i>Alburnus alburnus</i>	Ablette	156	59	215	170	383	14	567	38	42	80	48	274	24	346
<i>Blicca bjoerkna</i>	Brème bordelière	1116	218	1334	320	190	40	550	58	5	63	36	44		80
<i>Gymnocephalus cernua</i>	Grémille	133		133	11	2	23	36	17		17	56	5		61
<i>Scardinius sp</i>	Rotengle				45	8	24	77	54		54	11	6	2	19
<i>Abramis brama</i>	Brème	238	13	251	65	18	7	90	23	2	25	19	17		36
<i>Silurus glanis</i>	Silure	1		1	3	3	24	30	2		2	2	3	36	41
<i>Sander lucioperca</i>	Sandre	79	5	84	187	57	33	277	17		17	5	1		6
<i>Esox lucius</i>	Brochet	3	1	4	3	1	21	25	1	2	3	4	1	4	9
<i>Leuciscus leuciscus</i>	Vandoise						14	14	3		3	2	1	1	4
<i>Squalius cephalus</i>	Chevesne				15	2	33	50	1		1	2		1	3
<i>Tinca tinca</i>	Tanche				1		22	23						1	1
<i>Gobio gobio</i>	Goujon	3		3	1		93	94							
<i>Barbatula barbatula</i>	Loche franche						2	2							
<i>Lepomis gibbosus</i>	Perche soleil						1	1							
<i>Ablette X Gardon</i>	Hybride				1		1	1				1			1
Total capture [N]		3271	675	3946	2009	1365	1707	5081	1276	227	1503	766	1022	204	1992

Tableau 3.3 : Biomasse de poissons pêchés par plan d'eau.

Espèces		Biomasse [kg]													
		Chaillexon/Brenets							Moron/Châtelot						
		Méthode CEN			Méthode Vert.				Méthode CEN			Méthode Vert.			
Nom latin	Nom commun	Benth.	Pelag.	Total	Benth.	Pelag.	Electr.	Total	Benth.	Pelag.	Total	Benth.	Pelag.	Electr.	Total
<i>Rutilus rutilus</i>	Gardon	13.3	6.8	20.1	30.1	12.5	4.8	47.4	15.3	8.1	23.3	17.0	6.0	0.2	23.2
<i>Perca fluviatilis</i>	Perche	4.9	0.3	5.3	10.8	2.1	1.7	14.5	14.8	0.8	15.6	5.5	2.9	0.7	9.1
<i>Alburnus alburnus</i>	Ablette	2.2	0.9	3.0	3.0	4.6	0.1	7.7	0.4	1.2	1.6	1.5	0.9		2.4
<i>Blicca bjoerkna</i>	Brème bordelière	29.5	8.3	37.8	13.7	12.2	0.1	25.9	3.1	0.3	3.4	1.7	0.8		2.5
<i>Gymnocephalus cernua</i>	Grémille	0.6		0.6	0.1	0.0	0.1	0.2	0.7		0.7	2.4	0.1		2.5
<i>Scardinius sp</i>	Rotengle				1.3	0.2	0.3	1.8	0.8		0.8	0.2	0.2	0.0	0.4
<i>Abramis brama</i>	Brème	14.5	3.8	18.2	15.5	8.2	0.1	23.7	4.0	0.1	4.1	4.1	3.3		7.4
<i>Silurus glanis</i>	Silure	1.1		1.1	4.0	2.3	1.0	7.3	0.9		0.9	0.4	1.2	7.6	9.2
<i>Sander lucioperca</i>	Sandre	20.0	1.4	21.4	25.6	9.6	0.1	35.3	3.9		3.9	3.6	2.1		5.7
<i>Esox lucius</i>	Brochet	1.5	0.1	1.7	6.0	3.6	2.4	12.0	0.2	8.4	8.6	5.3	0.1	0.2	5.6
<i>Leuciscus leuciscus</i>	Vandoise						0.0	0.0	0.1		0.1	0.1	0.1	0.1	0.3
<i>Squalius cephalus</i>	Chevesne				1.4	0.1	0.5	1.9	0.0		0.0	0.1		0.0	0.1
<i>Tinca tinca</i>	Tanche				0.7		0.4	1.1						0.0	0.0
<i>Gobio gobio</i>	Goujon	0.0		0.0	0.0		0.4	0.4							
<i>Barbatula barbatula</i>	Loche franche						0.0	0.0							
<i>Lepomis gibbosus</i>	Perche soleil						0.0	0.0							
<i>Ablette X Gardon</i>	Hybride				0.1			0.1				0.0			0.0
Total capture [kg]		87.6	21.5	109.1	112.1	55.4	11.9	179.3	44.3	18.8	63.1	42.0	17.7	8.8	68.5

3.3.4 Peuplement par compartiment de chaque plan d'eau

La densité et la répartition de chaque espèce de poissons dans un plan d'eau n'est pas uniforme et identique pour chaque habitat[1]. En exprimant la composition du peuplement par compartiment pêché, il apparait que la zone littorale est la plus diversifiée (Figure 3.12 et Figure 3.13). En effet, plus on se dirige vers le centre et la profondeur maximale du plan

d'eau, plus la diversité capturée diminue. Chaque compartiment est dominé par 2 à 4 espèces. Par compartiment pêché, Chaillaxon/Brenets apparait comme un lac à gardon/brèmes, alors que Moron/Châtelot est un plan d'eau à gardon/perche.

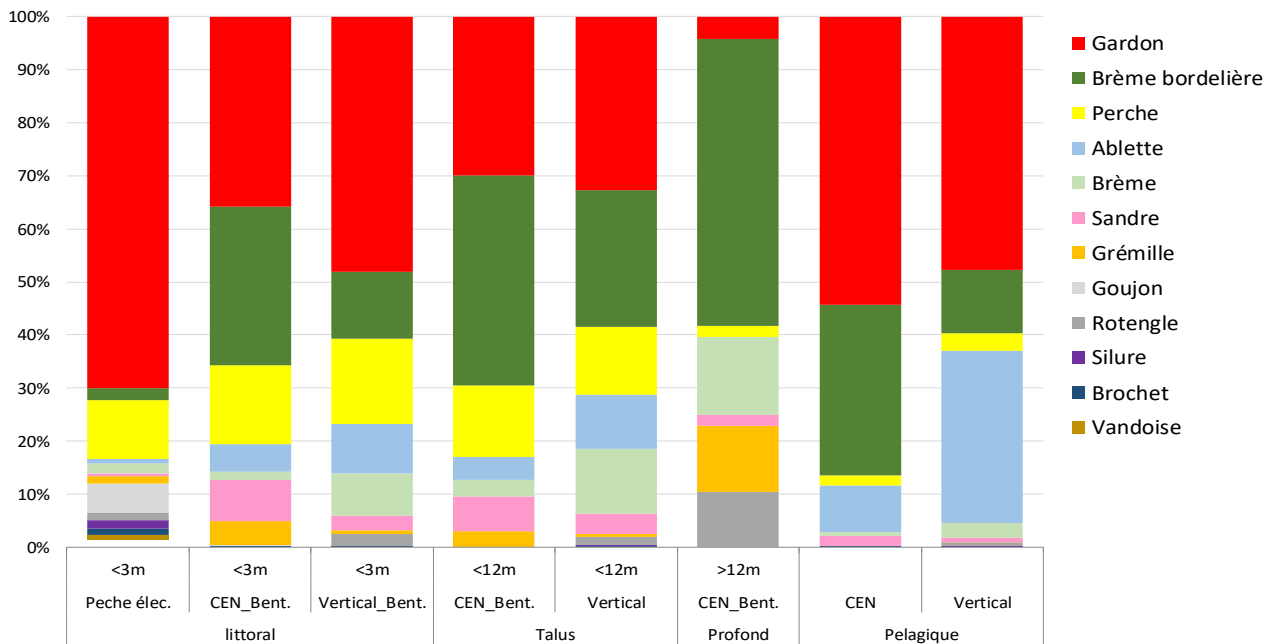


Figure 3.12 : Composition du peuplement de poissons capturé par compartiment du plan d'eau de Chaillaxon/Brenets.

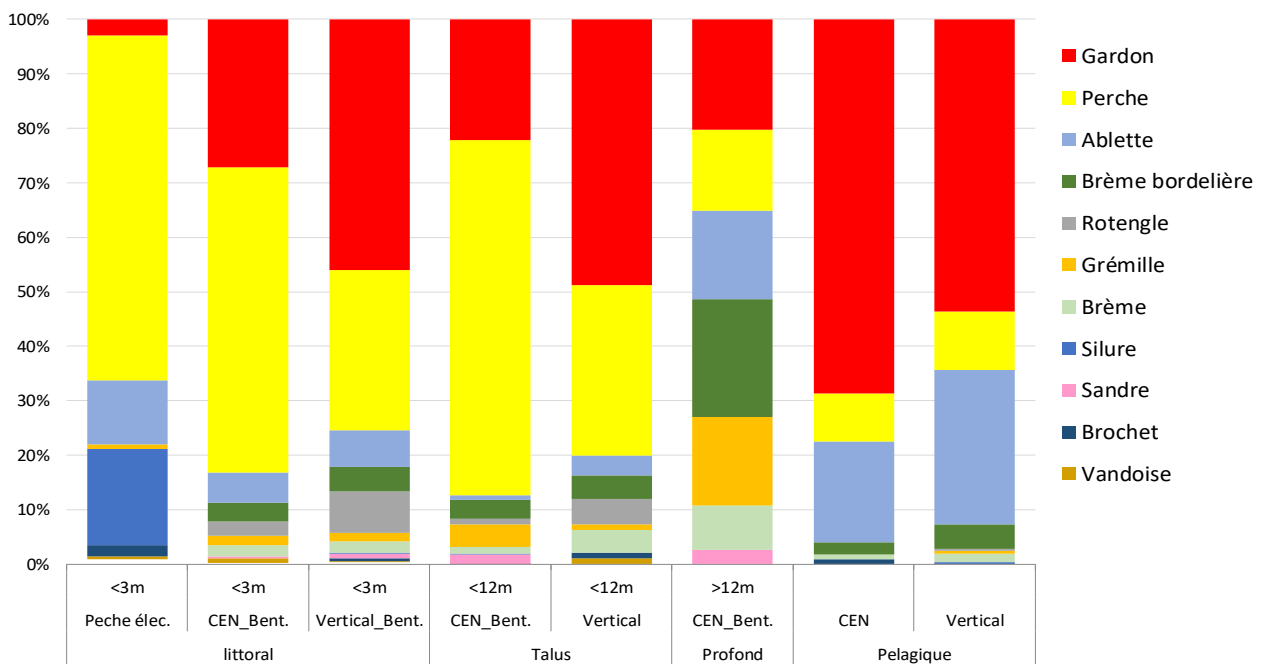


Figure 3.13 : Composition du peuplement de poissons capturé par compartiment du plan d'eau de Moron/Châtelot.

La précision des données des filets verticaux permet de vérifier cette répartition non uniforme des espèces mais également l'absence ou la faible

densité des captures en zones profondes (Figure 3.14 et Figure 3.15).

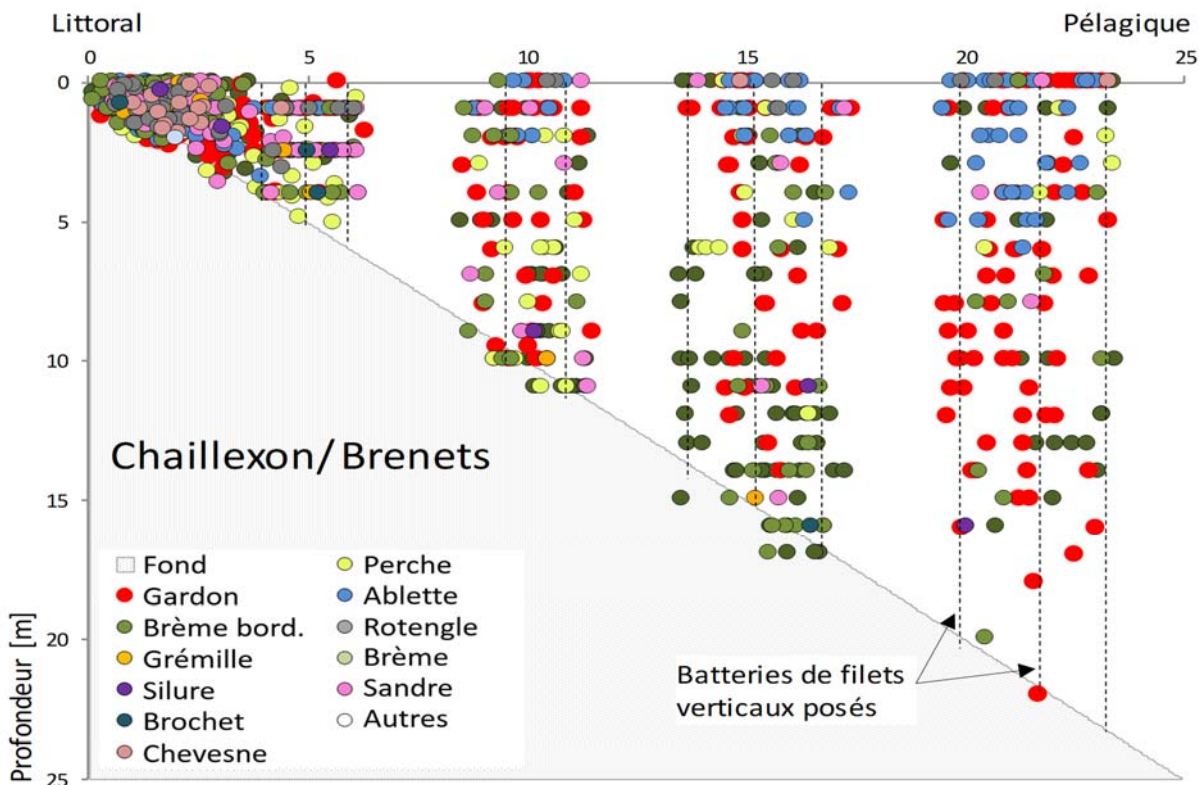


Figure 3.14 : Répartition spatiale des captures réalisées à partir des filets verticaux sur le lac de Chaillexon/Brenets

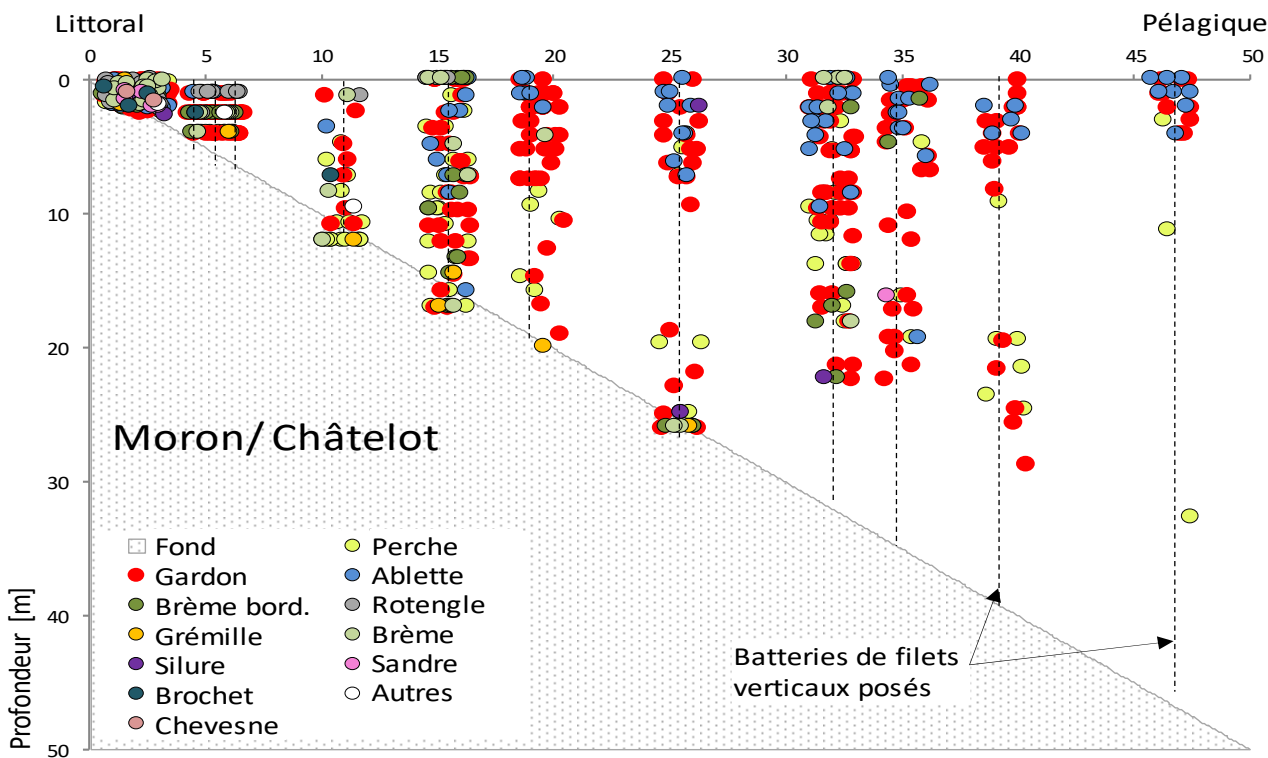


Figure 3.15 : Répartition spatiale des captures réalisées à partir des filets verticaux sur la retenue de Moron/Châtelot

3.3.5 Peuplement corrigé en fonction du volume de chaque habitat

L'attractivité envers le poissons de chaque habitat étant différente [1], il est donc toujours intéressant d'exprimer les résultats en fonction du volume de l'habitat dans lequel les captures ont été effectuées. Cette approche permet de montrer plus fidèlement l'abondance relative de chaque espèce (Figure 3.16).

brèmes plus important que la retenue de Moron/Châtelot. Alors que dans cette dernière la perche et l'ablette sont légèrement dominantes par rapport à Chaillexon/Brenets.

Il apparaît que les peuplements des deux plans d'eau sont très proches. Ils sont tous les deux dominés par du gardon. Chaillexon possède un peuplement de

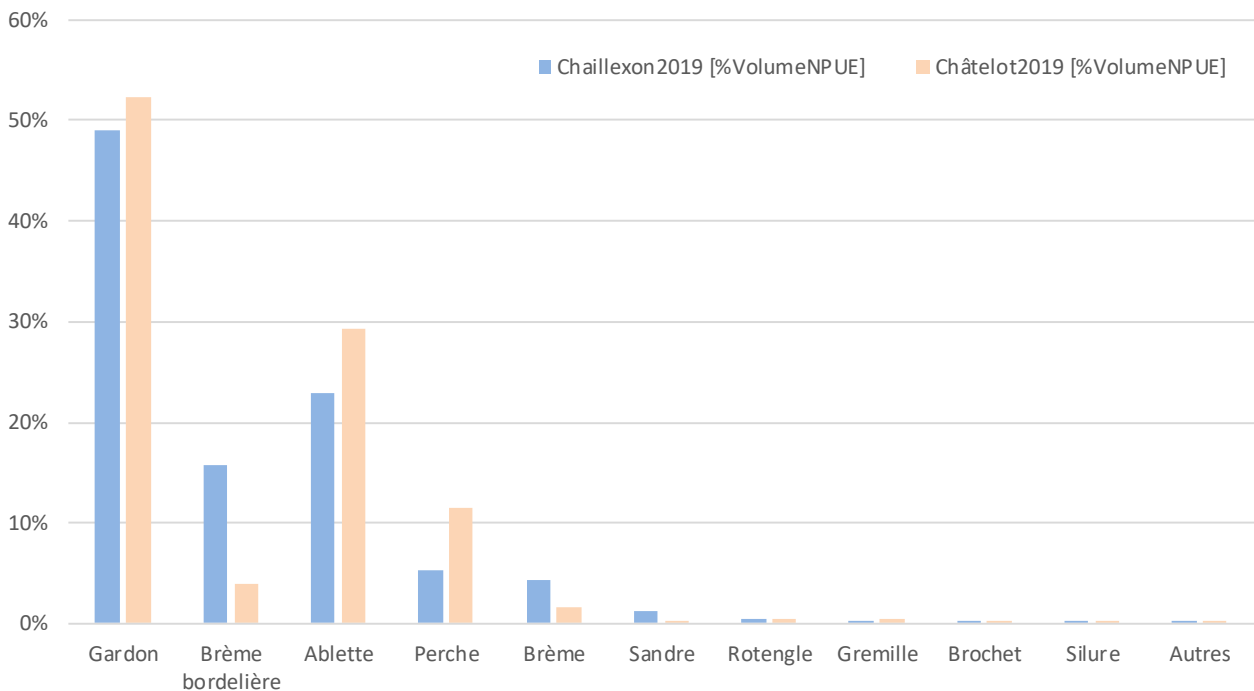


Figure 3.16 : Nombre de poissons pêchés par filets verticaux exprimé en volume de chaque plan d'eau et en fonction de l'emplacement de chaque capture. Pour plus d'informations concernant la méthode de calcul cf. Alexander et al [20].

3.3.6 Densité comparée

La plus grosse densité de poissons observée se situe entre 0 et 12 m de profondeur (Figure 3.17 et Figure 3.18). Dans la zone pélagique, la biomasse se concentre même à quelques mètres de la surface. Au niveau du lac de Chaillexon/Brenets, des individus ont été échantillonnés jusqu'à la plus grande profondeur, tandis qu'au niveau de la retenue

Moron/Châtelot les 10 à 20 derniers mètres de la colonne d'eau sont exempts de poissons.

A noter enfin, qu'au total, le lac de Chaillexon/Brenets possède 2 à 3 fois plus de poissons que la retenue de Moron/Châtelot.

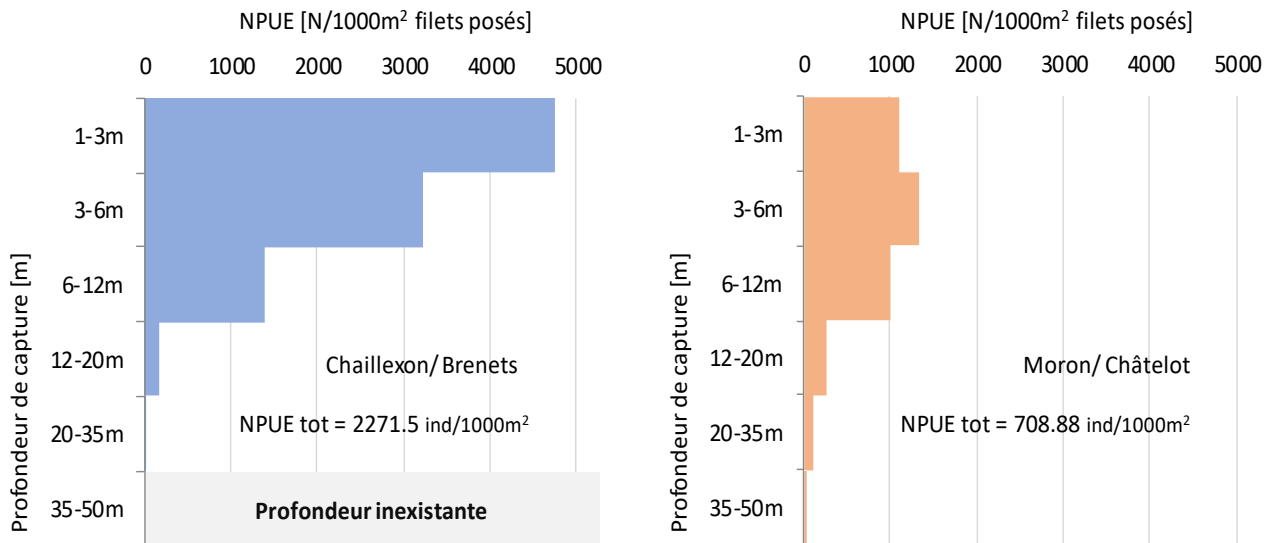


Figure 3.17 : Répartition verticale des captures réalisées sur le fond du lac à l'aide des filets benthiques CEN.

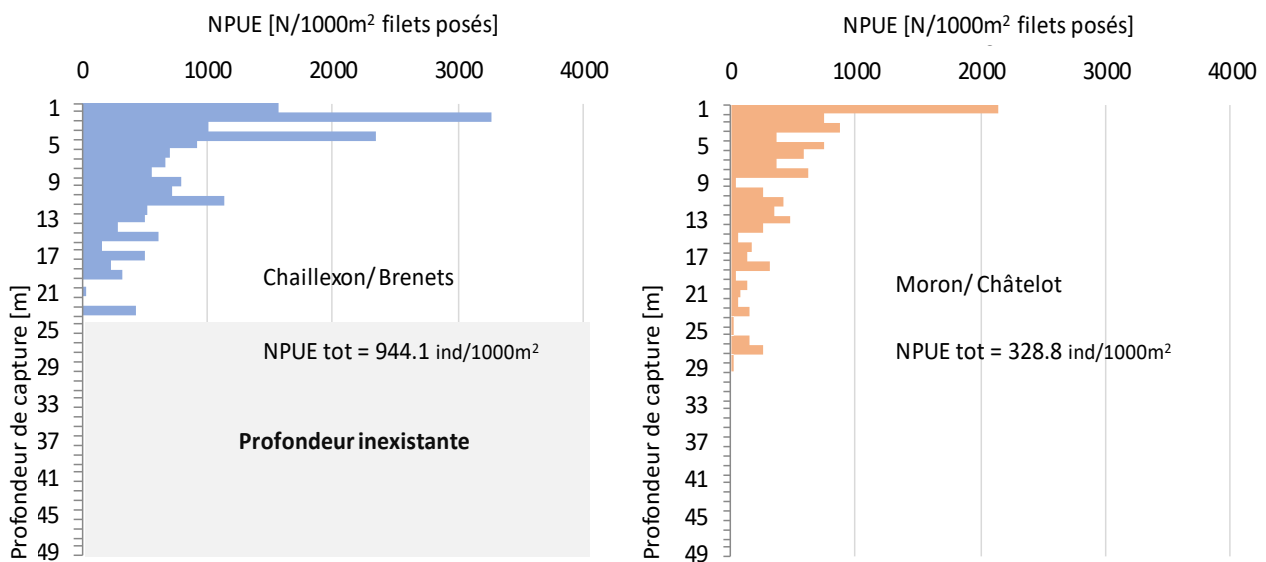


Figure 3.18 : Répartition verticale des captures réalisées dans la zone pélagique à l'aide des filets verticaux.

Les résultats des pêches électriques de bordure réalisées à pied et depuis un bateau montrent également une grande disparité entre les plans d'eau (Figure 3.19 et Tableau 3.4). Sur le lac de Chaillexon/Brenets, les densités numériques capturées par pêche électrique sont près de 20 fois plus importantes, et dominées par le gardon, que sur la retenue Moron/Châtelot, où ce dernier est presque absent des habitats de bordure. Par ailleurs, la diversité est également nettement meilleure sur le littoral de Chaillexon/Brenets.

Les habitats avec les plus grandes caches (bois mort, bloc, galet, etc..) apparaissent être les plus attractifs malgré l'abaissement prononcé du niveau d'eau de chaque plan d'eau. Étonnamment, l'arrivée du Doubs dans la retenue de Moron/Châtelot est faiblement attractive comparativement à celle du lac en amont.

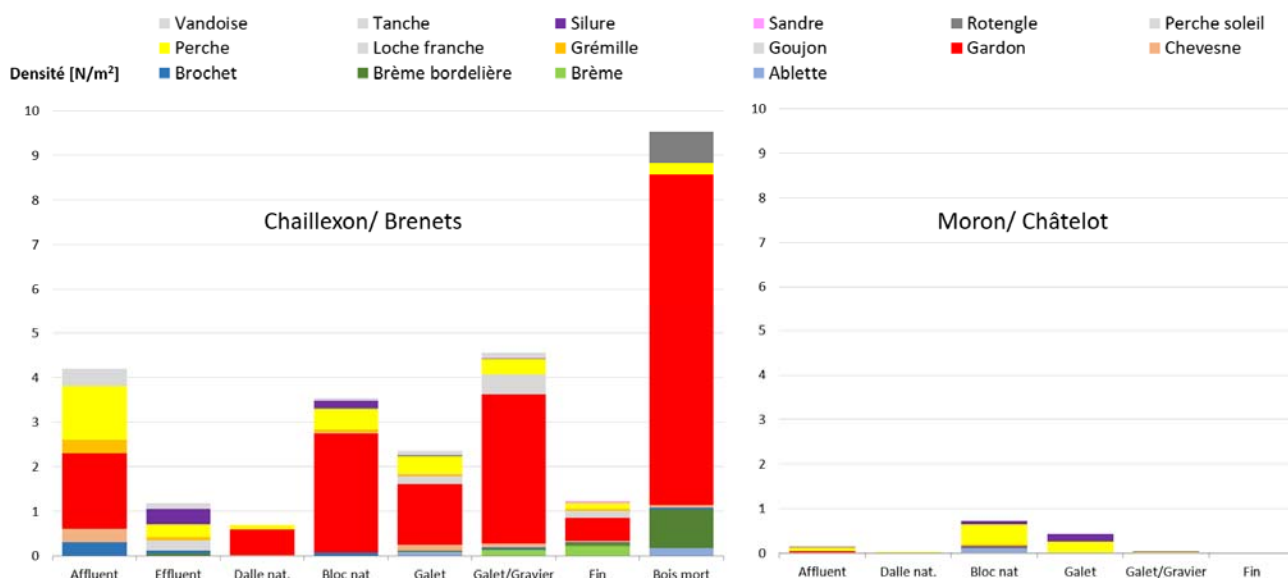


Figure 3.19 : Densité littorale des poissons capturés par pêche électrique par habitat (N= 36 par plan d'eau).

Tableau 3.4 : Associations positives (en vert) et négatives (en rouge) calculées entre les poissons et les habitats.

Chaillaxon/ Brenets									Moron/ Châtelot						
Espèce	Affluent	Effluent	Dalle nat.	Bloc nat.	Galet	Galet/Gravier	Fin	Bois mort	Espèce	Affluent	Dalle nat.	Bloc nat.	Galet	Galet/Gravier	Fin
N=36	N=1	N=1	N=9	N=6	N=6	N=6	N=4	N=3	N=36	N=2	N=5	N=9	N=5	N=12	N=3
Ablette	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	1.7	-1.0	-1.0	4.3	Ablette	-1.0	-1.0	4.6	-1.0	-0.6	-1.0
Brème	-1.0	-1.0	-0.9	-0.8	-1.0	1.8	3.9	-1.0							
Brème bordelière	-1.0	-0.5	-1.0	-1.0	-0.8	-0.9	-0.5	5.7							
Brochet	3.4	-0.1	-0.9	0.0	-0.9	-0.2	-0.9	-0.4	Brochet	-1.0	-1.0	5.0	-1.0	-1.0	-1.0
Chevesne	3.1	-1.0	-0.8	-1.0	0.7	0.0	-0.6	-0.4	Chevesne	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	5.0	-1.0
Gardon	-0.2	-1.0	-0.7	0.2	-0.4	0.5	-0.8	2.4	Gardon	3.8	-1.0	0.2	-1.0	-1.0	-1.0
Goujon	-1.0	0.8	-1.0	-0.9	0.3	2.5	0.2	-1.0							
Grémille	3.5	-0.1	-0.9	0.1	-0.5	-0.9	-0.3	-1.0	Grémille	-1.0	-1.0	1.4	2.6	-1.0	-1.0
Loche franche	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	7.0	-1.0	-1.0	-1.0							
Perche	2.0	-0.3	-0.7	0.2	0.0	-0.1	-0.7	-0.3	Perche	-0.4	-0.8	2.3	0.7	-0.9	-0.9
Perche soleil	-1.0	-1.0	-1.0	7.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0							
Rotengle	-1.0	-1.0	-1.0	-0.8	-0.6	-0.9	-0.9	6.2							
Sandre	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	1.1	4.9	-1.0							
Silure	-1.0	4.4	-1.0	1.6	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	Silure	-0.7	-1.0	0.4	3.1	-0.8	-1.0
Tanche	3.8	0.4	-1.0	-0.4	0.1	-0.9	-1.0	-1.0	Tanche	-1.0	-1.0	5.0	-1.0	-1.0	-1.0
Vandoise	-1.0	-1.0	-1.0	-0.4	-1.0	6.4	-1.0	-1.0	Vandoise	-1.0	-1.0	5.0	-1.0	-1.0	-1.0
Moyenne	0.4	-0.3	-0.9	0.0	0.1	0.3	-0.1	0.5	Moyenne	-0.4	-1.0	2.6	0.0	-0.3	-1.0

En matière de répartition d'espèces, toutes sont plus nombreuses sur Chaillaxon/Brenets sauf la perche, le chevesne, le brochet et le silure qui apparaissent en densité équivalente d'un plan d'eau à l'autre (Figure 3.20 à Figure 3.24).

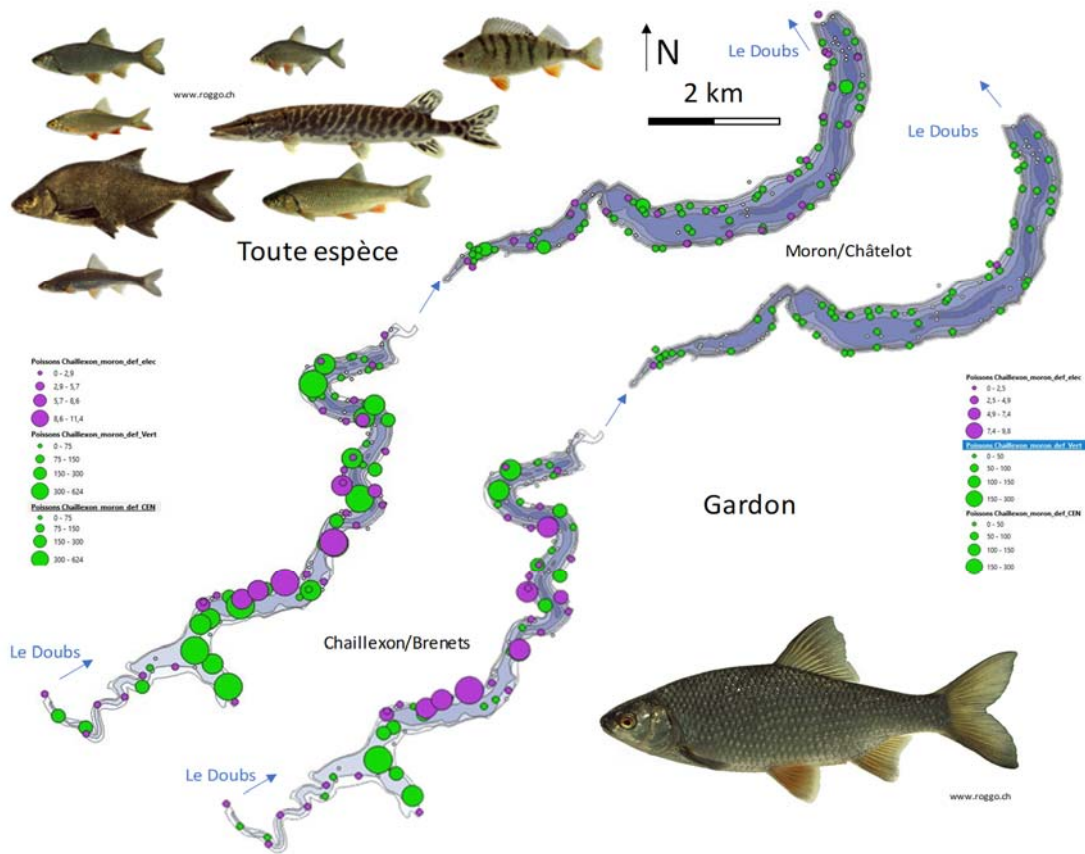


Figure 3.20 : Répartition géographique de la densité de gardon et de toute espèce confondue capturées par pêche électrique [N/m²] et aux filets [N/1000m²].

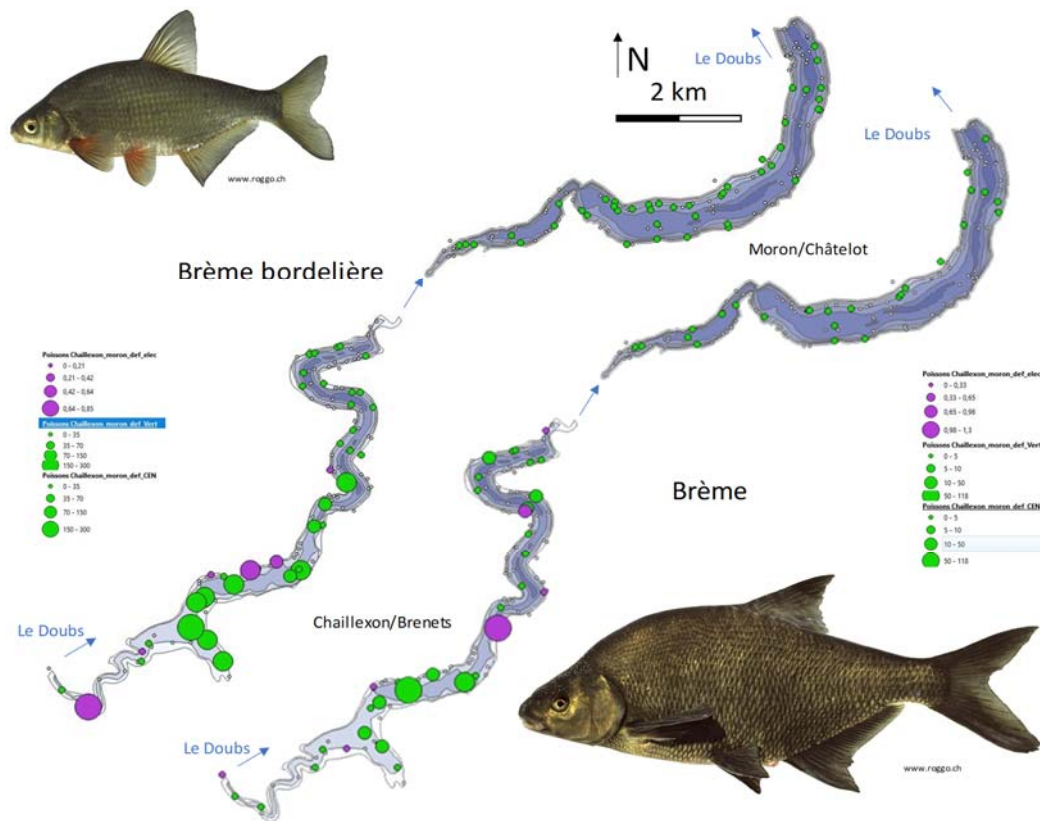


Figure 3.21 : Répartition géographique de la densité des brèmes capturées par pêche électrique [N/m²] et aux filets [N/1000m²].

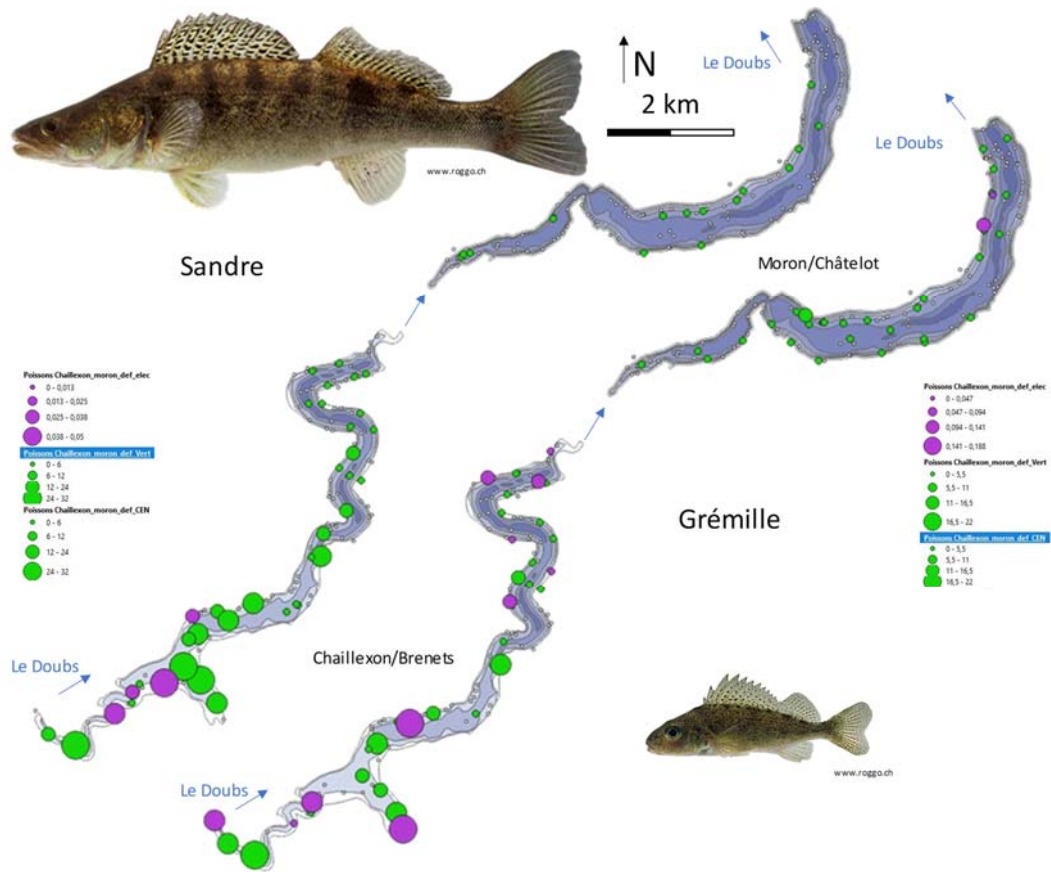


Figure 3.22 : Répartition géographique de la densité de sandre et grémille capturés par pêche électrique [N/m²] et aux filets [N/1000m²].

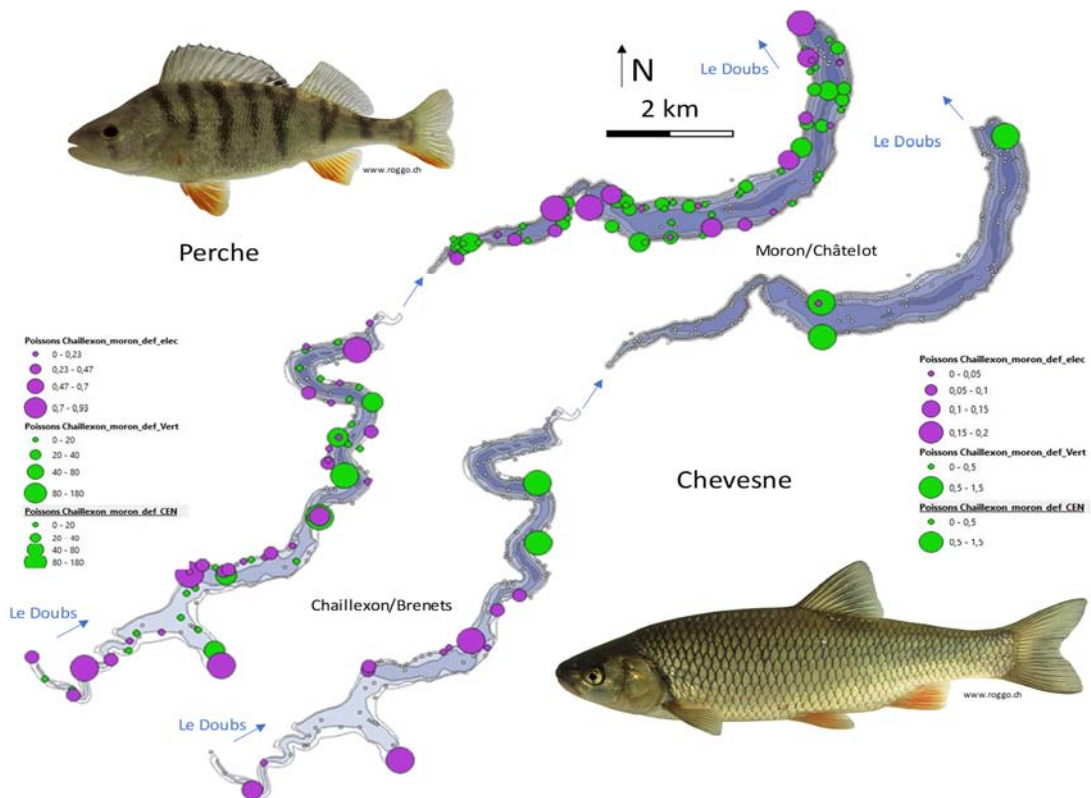


Figure 3.23 : Répartition géographique de la densité de perche et chevesne capturés par pêche électrique [N/m²] et aux filets [N/1000m²].

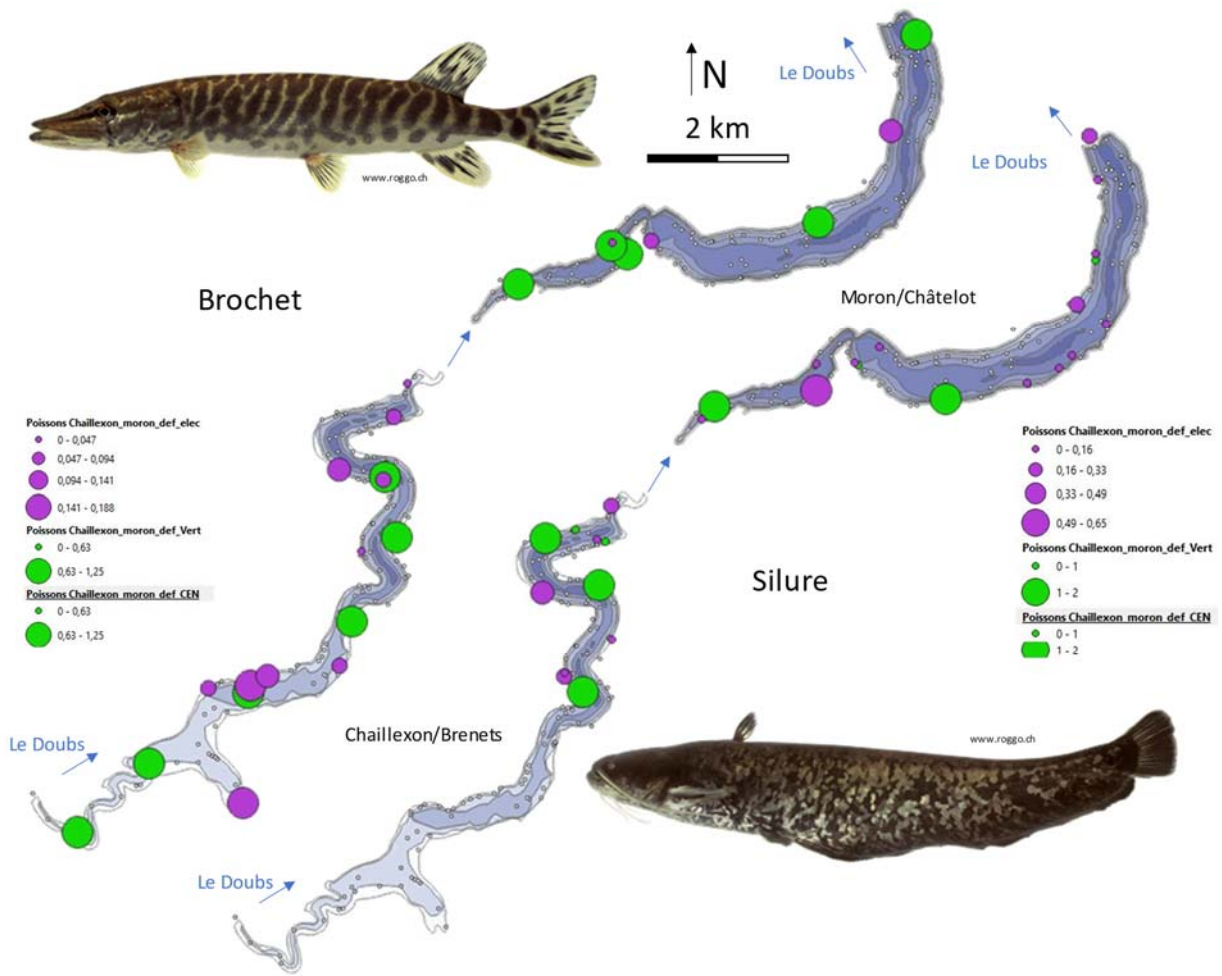


Figure 3.24 : Répartition géographique de la densité de brochet et silure capturés par pêche électrique [N/m²] et aux filets [N/1000m²].

3.4 Comparaison aux données historiques

3.4.1 Campagne de pêche filets verticaux de 1998 sur Moron/Châtelot

La comparaison avec les données disponibles de filets verticaux d'août 1998 [21] sur la retenue de Moron/Châtelot montre que le peuplement s'est réduit de 25 % en 20 ans (Figure 3.25). Cette différence reste toutefois dans la marge d'erreur liée à la technique d'inventaires aux filets[9]. La densité de poissons entre les deux époques demeure ainsi

proche. Toutefois, les densités en profondeur, déjà faibles en 1998, sont devenues nulles et celles de surface ont été divisées par deux. Une tendance à la baisse des peuplements semble donc tout de même effective.

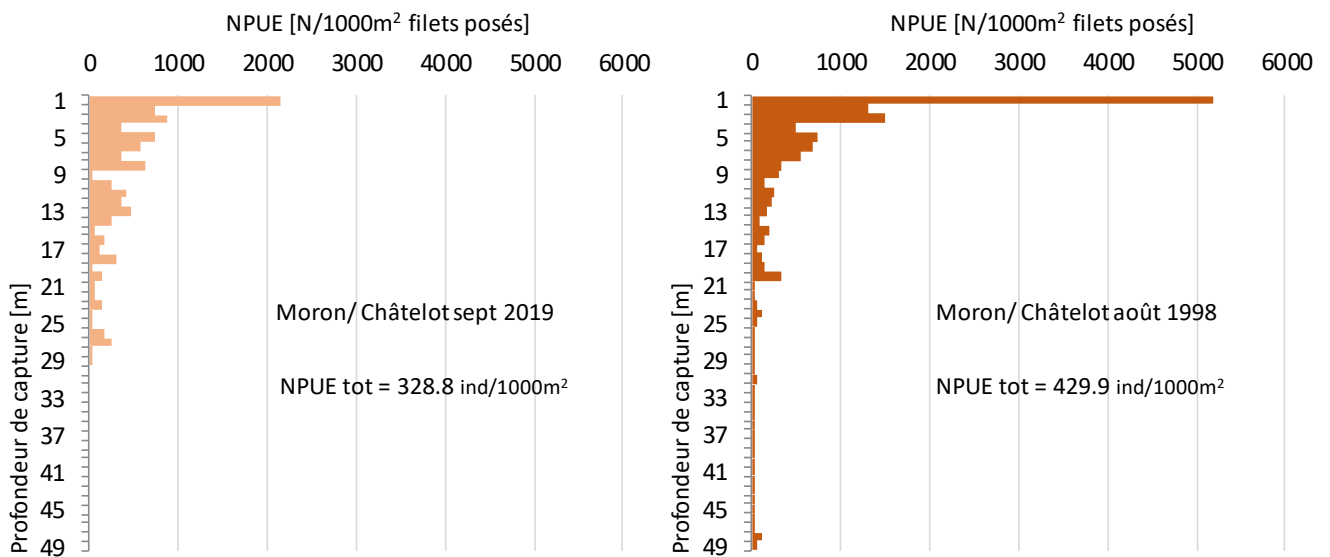


Figure 3.25 : Répartition verticale des captures réalisées dans la zone pélagique à l'aide des filets verticaux.

En matière de diversité et de composition du peuplement, les trois espèces dominantes de 1998, ablette, gardon, perche, sont toujours présentes, mais la brème bordelière est apparue (Figure 3.26). Enfin, une truite de forme lacustre avait été capturée en 1998. En 2019, un cadavre échoué

d'un individu de grande taille a été observé, preuve que cette espèce est encore présente sporadiquement dans le plan d'eau. Enfin, en 2019, du silure, rotengle, chevesne et vandoise ont été capturés en faible quantité alors que ce n'était pas le cas en 1998.

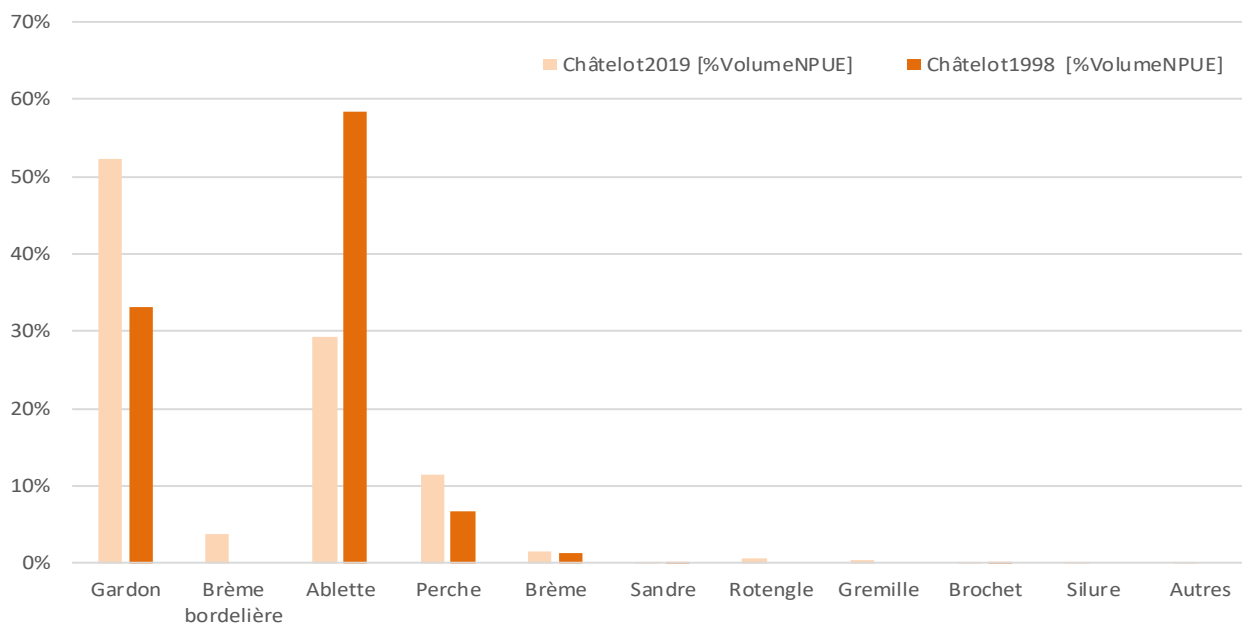


Figure 3.26 : Nombre de poissons pêchés par filets verticaux exprimé en volume de chaque plan d'eau et en fonction de l'emplacement de chaque capture de 2019 et de 1998 sur la retenue de Moron/Châtelot. Pour plus d'information concernant la méthode de calcul cf. Alexander et al [20]

3.4.2 Campagne de pêche filet CEN 2007, 2010, 2013

Les données du suivi aux filets CEN[9] de la directive cadre sur l'eau (DCE) réalisé par l'OFB montrent que la quantité de poissons n'a cessé d'augmenter à Chaillexon/Brenets. Le rendement de pêche est 4 fois plus grand pour la biomasse et 7

fois plus pour le nombre d'individus en 2019 qu'en 2007 (Figure 3.27). La diversité pêchée n'a pas varié au fil du temps. Les mêmes espèces et en même proportion ont été capturées.

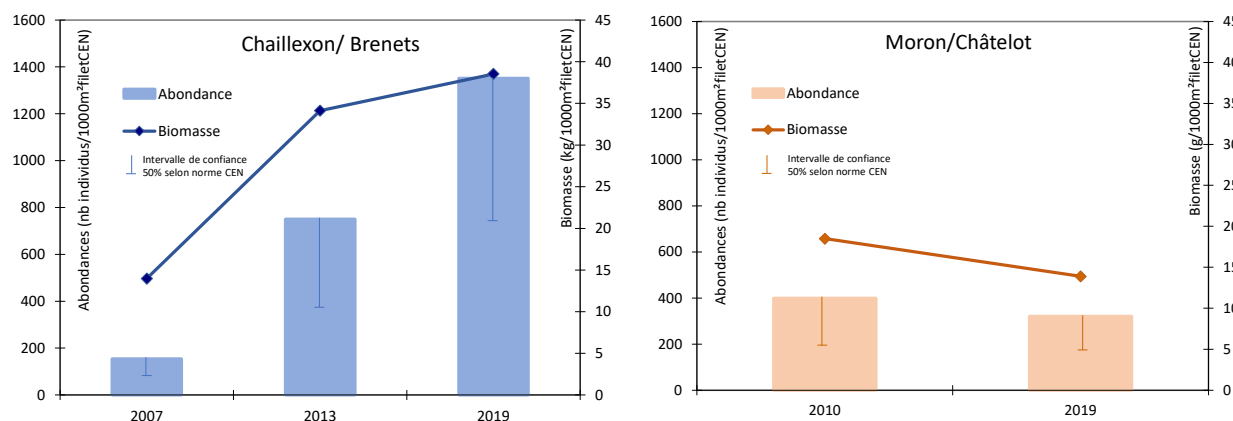


Figure 3.27 : Evolution des rendements de pêche aux filets benthiques CEN de 2007 à 2019 sur Chaillexon/Brenets et Moron/Châtelot (données OFB)

Concernant la retenue de Moron/Châtelot la situation est inverse. Les rendements de pêche sont plus faibles d'environ 25% en 2019 par rapport à 2010 (Figure 3.27). Cette différence reste toutefois dans la marge d'erreur liée à la technique d'inventaires aux

filets[9]. La densité de poissons entre les deux époques demeure ainsi proche avec une tendance à la baisse. En matière de diversité, la situation 2010 est similaire de celle de 2019. Seuls le silure et la vannoise n'avaient pas été observés en 2010.

3.5 Comparaison à d'autres lacs

3.5.1 A l'aide des filets verticaux

Comparativement au plateau suisse et à la montagne du Jura, les deux plans d'eau du Doubs se classent parmi les lacs à cyprinidés. Ils sont similaires aux lacs de Remoray, Morat, Hallwill ou Lauerz. Les corégones sont absents car la thermie et l'oxygénation

des fonds ne sont pas compatibles à leur maintien. La charge organique importante qu'ils supportent est en revanche favorable au gardon, brèmes et ablette qui prolifèrent.

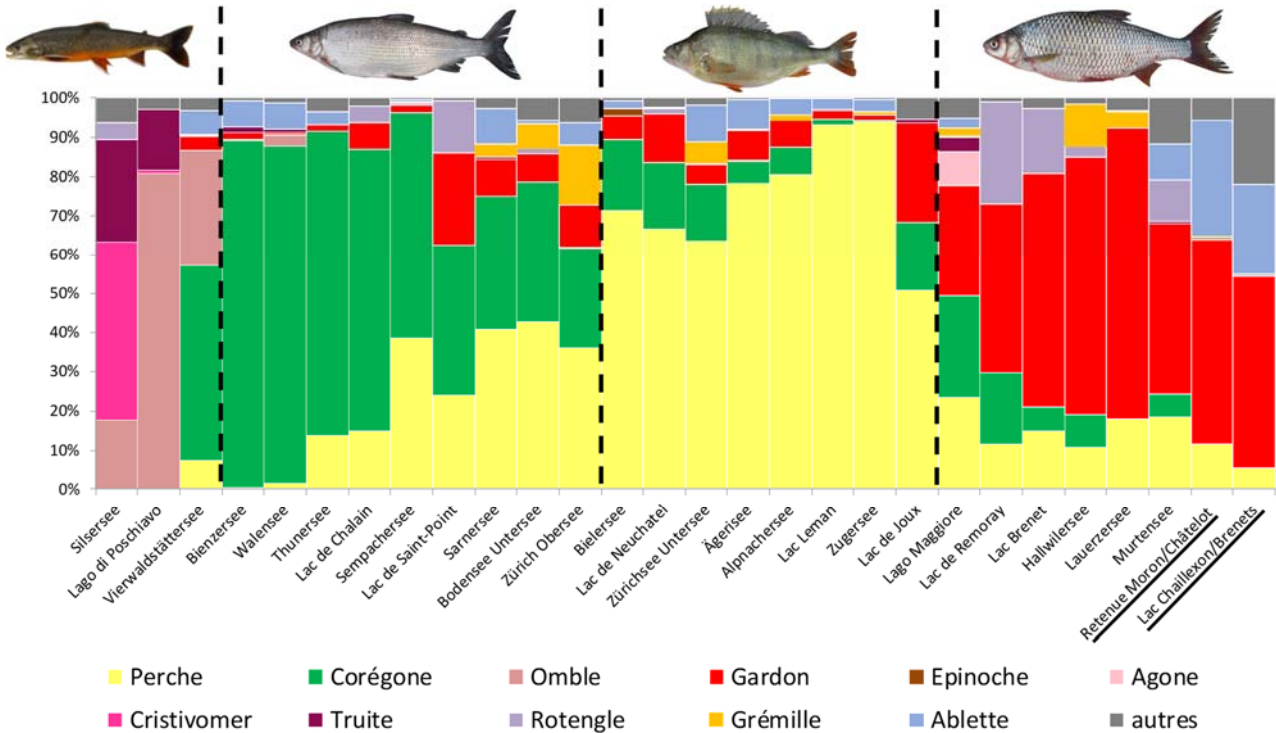


Figure 3.28 : Composition relative des captures de différents lacs déterminée à partir des filets verticaux et corrigée en proportion du volume du plan d'eau cf. § 3.3.5 et Alexander et al [20].

3.5.2 A l'aide des filets CEN

Les rendements de captures du lac de Chaillexon/Brenets étaient comparables en 2007 et 2013, aux densités observées de la plupart des lacs de l'arc jurassien (Figure 3.29). En revanche en 2019, les résultats dépassent même ceux du lac St-Point situé quelques kilomètres en amont sur le bassin versant du Doubs. Toutefois, le cœur de peuplement du lac St-Point est constitué de corégone alors que celui de Chaillexon/Brenets est dominé par du gardon et de la brème. La typologie de ces deux lacs du bassin versant du Doubs est ainsi différente et difficilement comparable. En matière de peuplement pisciaire, le lac de Chaillexon/Brenets ressemble ainsi plutôt au

lac de l'entonnoir, situé sur le plateau du Haut-Doubs aussi quelques kilomètres en amont, avec lequel il rivalise en abondance de poissons mais pas en densité pondérale.

Concernant la retenue de Moron/Châtelot, le peuplement pisciaire est similaire dans sa composition mais inférieur en densité pondérale à ceux observés sur les remous des barrages qui se succèdent sur la rivière Ain. Comparativement les poissons de Moron/Châtelot apparaissent ainsi plus petits que ceux des retenues artificielles de la rivière d'Ain.

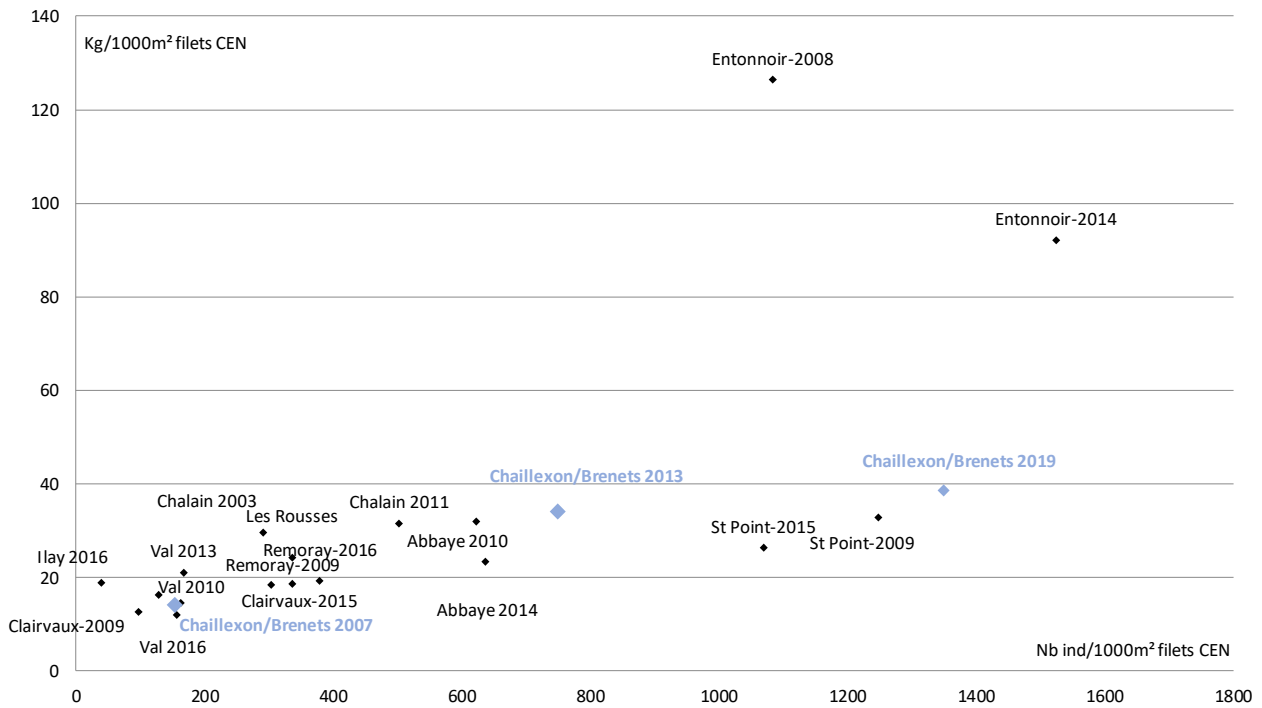


Figure 3.29 : Rendement de pêche comparé aux filets CEN des lacs naturels régionaux morphologiquement et typologiquement proches (Données OFB).

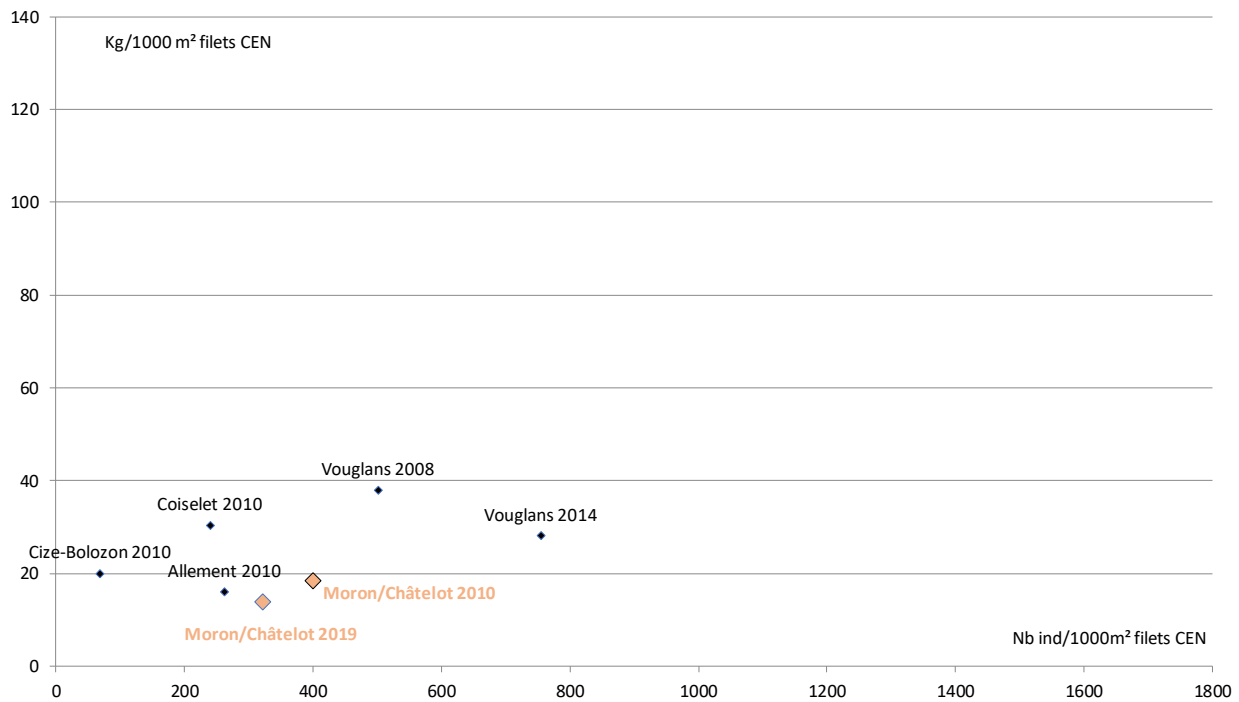


Figure 3.30 : Rendement de pêche comparé aux filets CEN des retenues artificielles régionales morphologiquement et typologiquement proches (Données OFB).

4 Diagnose écologique des plans d'eau du Doubs

4.1 Qualité de l'eau

La pollution des eaux domestiques dont le phosphate est un marqueur fort, a diminué depuis 50 ans. Les efforts consentis dans l'épuration et la réduction de l'utilisation du phosphore ont a priori été efficaces. Les contaminations métalliques et en HAP paraissent stables mais importantes depuis 20 ans. En revanche, une légère augmentation de la charge en azote et en produits de synthèse utilisés dans l'agriculture semble effective.

Compte tenu des normes internationales sur la qualité des eaux et des sédiments, l'état chimique du Doubs et ses plans d'eau peut être qualifié de bon à très bon sauf pour les micropolluants, les métaux et les HAP sur sédiments. Cette synthèse récente confirme l'état des lieux réalisé par les autorités franco-suissees en 2011[22]. La qualité des eaux du Doubs ne semble donc pas avoir sensiblement variée ces dernières décennies. Elle est meilleure qu'avant la mise en place de l'épuration, mais demeure problématique pour passablement de paramètres.

C'est peut-être la raison pour laquelle, les conditions de vie en fin de période estivale des profondeurs sur les deux plans d'eau se sont dégradées. En effet, malgré la nette réduction des contaminations aux phosphates intervenue à la fin du 20^{ème} siècle, la colonne d'eau se désoxygénise systématiquement à l'automne sur les deux plans d'eau alors que jadis ce n'était pas le cas.

Toutefois, la situation actuelle de Chaillexon est particulière et différente des campagnes 2007, 2010 et 2016 : en août 2019, une désoxygénation de la colonne d'eau entre 5 m et 11 m a été observée (Figure

4.1), alors qu'étrangement le fond possède toujours de l'oxygène. Le 19 septembre 2019, cette couche hypoxique s'étend jusqu'au fond du plan d'eau.

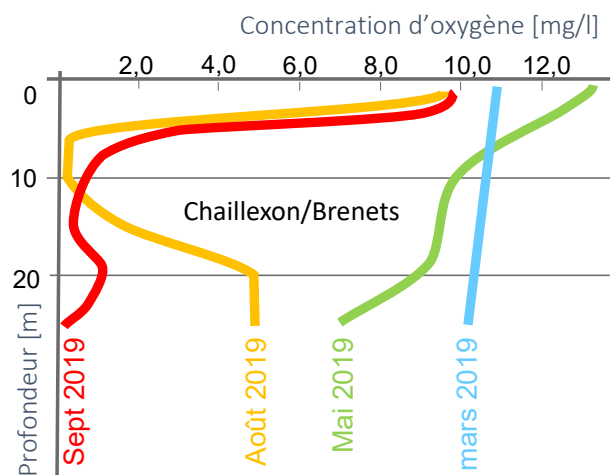


Figure 4.1 : Oxygénation 2019 de la colonne d'eau sur Chaillexon/Brenets (données Agence de l'eau)

Toutefois au jour près, du poisson a été pêché à quasi toutes les profondeurs (Figure 3.14 et suivantes). En effet, contrairement à Moron/Châtelot qui ne possède plus de poisson où la colonne d'eau devient anoxique (>25-30 m), à Chaillexon/Brenets des gardons et des brèmes ont été capturés à plus de 20 m de fond. Une vision géographique de la répartition des captures à plus de 12m de fond montre également que la présence de poissons démersaux est assez uniforme dans chaque plan d'eau (Figure 4.2). Ainsi, les données physico-chimiques de la colonne d'eau de Chaillexon/Brenets ne correspondent étrangement pas à la situation ichtyologique observée.

Espèces capturées > 12 m de profondeur

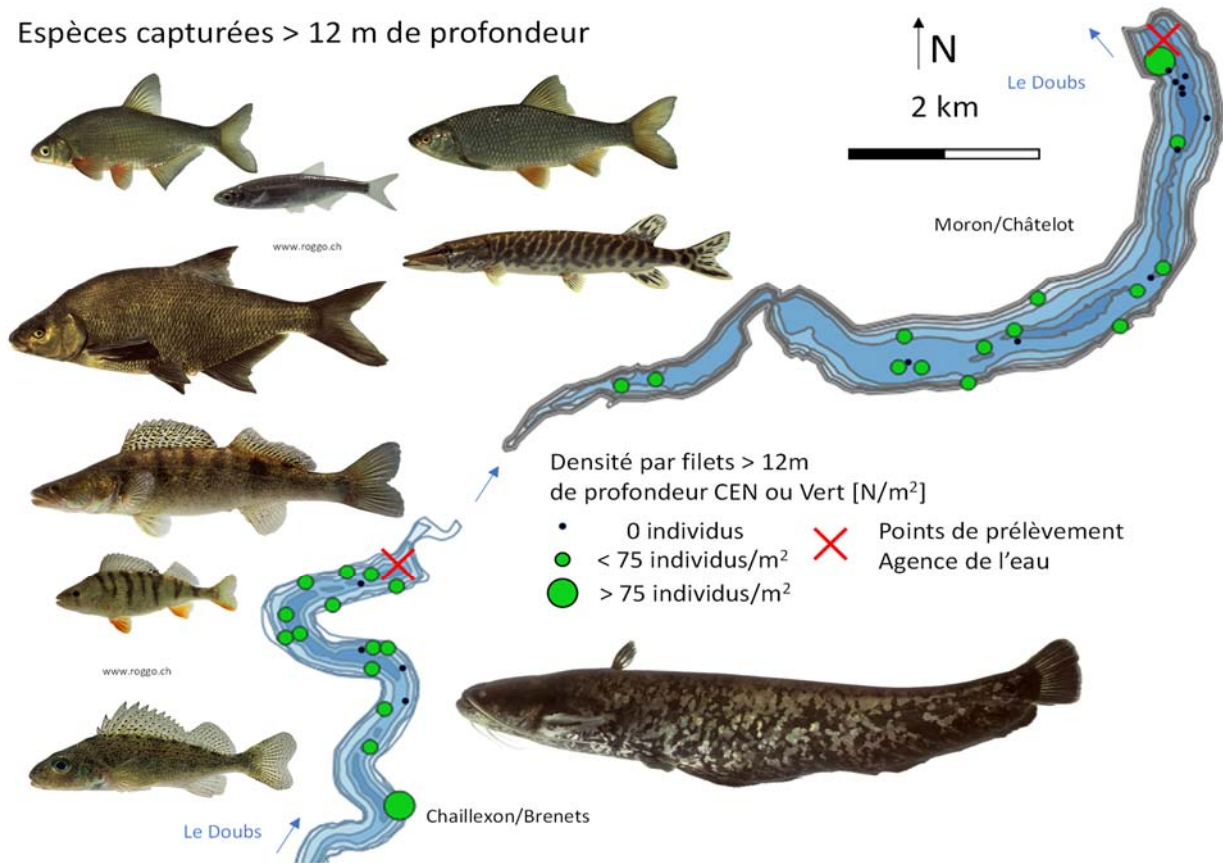


Figure 4.2 : Densité numérique des captures à plus de 12 m de profondeur toute espèce confondue.

4.2 Habitats littoraux

La situation des habitats littoraux des deux plans d'eau est singulière. En effet, compte tenu des bas niveaux d'eau, la végétation ne participe presque jamais à l'attractivité des rives en été. Quelques bois morts immergés jouent le rôle de refuge, mais les habitats au contact de l'eau sont minéraux : sédiments fins, galet/gravier, bloc et dalle. L'analyse des pêches électriques réalisées montre toutefois que plus les anfractuosités présentées par les habitats sont grandes plus la densité pisciaire est élevée. La présence d'eau courante (affluent, efférence) est également un facteur qui favorise la présence d'une diversité d'espèces. D'un plan d'eau à l'autre, les densités de poissons en bordure sont grandement différentes. Le lac de Chaillexon/Brenets possède 20 fois plus de poissons dans le 0-2 m du littoral que la retenue de Moron/Châtelot. Cette différence notable trouve certainement une explication dans la forme du littoral, plus pentu à Moron/Châtelot, et dans la gestion artificielle des niveaux d'eau. Alors qu'à Chaillexon/Brenets, l'altitude du plan d'eau suit

l'évolution naturelle de l'hydrologie du bassin du Doubs, celle de Moron/Châtelot est dépendante de la production d'hydroélectricité (Figure 4.3).

Toujours en rapport avec l'hydrologie, il est encore important de préciser que les sécheresses importantes de 2018 et 2019, durant lesquelles la navigation publique a dû être limitée, voire même arrêtée, n'ont pas affecté le peuplement de poissons du lac de Chaillexon/Brenets. Au contraire, les densités pisciaires tant numériques que pondérales semblent être dopées par l'assèchement temporaire estival des hauts fonds. Cette situation paradoxale se rapproche du fonctionnement du lac de l'entonnoir situé quelques kilomètres en amont, et qui est connu pour s'assécher presque totalement lors de périodes prolongées à faibles précipitations. Ainsi, le manque d'eau naturel temporaire serait positif à la productivité pisciaire lacustre. En revanche, la gestion artificielle et permanente des niveaux d'eau y serait délétère.

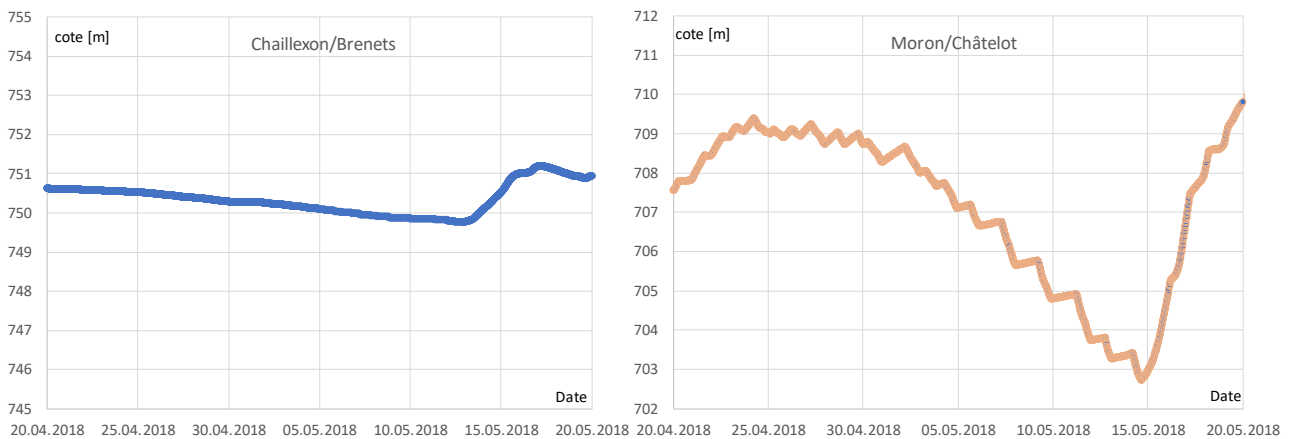


Figure 4.3 : Exemple de l'évolution des niveaux d'eau comparée d'un plan d'eau à l'autre en début de période de reproduction des cyprinidés (données OFEV et Groupe E).

4.3 Peuplement pisciaire

En amont du Saut du Doubs, la diversité originelle la plus probable se résume à une seule espèce : la truite. Or, aucun individu n'a été capturé. Néanmoins, cette espèce demeure présente en amont sur le Doubs et ses affluents. Elle n'est certainement pas présente dans le plan d'eau pour une raison thermique et typologique mais la situation des affluents ainsi que des problèmes de continuité écologique pourraient également l'expliquer. Les autres espèces ne semblent pas avoir changé au fil du temps. Le cœur du peuplement est cyprinicole (gardon, ablette, brèmes).

Sur la retenue de Moron/Châtelot, il est utile de rappeler que le peuplement originel était inféodé aux eaux courantes avec une dominance salmonicole (truite, ombre, etc.). La construction du barrage du Chatelôt dans les années 50 a transformé 3,5 km de la rivière Doubs en retenue artificielle de plus de 50 m de profondeur à plein bord. Logiquement, la diversité des poissons observées dans le lac naturel de Chaillexon/Brenets en amont se retrouve en aval. Cependant, les densités observées sont nettement plus faibles, surtout en zone littorale.

4.4 Comparatif temporel et avec d'autres lacs

Le lac de Chaillexon/Brenets possédait avant 2010 une densité de poissons comparable aux autres lacs du massif jurassien. Depuis cette date, les rendements de pêche n'ont cessé de s'accroître pour s'approcher du lac de l'entonnoir, plan d'eau situé quelques kilomètres en amont et le plus poissonneux de la région. Compte tenu du régime particulier de ce dernier, qui se vide presque complètement lors d'années sèches, il est probable que la sévérité des étiages accumulés ces dernières années ait favorisé le peuplement du lac de Chaillexon/Moron en mettant à sec les hauts-fonds d'une manière récurrente et coordonnée aux saisons. Le changement de

qualité d'eau intervenu peut également avoir contribué à cette évolution.

Pour la retenue de Moron/Châtelot, la tendance est inverse. La densité des peuplements s'est réduite depuis 1998. Cette réduction est récente car elle peut être mesurée dans les rendements de pêche CEN entre 2010 et 2019. En particulier, la désertion des strates de profondeurs du plan d'eau en fin de période estivale est manifeste. Ceci est la conséquence de la désoxygénation attestée par les mesures de colonne d'eau réalisées.

5 Conclusion

Les plans d'eau internationaux de Chaillexon/Brenets et de Moron/Châtelot sont très similaires :

- Ils sont en enfilade et tous les deux traversés par la rivière Doubs
- Ils ont quasiment le même apport hydrologique et la même qualité d'eau, non référentielle par ailleurs.
- Leur forme, leur profondeur, leur altitude et la nature de leurs berges sont peu différentes.
- La mise à sec de la végétation rivulaire lors d'épisode de sécheresse est systématique.
- La diversité pisciaire est quasi identique.
- L'utilisation de filets maillants y est interdite et la pêche de loisir y est pratiquée de la même manière, et ce, de chaque côté de la frontière.

Pourtant en 2019, la densité piscicole est 20 fois plus grande en bordure et 2 à 3 fois plus importante en pleine eau, sur le lac de Chaillexon/Brenets situé en amont du saut du Doubs. Le caractère naturel du plan d'eau, la gestion du niveau d'eau non artificialisée coordonnée aux saisons et la mise à sec récurrente et progressive des hauts-fonds lors des sécheresses expliqueraient les différences notoires constatées.

En effet, le marnage contraint lié à l'exploitation hydroélectrique de la retenue de Moron/Châtelot semble particulièrement problématique pour le recrutement des espèces, qui se reproduisent toutes en bordure ou sur les talus. Parallèlement, l'absence de hauts-fonds étendus comme sur

l'amont du lac de Chaillexon doit également avoir une influence. Enfin, la mauvaise qualité d'eau du Doubs provoque la désertion des couches profondes, ce qui était moins le cas avant l'an 2000.

En matière de peuplement de poissons, les deux plans d'eau sont à dominance cyprinicole (gardon, ablette, brèmes) et possèdent presque la même variété d'espèces.

Comparativement aux autres plans d'eau de l'arc jurassien, le lac de Chaillexon/Brenets présente en 2019 un rendement de pêche qui se rapproche des meilleurs (lac de l'entonnoir, lac St-Point) alors que la retenue de Moron/Châtelot est en queue de classement par rapport aux remous de la chaîne des barrages de l'Ain. Cette situation est récente car depuis les années 2000, le lac de Chaillexon/Brenets a vu sa densité pisciaire triplée et la retenue de Moron/Châtelot se réduire d'un quart. Les causes de cette évolution paradoxale sont à nouveau à rechercher dans la gestion artificielle des niveaux d'eau, un changement de qualité d'eau et l'assèchement récurrent des hauts-fonds intervenu d'une manière consécutive aux fréquentes sécheresses.

6 Recommandations

En premier lieu et pour les deux plans d'eau ainsi que le Doubs en général, il convient de poursuivre les efforts en matière de lutte contre les pollutions. La qualité de la ressource en eau doit demeurer une priorité absolue d'autant plus importante que ces dernières années des étiages toujours plus sévères sont observés, ce qui concentre et exacerbe les conséquences des contaminations. Les intrants agricoles industriels et domestiques doivent être systématiquement diminués. En outre, l'origine des résultats physico-chimiques particuliers obtenus en 2019 sur Chaillexon/ Brenets et qui apparaissent contradictoires à l'observation biologique réalisée devrait être élucidée.

Parallèlement à l'épuration et à la limitation de l'apport des polluants, la politique restauratoire des zones humides et des affluents du réseau hydrographique du plateau du haut Doubs doit aussi être poursuivie voire intensifiée.

A titre d'exemple la morphologie du Doubs dans la plaine de Morteau devrait être améliorée. Elle se

présente très monotone et en basses eaux les berges sont hautement déconnectées. Il en va de même pour les quelques affluents, même temporaires, alimentant directement ou indirectement les plans d'eau.

Sur les plans d'eau eux-mêmes, le littoral doit être préservé le plus naturel possible. En particulier, les habitats arborant des anfractuosités doivent être protégés car ils jouent un rôle refuge indéniable. Les bois morts acheminés par les crues et les troncs d'arbres tombés ne devraient ainsi pas être retirés, mais laissés sur place ou ancrés hors des voies de navigations.

Enfin, une réflexion sur la gestion des niveaux d'eau du remous du barrage du Châtelot devrait être engagée si l'on veut améliorer la qualité du peuplement pisciaire et le potentiel halieutique de cette retenue artificielle.

7 Bibliographie

1. Degiorgi, F., JP Grandmottet, JC Raymond, and J Rivier. 2001. Echantillonnage de l'ichtyofaune lacustre: engin passifs et protocole de prospection. In *Gestion piscicole des grands plans d'eau*, 151–182. Paris: INRA.
2. Degiorgi, F., and J.C. Raymond. 2000. *Guide technique - Utilisation de l'ichtyofaune pour la détermination de la qualité globale des écosystèmes d'eau courante*. Rapport CSP Agence de l'eau. Bron.
3. Kottelat, M., and J. Freyhof. 2007. *Handbook of European freshwater fishes*.
4. Vonlanthen, P., D. Bittner, A. Hudson, K.A. Young, R. Müller, B. Lundsgaard-Hansen, D. Roy, C.R. Largiadèr, and O. Seehausen. 2012. Anthropogenic eutrophication drives extinction by speciation reversal in adaptive radiations. *Nature* 482: 375–382.
5. Alexander, T., and O. Seehausen. 2019. Diversity, distribution and community composition of fish in perialpine lakes Projet Lac synthesis report. *Rapport OFEV*.
6. Karr, J. 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* 6: 21–27.
7. Gagnebin, J. 2009. Vincent Bichet et Michel Campy, Montagnes du Jura – Géologie et paysages. *Quaternaire* 20/2: 266.
8. Delebecque, A. 1898. *Les lacs français*. Chamerot et Renouard. Paris.
9. CEN. 2005. Water quality - Sampling of fish with multi-mesh gillnets.
10. Verneaux, J. 1973. Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs : Essai de biotypologie. Université de Besançon.
11. Degiorgi, F. 2001. *Étude des potentiels écologiques de 2 milieux aquatiques remarquables du site Natura 2000 "Bonlieu."* Rapport bureau d'étude Teleos. Rapport Pour l'ONF. Besançon.
12. Frontin, D. 2019. Économie de pêche au Mésolithique et diversité piscicole à l'Holocène ancien dans le bassin hydrographique du Doubs. *Archéologie et Préhistoire.*, Paris: Université Panthéon-Sorbonne-Paris.
13. Josse, E. 1924. *Les poissons du bassin du lac St-Point*. Faivre-Vernay. Pontarlier.
14. Kreitmann, L. 1937. *Étude hydrobiologique et aménagement piscicole de trois lacs du Jura utilisés industriellement*. Eaux et Forêts. Grenoble.
15. Denys, G. 2015. Taxonomie intégrative des poissons d'eau douce de France métropolitaine. Paris: Museum National d'Histoire Naturelle.
16. Pysek, P. 1995. On the terminology used in plant invasion studies. *Plant Invasions - General Aspects and Special Problems* 77–81.
17. Terrin, E., K. Diadema, and N. Fort. 2014. Stratégie régionale relative aux espèces végétales exotiques envahissantes en Provence- Alpes-Côte d'Azur et son plan d'actions. *Conservatoire botanique Région PACA*.
18. Pedrolì, JC, B Zaugg, and Kirchofer A. 1991. *Atlas de distribution des poissons et cyclostomes de Suisse*. Neuchâtel: Centre suisse de cartographie de la faune, 207 p.
19. Zaugg, B. 2018. *Fauna Helvetica - Pisces - Atlas*. CSCF.
20. Alexander, T. J., P. Vonlanthen, G. Périat, F. Degiorgi, J. C. Raymond, and O. Seehausen. 2015. Estimating whole-lake fish catch per unit effort. *Fisheries Research* 172: 287–302.
21. Degiorgi, F., J.P. Vergon, and J.C. Raymond. 2000. *Étude piscicole de la Retenue du Châtelot - Lac de Moron*. Conseil supérieur de la pêche.
22. EPTB, Saône et Doubs. 2011. *Projet intégré du Doubs Franco-Suisse. Etat des lieux / diagnostic du bassin versant. Rapport principal*. Besançon: EPTB Saône et Doubs.

8 Annexes

8.1 Listes des prélèvements génétiques

Nom commun	Nom scientifique	Nombre d'individus Chaillexon/Brenets	échantillonnés Moron/Châtelot
Ablette	<i>Alburnus alburnus</i>	21	5
Brème bordelière	<i>Blicca bjoerkna</i>	16	7
Brème Commune	<i>Abramis brama</i>	23	3
Brochet	<i>Esox lucius</i>		1
Gardon	<i>Rutilus rutilus</i>	20	54
Hybride		1	
Perche	<i>Perca fluviatilis</i>	10	24
Rotengle	<i>Scardinius sp</i>	11	6
Sandre	<i>Sander lucioperca</i>	16	1
Total		118	101



LCH0001



LCH0002



LCH0003



LCH0004



LCH0005



LCH0006



LCH0007



LCH0008



LCH0009



LCH0010



LCH0011



LCH0012



LCH0013



LCH0014



LCH0015



LCH0016



LCH0017



LCH0018



LCH0019



LCH0020



LCH0021



LCH0022



LCH0023



LCH0024



LCH0025



LCH0026



LCH0027



LCH0028



LCH0029



LCH0030



LCH0031



LCH0032



LCH0033



LCH0034



LCH0035



LCH0036



LCH0037



LCH0038



LCH0039



LCH0040



LCH0041



LCH0042



LCH0043



LCH0044



LCH0045



LCH0046



LCH0047



LCH0048



LCH0049



LCH0050



LCH0051



LCH0052



LCH0053



LCH0054



LCH0055



LCH0056



LCH0057



LCH0058



LCH0059



LCH0060



LCH0061



LCH0062



LCH0063



LCH0064



LCH0065



LCH0066



LCH0067



LCH0068



LCH0071



LCH0072



LCH0073



LCH0074



LCH0075



LCH0076



LCH0077



LCH0078



LCH0079



LCH0080



LCH0081



LCH0082



LCH0083



LCH0084



LCH0085



LCH0086



LCH0087



LCH0088



LCH0089



LCH0090



LCH0091
10/13



LCH0092



LCH0093



LCH0094



LCH0095



LCH0096



LCH0097



LCH0098



LCH0099



LCH0100



LCH0101



LCH0102



LCH0103



LCH0104



LCH0105



LCH0106



LCH0107



LCH0108



LCH0109
12/13



LCH0110



LCH0111



LCH0112



LCH0113



LCH0114



LCH0115



LCH0116



LCH0117

