Lacs de Bellefontaine (Jura) et des Mortes (Doubs)

Suivi piscicole

Jean-Baptiste Fagot
Fédération du Jura pour la Pêche
et la Protection des Milieux Aquatiques

Version finale
30 mars 2023

Remerciements

Fédération du Jura pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique

Corinne Esseiva
Mehdi El Bettah
Roland Brunet
Adrien Lavigne
Fabien Millet
Philippe Mougin
Stéphane Pizzetti
Valéry Recouvreux
Claude Trochaud
Jean-Baptiste Fagot (rédacteur et rapporteur)

Fédération du Doubs pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique

Jean-Sébastien Brocard
Alexandre Cheval
Thomas Groubatch
Thomas Poulleau
Christian Rossignon
Laurent Sauvageot

Bureau d'études Téléos et partenaires

Fanny Poulleau
Hervé Découcière
François Degiorgi
Jonathan Paris
Guy Périat
Daniel Schlunke
Pascal Vonlanthen

Parc Naturel Régional du Haut-Jura

Pierre Durlet

Agence de l'eau RMC

Valérie Paul
Sébastien Canault

Université de Franche-Comté

Laurent Millet

Bénévoles, propriétaires et acteurs locaux

Martine Guyon
Christine Lamy
Cédric Chevassus
Gérard Gerbod
Les autres bénévoles qui ont pu nous aider lors du démaillage

Cliché Daniel Schlunke

1 Résumé

Les lacs de Bellefontaine et des Mortes offre un cadre naturel et paysager splendide au pied du massif du Risoux. Ils constituent également la tête de bassin d'un hydrosystème souterrain karstique, dont l'exurgence a lieu au niveau de la Doye Gabet à Morbier, dans la vallée de la Bienne.

Le contexte naturel de la zone engendre la présence d'une très importante quantité de matière organique dans les sédiments du lac. La morphologie des deux cuvettes permet de multiples brassages de l'eau au cours de l'année. On n'observe donc pas de désoxygénation marquée et durable au sein de la colonne d'eau. Peu de molécules exogènes ont été mises en évidence dans l'eau, mais peu de données de qualité physico-chimique sont disponibles.

Les habitats humides observés à proximité des plans d'eau présentent un intérêt patrimonial très fort, avec 80% des habitats rencontrés d'intérêt communautaire. Leur état de conservation est par ailleurs majoritairement excellent ou bon.

La gestion du niveau du plan d'eau constitue également un enjeu majeur de la préservation de la qualité de l'eau et des habitats. Celle-ci s'organise autour de la gestion de l'ouvrage situé à l'exutoire du lac, et également en lien avec les prélèvements pouvant être réalisés au titre de l'alimentation en eau potable. La faible profondeur des cuvettes lacustres entraîne une vulnérabilité accrue concernant cette thématique.

Le peuplement piscicole des lacs des Mortes et de Bellefontaine présente un état de conservation assez bon en rapport aux autres lacs du département du Jura, notamment en terme de composition du peuplement, mais également dans son abondance de brochets, meilleure que sur d'autres plans d'eau.

Afin de maintenir et/ou de restaurer le fonctionnement écologique de ces milieux naturels, il apparaît indispensable d'engager un ambitieux programme. Cette démarche doit passer par un éventail d'opérations complémentaires telles que l'évolution de certaines pratiques sur le territoire et/ou d'aménagements de l'espace, et la recherche de nouvelles clés de compréhension des fonctionnements écologiques actuels.

Ces actions opérationnelles doivent être accompagnées par la mise en œuvre et/ou par la poursuite de mesures d'acquisition de connaissance, de suivi et de gestion, afin de pouvoir en contrôler l'efficacité et les éventuelles limitations.

Table des matières

1 Résumé **4**

2 Contexte et objectifs **8**
2.1 Contexte 8
2.2 Objectifs 9

3 Principales observations **10**
3.1 Peuplements piscicoles 10
3.1.1 Méthodes d'investigation 10
3.1.2 Évolution historique 14
3.1.3 Répartition 18
3.2 Étude des milieux 21
3.2.1 Cartographie de l'espace lacustre 21
3.2.2 Variations du niveau du lac 26
3.2.3 Physico-chimie des eaux 30

4 États des lieux **33**

5 Propositions d'action **35**
5.1 Usages sur le bassin versant 35
5.2 Gestion 35
5.3 Suivi 36
5.4 Connaissance 36
5.5 Synthèse 37

6 Conclusion **38**

7 Bibliographie **40**

8 Annexes **45**
.1 Informations techniques 46

Acronymes

AAPPMA Association Agréée pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques

AEP Alimentation en Eau Potable

AFF AFFérence

ARS Agence Régionale de Santé

BLO BLOc

BLS BLOc colmaté

BRA BRAnchage

BRO Brochet

CD39 Conseil Départemental du Jura

CLC Corine Land Cover

COT Carbone Organique Total

CPUE Capture Par Unité d'Effort

DCE Directive Cadre sur l'Eau

DHFF Directive Habitats-Faune-Flore

ECD Échantillonnage Continu par Distance

EEE Espèce Exotique Envahissante

EFF EFFérence

FDAAPPMA Fédération Départementale des Associations Agréées pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques

FJPPMA Fédération du Jura pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques

FNM Fond Nu Minéral

FNO Fond Nu Organique

GAR Gardon

GRA GRAvier

HEL HÉLophyte
HHF Hélophyte et Hydrophyte Flottant mélangé
HLD HÉLophyte dense
HYF HYdrophyte Flottant
HYI HYdrophyte immergé

IBL Indice Biotique Lacustre

LIFE L'Instrument Financier pour l'Environnement

MES Matière En Suspension

NGF Nivellement Général de la France

OFB Office Français de la Biodiversité

PER Perche

ROT Rotengle

SAPL Structure Associative de Pêche de Loisir
SDAGE Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SIC Site d'Intérêt Communautaire
SIE Système d'Information sur l'Eau
SIEG Syndicat Intercommunal des Eaux du Grandvaux
SIELB Syndicat Intercommunal des Eaux du lac de Bellefontaine
SIG Système d'Informations Géographiques

TAN Tanche

2 Contexte et objectifs

2.1 Contexte

Selon le code de l'environnement, les Structures Associatives de Pêche de Loisir (SAPL) sont chargées de mettre en place un plan de gestion pour les eaux dont elles ont la charge en contrepartie du droit de pêche. L'objectif est d'assurer une gestion durable de l'exploitation des milieux aquatiques, afin notamment de préserver leur biodiversité, conformément aux directives européennes et à la législation nationale en la matière (*Directive 2000/60/CE Du Parlement Européen et Du Conseil Du 23 Octobre 2000 Établissant Un Cadre Pour Une Politique Communautaire Dans Le Domaine de l'eau* 2003 - *Loi 2006-1772 Du 30 Décembre 2006 Sur l'eau et Les Milieux Aquatiques* 2006).

Pour ce faire, une connaissance approfondie de l'état de conservation du patrimoine aquatique est indispensable. Il convient en effet de séparer les secteurs non perturbés, pour lesquels une conservation s'impose, des zones dégradées à restaurer.

Pour les eaux courantes, de nombreux outils administratifs parallèles (Contrats de rivière, Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE), programme européens Natura2000 / L'Instrument Financier pour l'Environnement (LIFE), etc.) contribuent à atteindre ces objectifs. Les exemples régionaux sont légions, ce qui réjouit nos fédérations locales : contrats territorial Haute-Vallée de l'Ain/Orbe, Seille, Doubs, Projet LIFE « Tourbières du Massif du Jura », ou encore « Ruisseaux de tête de bassin et faune patrimoniale associée ».

En revanche, alors que leur intérêt halieutique est hautement prisé, force est de constater que les plans d'eau restent plus que jamais le parent pauvre de la politique régionale en matière de protection de l'environnement aquatique. Si leur qualité d'eau est largement suivie dans le cadre de l'Alimentation en Eau Potable (AEP) par l'Agence Régionale de Santé (ARS), il n'en va pas de même de leurs communautés biologiques ni de leur qualité habitationnelle. Seules quelques mesures ponctuelles, pour l'essentiel issues des travaux de l'Université de Franche-Comté ou de l'Office Français de la Biodiversité (OFB), sont disponibles. Elles ne suffisent malheureusement pas à inscrire au plan de gestion un panel d'actions efficaces visant la sauvegarde et l'exploitation durable des eaux stagnantes de la montagne jurassienne.

Il faut également noter que l'application du suivi dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) sur les plans d'eau supérieurs à 50 hectares ne permettra vraisemblablement pas non plus d'émettre des propositions objectives pouvant être mises en œuvre par les fédérations de pêche dans le cadre d'un plan de gestion. En effet, à titre d'exemple pour les poissons, le protocole CEN choisi ne tient compte ni des habitats en présence ni de leur état de conservation. Les données « lacs » issues de la DCE sont donc pour l'essentiel purement descriptives et ne permettront pas d'élucider les causes des dysfonctionnements et donc de proposer des solutions concrètes de réhabilitation.

Ainsi, afin de profiter d'une manière optimale des informations issues de la DCE, d'étendre cet état des lieux aux plans d'eau inférieurs à 50 hectares dont le droit de pêche est accordé à des Associations Agréées pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques (AAPPMA) ou aux Fédérations Départementales des Associations Agréées pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques (FDAAPPMA) du Doubs et du Jura et de répondre de par la même aux exigences du code de l'environnement tout en promouvant le loisir pêche, les deux fédérations précédemment citées ont décidé, dans le cadre du renouvellement en cours des plans de gestion piscicole (Philot 2021), de s'associer et de s'intéresser activement aux 9 lacs naturels les plus importants de Franche-Comté :

- Département du Doubs : Les lacs de Remoray, Saint-Point et de l'Entonnoir.
- Département du Jura : les lacs de Clairvaux, Ilay, Chalain, Bonlieu, des Rousses et du Val.

Le présent document concerne les lacs de Bellefontaine (39) et des Mortes (25). Ceux-ci ont été intégrés à la démarche précédemment détaillée du fait de leur enjeu patrimonial et de l'activité de pêche de loisir qui peut y être exercée.

2.2 Objectifs

Le présent projet d'étude se fixe les objectifs :

- de réaliser un diagnostic de l'état de conservation des peuplements piscicoles des lacs de Bellefontaine et des Mortes ;
- de synthétiser et d'interpréter les données disponibles permettant de comprendre la composition des peuplements.

Ceci passe par la mise en place de différents sous-objectifs plus opérationnels :

- décrire l'état de conservation et l'évolution d'une communauté biologique intégratrice : les poissons,
- interpréter ces résultats à l'aide de paramètres mésologiques, ce qui implique :
  - d'étudier la qualité morphologique et habitationnelle,
  - d'étudier la qualité physico-chimique de l'eau (grâce aux données du suivi AEP),
  - d'évaluer l'évolution quantitative de la ressource en eau.
- intégrer ces différents résultats dans un document de synthèse de type diagnostic, accompagné d'un Système d'Informations Géographiques (SIG).

3 Principales observations

Les données collectées au cours de ce suivi, ainsi que ce rapport, ont été produits via le programme R (R Core Team 2019) à travers RStudio (RStudio Team 2019), couplés à différents packages (Wilke 2019 ; Grolemund et Wickham 2011 ; Kahle et Wickham 2013 ; Wickham et al. 2007 ; Wickham et al. 2011 ; Wickham 2009 ; Wickham, François et al. 2019 ; Slowikowski 2019 ; Auguie 2017 ; Xie 2019 ; Wickham et Bryan 2019 ; Bivand, Keitt et Rowlingson 2017 ; Wickham 2018a ; Wickham et Henry 2019 ; Dahl 2019 ; Wickham 2017 ; Wickham et Ruiz 2019 ; Dunnington et Ruiz 2018 ; Pebesma 2018 ; Wickham 2018b ; Pebesma, Mailund et Hiebert 2016). QGIS, PostgreSQL et PostGIS ont également été utilisés (QGIS Development Team 2019 ; PostgreSQL Global Development Group 2017 ; *PostGIS* 2017).

3.1 Peuplements piscicoles

L'ichtyofaune constitue un outil indispensable à l'étude des milieux aquatiques, dont l'association d'espèces et leur densité est caractéristique d'un type de milieu et de son état général (J. Verneaux 1980). Ceci justifie l'intérêt d'étudier cette communauté en premier lieu, dans le lac à proprement parler, mais également dans ses tributaires et son émissaire.

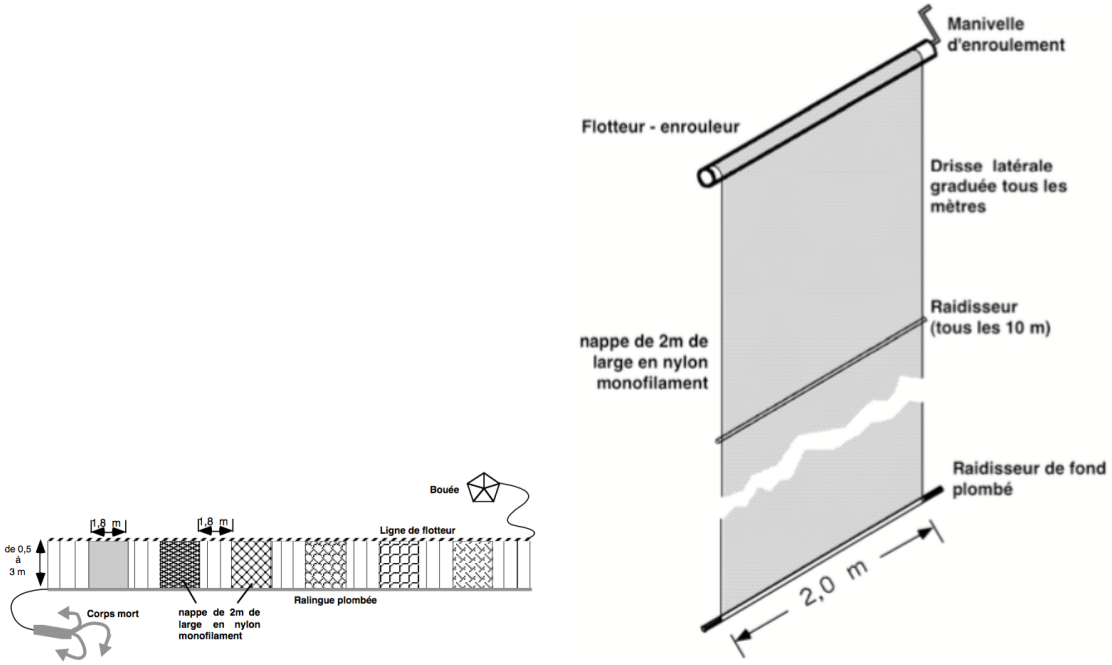
3.1.1 Méthodes d'investigation

Idéalement, 2 à 4 campagnes d'échantillonnage par lac devraient être réalisées pour suivre l'évolution des peuplements au fil des saisons. Toutefois, les coûts et la lourdeur de mise en place d'un tel dispositif d'échantillonnage sont trop élevés. C'est pourquoi l'échantillonnage complet de l'**ichytofaune lacustre** s'est limité à une seule campagne, réalisée en fin de stratification estivale et hors période de reproduction. En effet, en été et au début de l'automne, l'activité de l'ichtyofaune bat son plein. L'ensemble des espèces présentes est donc susceptible d'être capturé par les techniques passives des filets maillants. En outre, cette période correspond à la phase critique de survie de l'ichtyofaune en cas de dysfonctionnement lacustre. Cet élément est primordial dans le cadre de la diagnose écologique du lac.

Trois protocoles d'échantillonnage piscicole sont à mettre en œuvre de manière simultanée concernant lac à proprement parler :

— Deux à **filets multi-maille** : le protocole DCE/CEN (AFNOR 2005), mis en œuvre par l'OFB, ainsi que le protocole dit des filets verticaux (Degiorgi, Raymond et Grandmottet 2003, voir figure 3.1), mis en œuvre par la Fédération du Jura pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques (FJPPMA).

— Un par **pêche électrique de bordure** : pour la zone de profondeur inférieure à 1 mètre non prospectable au filet, des pêches électriques par ambiance sont réalisées par la FJPPMA, avec application du protocole dit « Échantillonnage Continu par Distance (ECD) ».



(a) Filet vertical benthique multimaille(de bordure)

(b) Filet vertical pélagique monomaille, utilisé en batteries

Figure 3.1 – Vue des types de filets utilisés

Un point essentiel est que le protocole dit des filets verticaux présente deux avantages par rapport au protocole CEN :

— C'est le protocole utilisé historiquement dans la région depuis plusieurs décennies, et mis en œuvre récemment sur les lacs de Chalain, de Bonlieu, Les Rousses, de Clairvaux, d'Ilay, du Val, de l'Abbaye (39), de Saint-Point, de Remoray (25) et de Joux (Suisse) ainsi que de nombreux lacs suisses plus éloignés (T. J. Alexander et al. 2015 ; Timothy J. Alexander et al. 2015).

— Il met en rapport les captures, et donc les peuplements piscicoles, avec les habitats de l'espace lacustre, ce qui permet de mieux comprendre la structuration spatiale de ces peuplements.

— Ces deux points permettent d'évaluer les évolutions spatiales et temporelles des peuplements piscicoles, en lien avec l'évolution des habitats disponibles.

Dans les faits et par temps calme, trois bateaux interviennent conformément à la stratégie d'échantillonnage prédéfinie d'une manière coordonnée :

— Un bateau adapté et spécialement équipé pour la pose de filet en grande profondeur (filets verticaux à proprement parler).
— Deux bateaux, adaptés pour la pose de filets de fond (araignées muti-maille) et la pêche électrique embarquée, destinés à prospecter les zones littorales.

La pose des filets s'effectue en fin de journée et la relève à l'aube. À terre, une équipe rodée pour la biométrie, l'étiquetage et le conditionnement des échantillons est à pied d'œuvre dès que les premières captures sont rapatriées (voir figure 3.2).

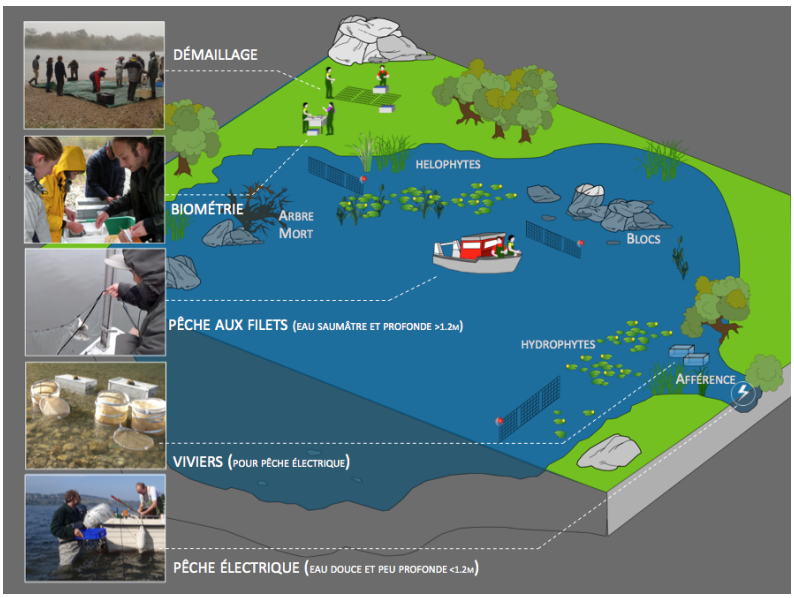


FIGURE 3.2 – Organisation des différents ateliers de travail des pêches lacustres

Les répartitions des actions de pêche de 2021 (poses de filets, pêches à l'électricité des habitats de bordure inventaires dans les affluents) sont visibles sur la figure 3.3.

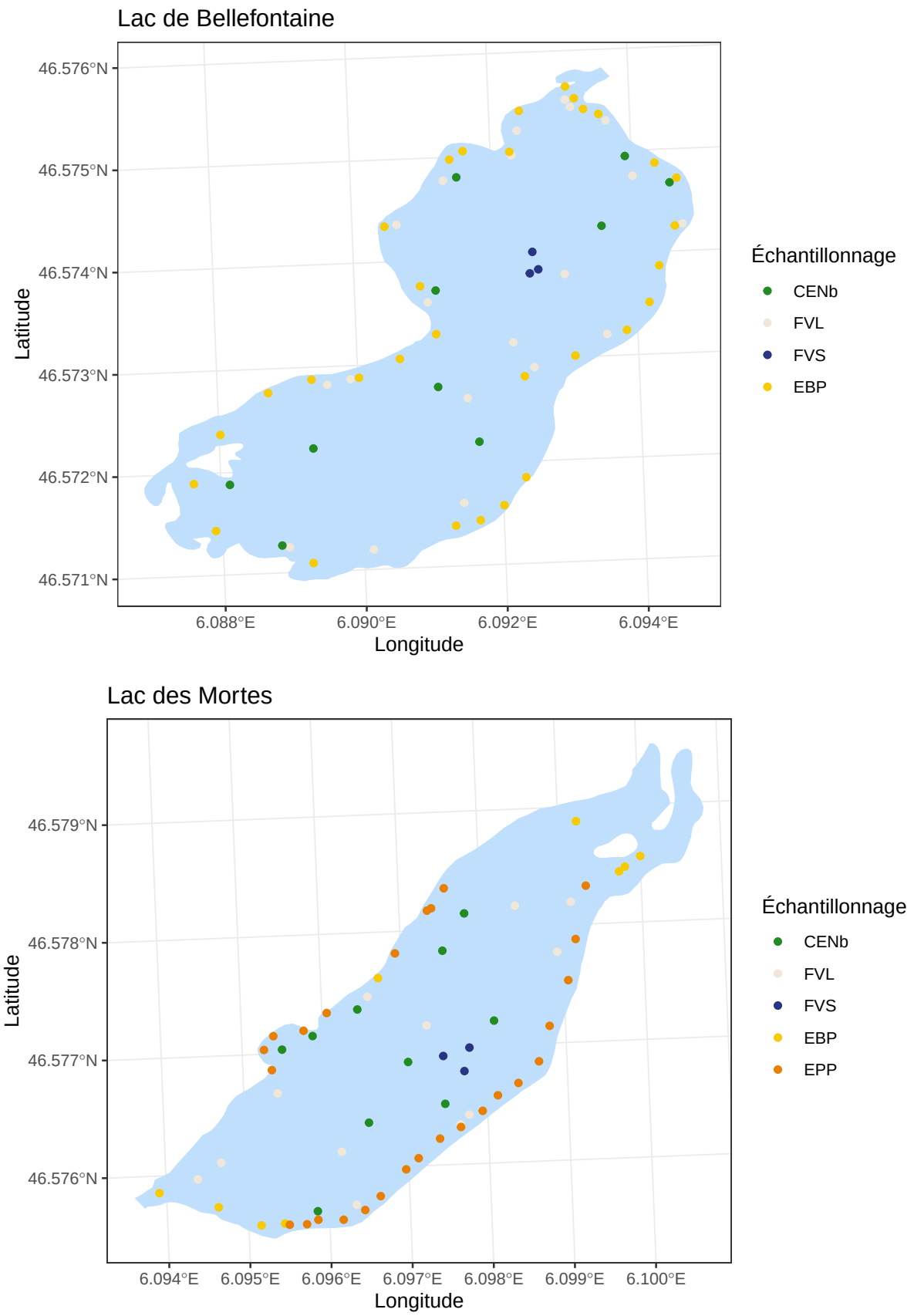


FIGURE 3.3 – Positions des échantillonnages réalisés en 2021 sur les lacs de Bellefontaine et des Mortes

3.1.2 Évolution historique

Les différentes données disponibles concernant les lacs de Bellefontaine et des Mortes sont issues de la campagne d'échantillonnage piscicole réalisée en 2021 dans le cadre de cette étude, aucune autre n'ayant jamais été réalisée à notre connaissance.

TABLE 3.1 – Type, nombre (n) et surface (S) de filets posés sur les lacs de Bellefontaine et des Mortes

	2021			
	n		S	
Type de filets	CEN	FV	CEN	FV
Benthique	20	32	900	1094
Pélagique		6		612

L'effort de pêche déployé en 2021 est important dans sa globalité, avec un effort de pêche semblable entre les filets verticaux et celui des CEN pour les filets benthiques (tableau 3.1). Aucun filet pélagique de type CEN n'a été disposé, conformément à la norme qui indique que ceux-ci ne sont à utiliser que dans les lacs « d'une profondeur maximale supérieure à 10 mètres » (AFNOR 2005).

TABLE 3.2 – Liste, statut de protection (CSRPN,2014) des espèces piscicoles observées au cours des différentes campagnes d'échantillonnage sur les lacs de Bellefontaine et des Mortes

Famille	Espèce	Nom latin	Code	Statut	2021	Évolution
Cyprinidae	Gardon	Rutilus rutilus	GAR	LC	✓	-
	Rotengle	Scardinius erythrophtalmus	ROT	LC	✓	-
	Tanche	Tinca tinca	TAN	LC	✓	-
Esocidae	Brochet	Esox lucius	BRO	VU	✓	-
Percidae	Perche	Perca fluviatilis	PER	LC	✓	-
		Total			5	

On observe dans le tableau 3.2 que 5 espèces piscicoles ont été observées au cours de l'échantillonnage. Il est à noter la capture de deux individus de l'espèce d'écrevisse *Orconectes limosus* en 2021. Cette espèce, probablement de présence assez récente, est très ubiquiste et est considérée comme une Espèce Exotique Envahissante (EEE) à l'échelle nationale.

La chronique disponible des empoissonnements (voir tableau 3.3) fait état d'apports uniquement en Brochets (BRO) dans la période récente.

Table 3.3 – Empoissonnements réalisés à partir de 2010 dans le lac de Bellefontaine

Date	Code	Espèce	Stade	Poids	Nombre
2021-11-23	BRO	Brochet	3	20	60
2017-11-28	BRO	Brochet	5	20	
2017-11-28	BRO	Brochet	3	20	100
2016-11-22	BRO	Brochet	3	20	80
2014-12-09	BRO	Brochet	3	30	150
2013-09-18	BRO	Brochet	3	18	54
2011-03-15	BRO	Brochet	3	20	60
2010-10-01	BRO	Brochet	3	20	100
2010-09-22	BRO	Brochet	3	20	80

Les résultats bruts sont visibles en annexes .0.1 et .0.2. Les Captures Par Unité d'Effort (CPUE) calculées à partir des captures sont visibles dans les tableaux 3.4 et 3.5. Les captures en nombre sont dominées par le Rotengle (ROT), la Perche (PER) et le Gardon (GAR). Ceci correspond à un état assez courant (ordre variable) dans les lacs du département dans lesquels le corégone est absent (lac de l'Abbaye par exemple - Fagot 2023). La répartition en biomasse est dominée par la PER, puis le BRO et la Tanche (TAN), mais avec une quasi équi-répartition entre l'ensemble des 5 espèces observées.

Ces résultats sont moyens par rapport à d'autres lacs du département qui ont pu être échantillonnés avec les mêmes protocoles (Fagot 2013 ; Fagot 2016 ; Fagot 2018 ; Fagot 2019 ; Fagot 2020 ; Fagot 2023) :
— quantités inférieures sur les lacs de Bonlieu et du Grand lac de Clairvaux,
— quantités semblables sur le lac de l'Abbaye,
— quantités supérieures sur les lacs des Rousses, du Val et d'Ilay,
— quantités très supérieures sur le lac de Chalain.

Table 3.4 – Répartition pour les lacs de Bellefontaine et des Mortes par espèce et par mode de capture des CPUE (nombre d'individus par 1000 m^2 de filet ou de surface de pêche électrique)

Code taxon	CEN bent.	FV bent.	FV pelag.	P. elec. bat.	P. elec. ped.
BRO	3	-	-	17	36
GAR	99	30	25	-	-
OCL	1	-	-	1	-
PER	120	69	141	36	28
ROT	44	39	7	254	970
TAN	9	4	2	7	8
Total	277	143	173	316	1042

Table 3.5 – Répartition pour les lacs de Bellefontaine et des Mortes par espèce et par mode de capture des CPUE (kg par 1000 m^2 de filet ou de surface de pêche électrique)

Code taxon	CEN bent.	FV bent.	FV pelag.	P. elec. bat.	P. elec. ped.
BRO	6.64	-	-	5.36	6.20
GAR	9.24	1.39	2.43	-	-
OCL	0.03	-	-	0.05	-
PER	6.04	3.98	5.03	0.33	0.34
ROT	5.44	5.87	0.51	0.42	-
TAN	9.12	2.83	1.66	-	0.15
Total	36.51	14.07	9.63	6.16	6.69

Table 3.6 – Tailles minimales, médianes, moyennes et maximales des captures réalisées sur lacs des Mortes et de Bellefontaine par espèce

Espèce	Min.	Med.	Moy.	Max.	Nb
BRO	120	174	255	770	34
GAR	61	190	180	346	115
OCL	110	110	110	110	2
PER	69	130	149	363	202
ROT	11	100	134	370	108
TAN	12	374	297	474	22

La répartition des individus capturés en classes de taille est visible sur la figure 3.4. On y observe une répartition équilibrée pour les GAR et les PER. Les différentes classes de taille et donc d'âge sont bien représentées et relativement équilibrées. Les BRO capturés sont assez bien répartis malgré une absence de représentation entre 260 et 475 mm. Les ROT présentent de faibles abondances pour les individus dont la taille est supérieure à 100 mm. Les TAN font état d'une population de taille assez importante, mais avec néanmoins des témoins de reproduction via la présence de juvéniles.

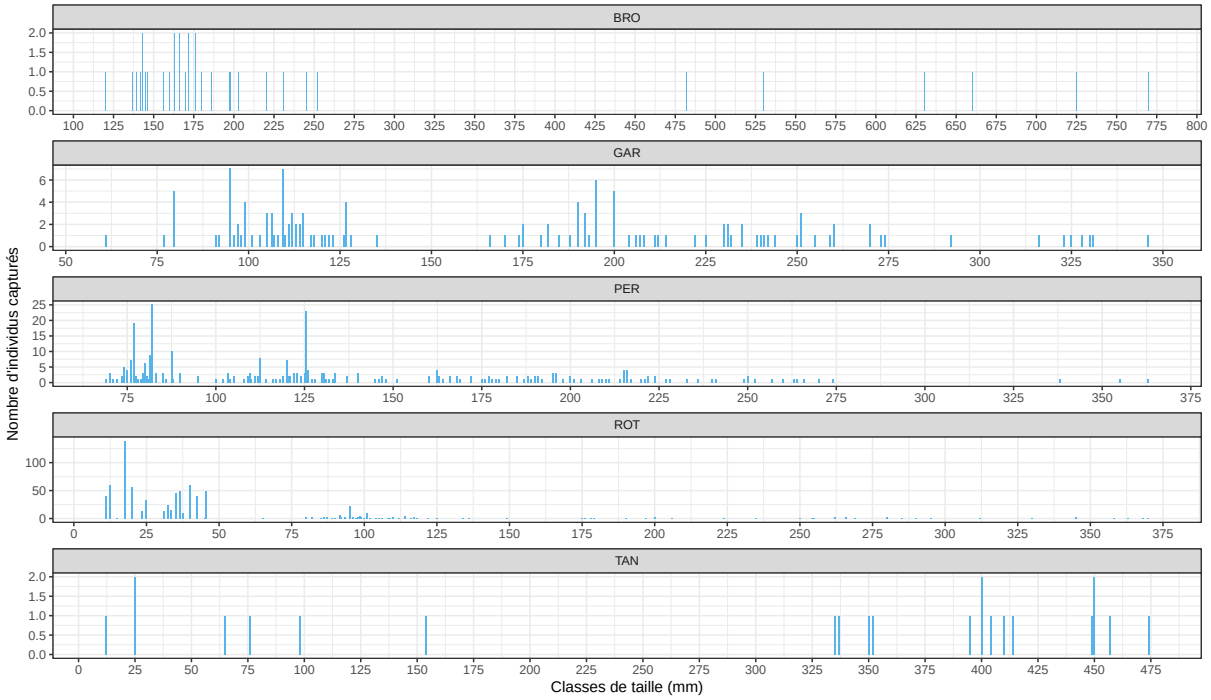


Figure 3.4 – Répartition taille/fréquence des captures sur les lacs de Bellefontaine et des Mortes pour les principales espèces capturées (effectifs supérieurs à 10 individus)

Il apparaît ainsi que l'**ichtyofaune des lacs de Bellefontaine et des Mortes** présente une **composition spécifique couramment observée dans les lacs naturels du massif du Jura**. L'**absence d'EEE piscicole** est un **point remarquable**. On peut également noter que les CPUE de BRO sont parmi les plus importantes observées dans ces mêmes milieux.

3.1.3 Répartition

La répartition verticale de l'effort d'échantillonnage et des CPUE est visible sur le figure 3.5 pour les lacs de Bellefontaine et des Mortes. On remarque une répartition des captures surtout dans les zones de surface ou profondes, et très peu en zone intermédiaire.

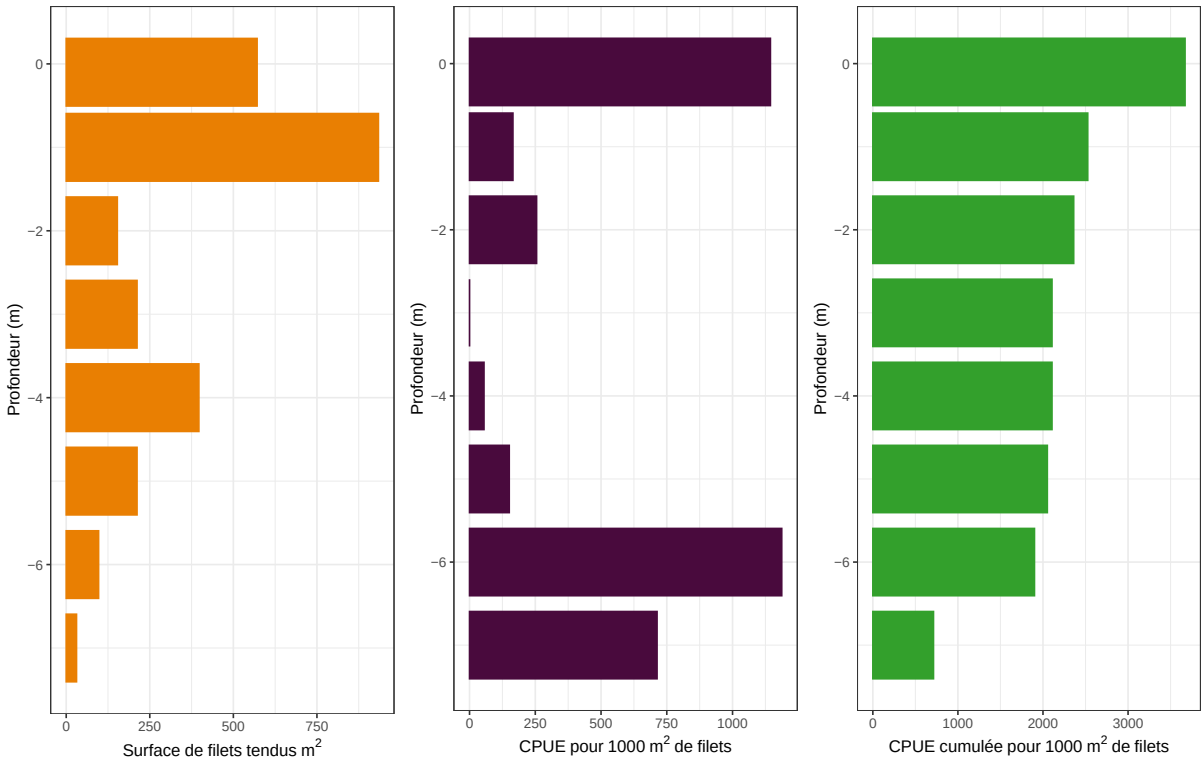


FIGURE 3.5 – Effort d'échantillonnage et CPUE en fonction de la profondeur pour les lacs de Bellefontaine et des Mortes

L'analyse plus fine de la répartition verticale des CPUE par espèce est visible sur la figure 3.6. On peut noter :

— une répartition du ROT et du BRO surtout en zone de surface ou de faible profondeur ;
— un taux de capture des PER nettement plus important en zone profonde des plans d'eau ;
— une présence équilibrée du GAR au sein du gradient de profondeur ;
— une répartition préférentielle de la TAN vers la surface ou le fond, mais hors des profondeurs intermédiaires.

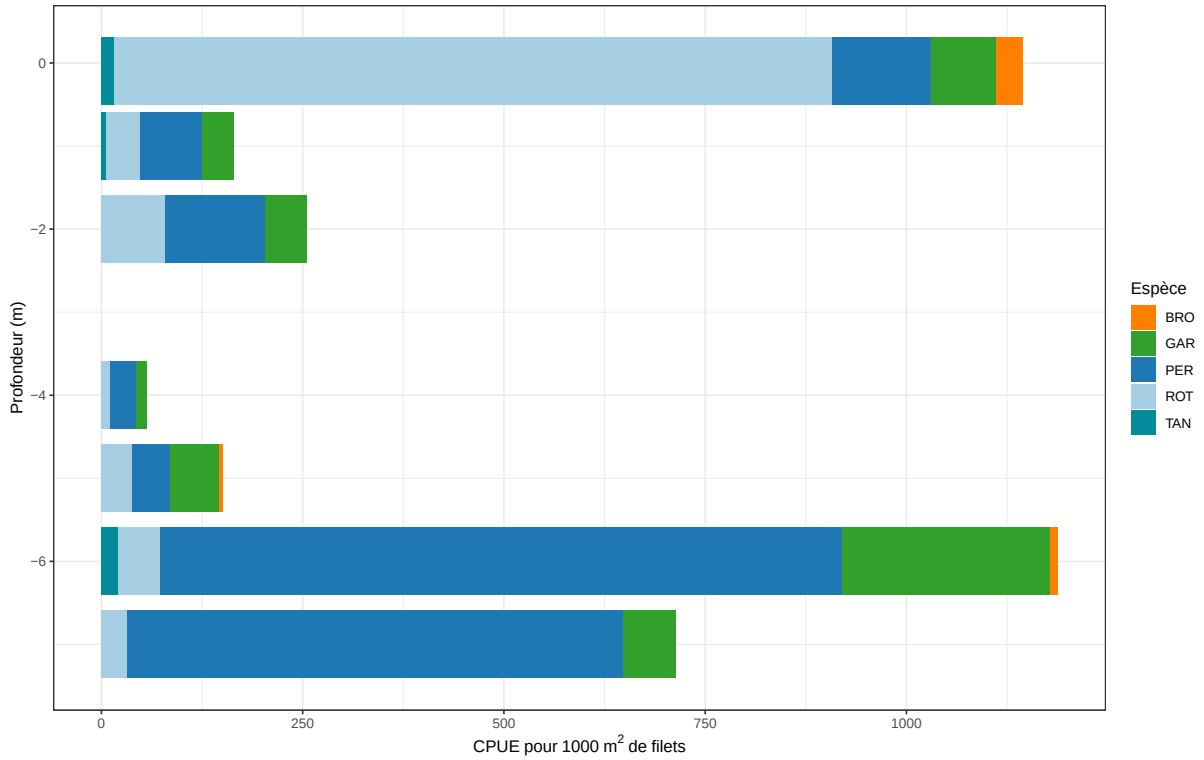


Figure 3.6 – CPUE par espèce en fonction de la profondeur pour les lacs de Bellefontaine et des Mortes

La répartition des captures en fonction des habitats (voir figure 3.7) fait état de situations contrastées :

— les habitats végétaux contribuent pour une forte proportion aux CPUE. Ce n'est toutefois pas le cas pour les HYdrophytes Flottants (HYF). On peut citer :
  — les HÉLophytes (HEL),
  — les Hélophytes et Hydrophytes Flottants mélangés (HHF),
  — les HÉLophytes denses (HLD),
  — les HYdrophytes Immergés (HYI).
— les AFFérences (AFF) et EFFérences (EFF) constituent des zones d'interface qui sont également attractives ;
— les zones minérales sont peu attractives : BLOcs (BLO), BLOcs colmatés (BLS) et GRAviers (GRA) ;
— il en est de même concernant les habitats organiques ou ligneux que sont les Fonds Nus Organiques (FNO) et les BRAnchages (BRA).

On peut également remarquer sur la figure 3.7 une forte complémentarité des méthodes d'échantillonnage (filets et électricité), avec des CPUE très variables pour certaines espèces (BRO et GAR notamment), d'un point de vue numérique comme pondéral.

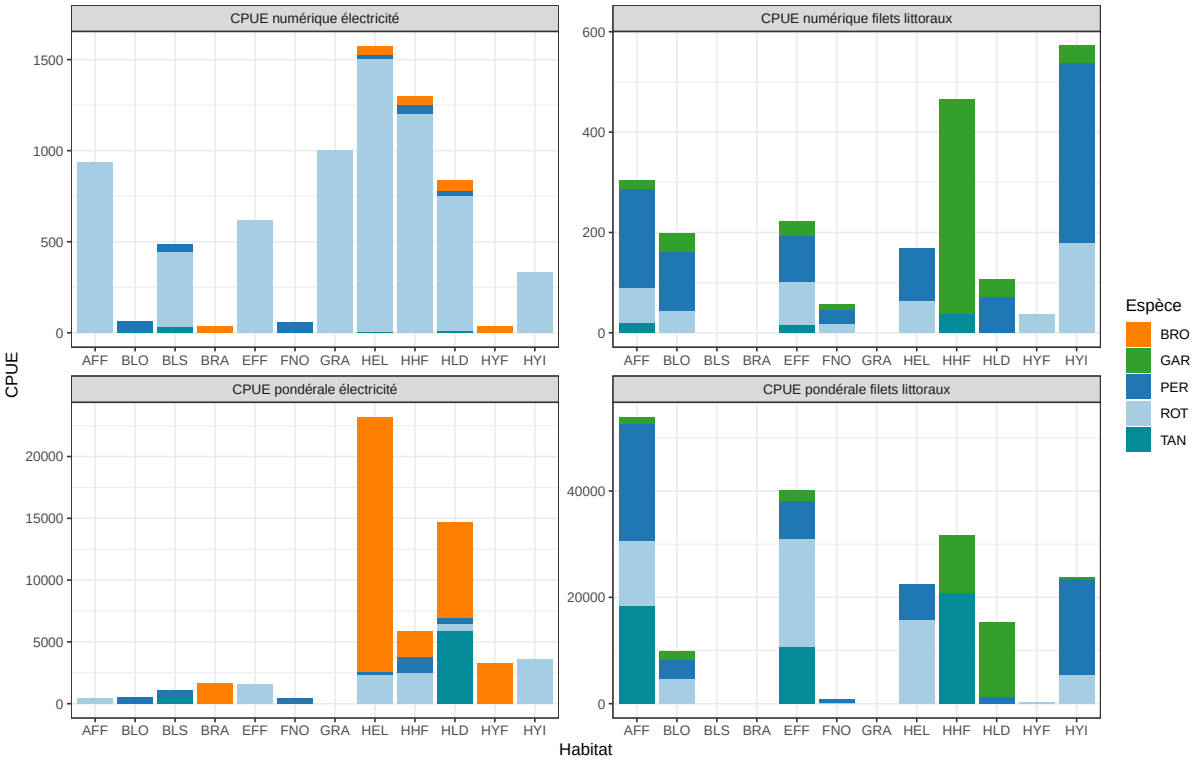


FIGURE 3.7 – CPUE par espèce et par mode de pêche en fonction des différents habitats littoraux pour les lacs de Bellefontaine et des Mortes

Le **rôle particulièrement structurant des habitats disponibles** pour l'ichtyofaune est bien connu dans les lacs (SCHLUMBERGER et ÉLIE 2008) comme dans les cours d'eau (GRANDMOTTET 1983).

En conclusion, il apparaît que le **peuplement piscicole des lacs de Bellefontaine et des Mortes** présente un **état relativement préservé**. La **composition du peuplement** est du type cyprinidés/carnassiers, ce qui est assez classique pour un lac de ce type (lacs d'altitude froids et à tendance dystrophe). Néanmoins, Le rapport prédateurs (BRO et PER >= 200 mm) / proies est de 6.2 % / 93.8 %, traduisant un **déséquilibre** avec un **manque de prédateurs**. Le fait que le BRO domine la biomasse de ces prédateurs presque au deux tiers est toutefois un signal positif. L'absence de données historiques ne permet pas d'appréhender la tendance évolutive du peuplement.

3.2 Étude des milieux

L'état des peuplements piscicoles décrit plus haut est la conséquence de la structuration du biotope lacustre, de ses afférences et donc de son bassin versant. Cet aspect a été appréhendé au cours de ce diagnostic.

3.2.1 Cartographie de l'espace lacustre

Une reconnaissance de la surface lacustre a été menée afin de cartographier la mosaïque des pôles d'attraction piscicoles (couple substrat/support et hauteur d'eau) ainsi que la bathymétrie du lac (voir figure 3.8).

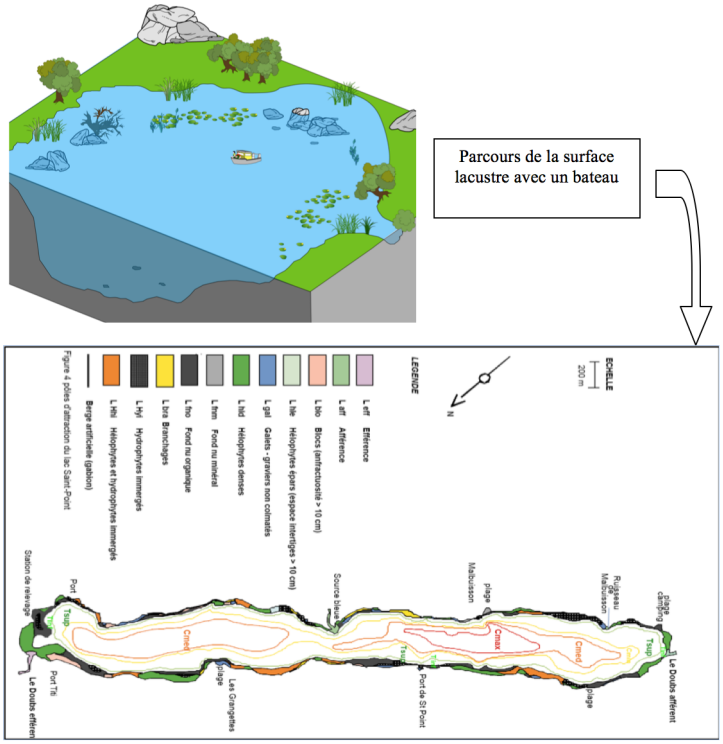


Figure 3.8 – Méthodologie concernant la bathymétrie et la cartographie des habitats

Le lac de Bellefontaine présente une cuvette dont la morphologie peut être distinguée en une zone profonde principale au nord (voir figure 3.9), dont le point de plus grande profondeur se trouve à environ 5.6 mètres, et une cuvette secondaire moins profonde, au sud. On peut observer sur l'ensemble du lac :

- une pente très régulière et douce entre les berges et les zones profondes, en lien avec le contexte de tourbière dans lequel le plan d'eau s'inscrit,
- une faible profondeur totale,
- un point de jonction directe avec le lac des Mortes, établissant de fait une continuité totale entre les deux plans d'eau pour les organismes vivants,
- une forte prépondérance de zones végétalisées dans les habitats de bordure, notamment d'HEL denses ou éparses, et d'HYF et d'HYI dans un moindre mesure,
- la composition des habitats complémentaires avec des substrats minéraux grossiers, principalement de BLO, et très ponctuellement de Fonds Nus Minéraux (FNM).

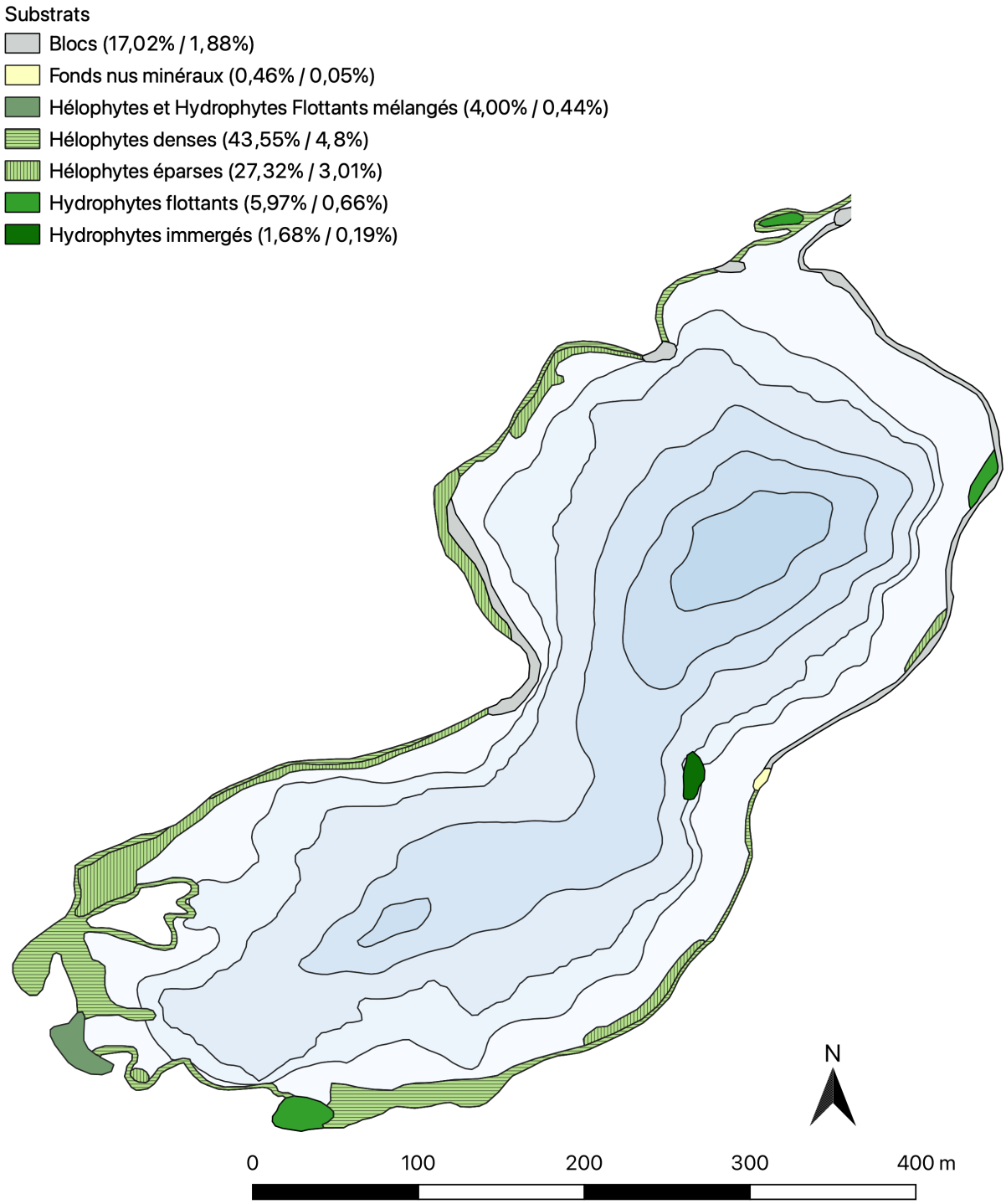


FIGURE 3.9 – Lac de Bellefontaine - Bathymétrie (isobathes de 1 mètre) et habitats répertoriés préalablement à la définition du protocole d'échantillonnage aux filets verticaux, avec leur répartitions surfaciques relatives et absolues

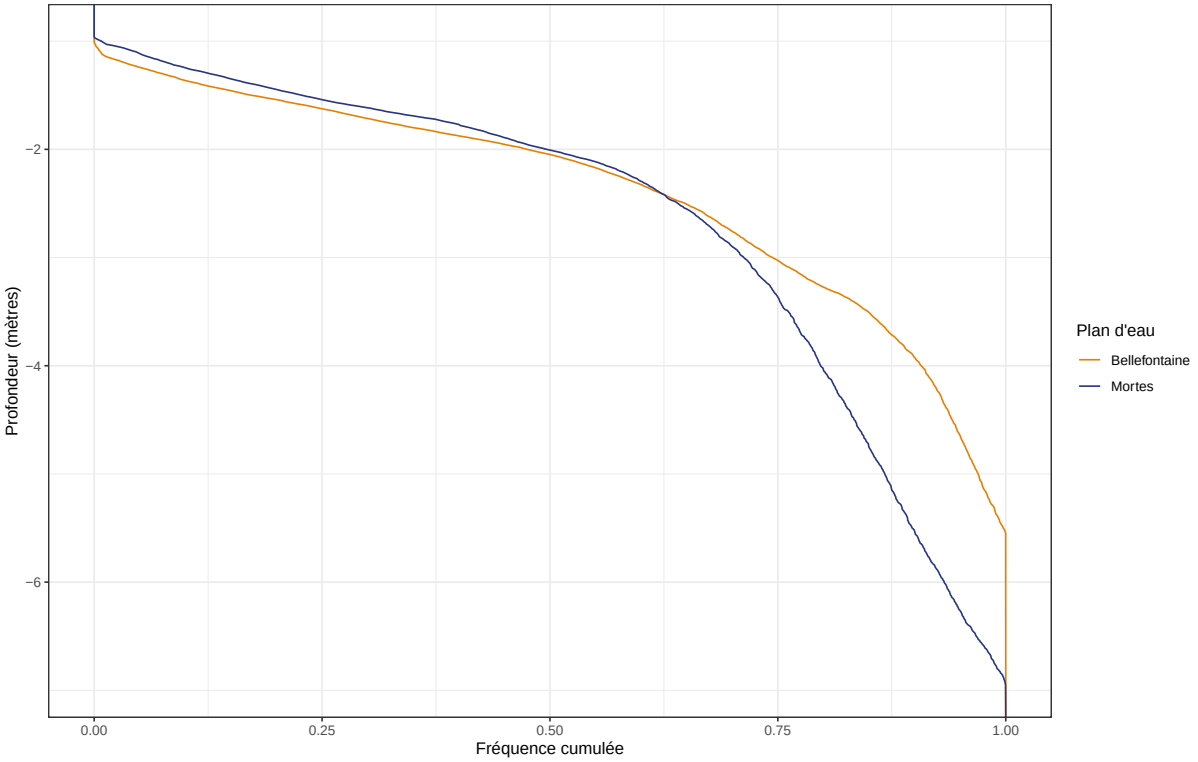


FIGURE 3.10 – Distribution des profondeurs des lacs de Bellefontaine et des Mortes

Les variations douces de profondeur décrites précédemment concernant le lac de Bellefontaine sont confirmées par la lecture de la figure 3.10. On observe que la distribution des profondeurs observées sur chacun des deux lacs progresse de manière très douce pour près des deux tiers des mesures, avant d'évoluer plus rapidement au niveau des zones profondes. Celles-ci sont très localisées.

Le lac des Mortes présente une forme plus allongée selon un axe sud-ouest - nord-est, dont les isobathes sont très concentriques (voir figure 3.11) et dont le point de plus grande profondeur se trouve à environ 7 mètres. Cette zone profonde est complétée au nord par un large plateau peu profond. On peut observer sur l'ensemble du lac :

— une pente très régulière et douce entre les berges et les zones profondes, en lien avec le contexte de tourbière dans lequel le plan d'eau s'inscrit,
— une faible profondeur totale,
— un point de jonction directe avec le lac de Bellefontaine, établissant une continuité totale entre les deux plans d'eau pour les organismes vivants,
— une majorité de zones végétalisées dans les habitats de bordure, de manière assez localisée, notamment d'HEL denses ou éparses, avec très peu d'hydrophytes (flottants ou immergés) contrairement au lac de Bellefontaine,
— une importante présence de zones de BLO, notamment en rive droite, et très ponctuellement de GRA et de FNO.

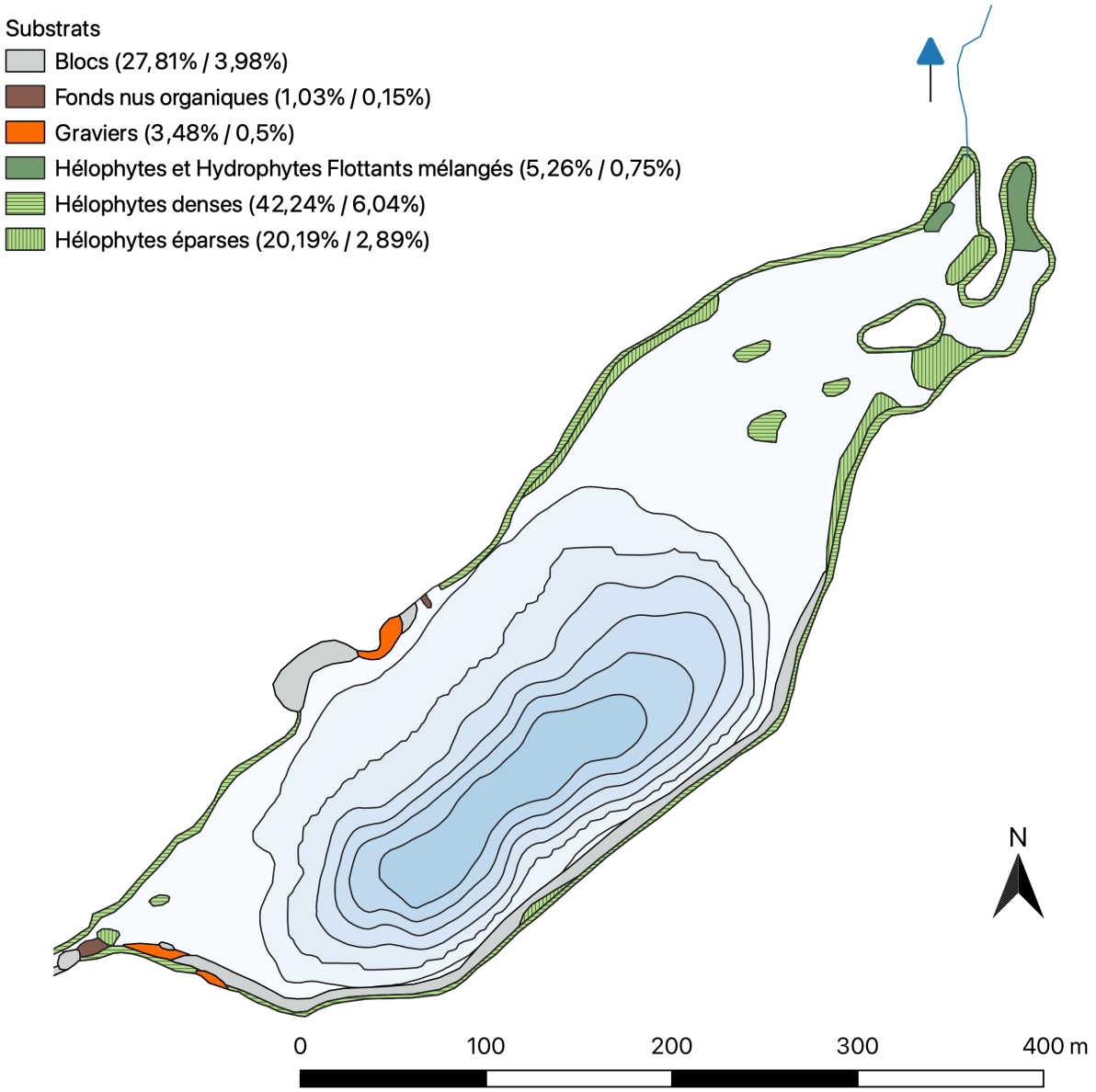


FIGURE 3.11 – Lac des Mortes - Bathymétrie (isobathes de 1 mètre) et habitats répertoriés préalablement à la définition du protocole d'échantillonnage aux filets verticaux, avec leur répartitions surfaciques relatives et absolues

On peut citer comme points remarquables des cartographies de la flore, de la végétation et des habitats réalisées au niveau des lacs de Bellefontaine et des Mortes (Bailly et al. 2007 ; Schneider 2022), et de manière semblable à la description qu'avant pu en faire Gallandat 1982 il y a plusieurs décennies :

— une surface occupée par des groupements de végétation aquatique immergée ou émergée très réduite ;
— une faible diversité des groupements d'hélophytes, avec toutefois la présence d'espèces d'intérêt patrimonial comme *Nymphaea x spenneriana* et *Potamogeon obtusifolius* ;
— des habitats d'hydrophytes immergés très réduits, avec quelques îlots ponctuels de *Potamogeton obtusifolius*, *Potamogeton friesii* et de Characées ;
— une qualité des groupements de macrophytes immergés (potamots et Characées) réduite ;
— une progression notable des surfaces occupées par les Characées constatée en 2022 par rapport à 2007 ;
— la présence encore effective en 2022 d'une population de *Nuphar pumila*, espèce rare et sensible, seulement présente dans le massif jurassien franc-comtois dans les lacs des Mortes/Bellefontaine et de l'Abbaye.

À l'inverse, les habitats humides observés à proximité des plans d'eau présentent un « intérêt patrimonial très fort, avec 80% des habitats rencontrés d'intérêt communautaire, dont presque la moitié sont prioritaires » (Bailly et al. 2007). Leur état de conservation est par ailleurs majoritairement excellent ou bon.

Par rapport à celle observée en 1904 (Magnin 1904), la flore aquatique des lacs des Mortes et de Bellefontaine était caractérisée en 2007 par (Bailly et al. 2007) :

— la régression des populations hybrides de *Nuphar x spenneriana*, dont les caractères tendent à se diluer au sein de la population parentale de *Nuphar lutea* ;
— la disparition d'un potamot montagnard devenu très rare, autrefois fréquent dans les deux lacs, *Potamogeton praelongus* ;
— la régression des peuplements de *Potamogeton obtusifolius*, qui semble encore régulièrement présent en 1973 (Barbe 1973) ;
— la régression drastique des peuplements de Characées ; à l'exception d'un peuplement de *Chara hispida var . major*, la plupart des colonies observées sont chétives et d'allure relictuelle. Les espèces observées sont les mêmes que celles citées par Magnin, mais il évoque d'abondantes populations en parlant des deux lacs.

La qualité morphologique des lacs des Mortes et de Bellefontaine **n'a pas fait l'objet d'une intense anthropisation** (curages, drainages ou rectifications par exemple) comme d'autres lacs du département (Lac de Chalain et grand lac de Clairvaux notamment). On peut toutefois supposer des apports exogènes de blocs en rive droite, notamment sur le lac des Mortes. La **qualité des habitats humides rivulaires** est à souligner, tant dans leur **nature patrimoniale** que dans leur **diversité**. À l'inverse, les peuplements végétaux strictement aquatiques présentent une situation globalement peu qualitative.

3.2.2 Variations du niveau du lac

La fonctionnalité écologique d'un habitat lacustre et de ses zones rivulaires associées est très fortement dépendante de l'évolution hydraulique du plan d'eau, c'est-à-dire des variations de son niveau (FAGOT 2011). Les fluctuations de la hauteur de la ligne d'eau sont ici sous l'influence :

- de la régularité et de l'intensité des entrées d'eau, par l'hydrologie des affluents et du bassin versant ;
- des volumes sortants, expliqués ici par :
  - l'hydrologie s'écoulant par l'exutoire, régulée par un ouvrage composé de planches manœuvrables,
  - les volumes prélevés pour l'AEP par le Syndicat Intercommunal des Eaux du lac de Bellefontaine (SIELB),
  - l'évaporation (3 à 5 L/s/ha en été - SCHLUMBERGER et GIRARD 2013), soit entre 70 L/s et 117 L/s environ.

Aucun enregistrement structuré de la cote altitudinale des plans d'eau n'était réalisé automatiquement par le passé. Un dispositif a été mis en œuvre depuis quelques années par le SIELB suite à la rénovation de la station de pompage, ce qui permettra à l'avenir de documenter et d'analyser cet aspect majeur du fonctionnement lacustre, tant d'un point de vue qualitatif que quantitatif.

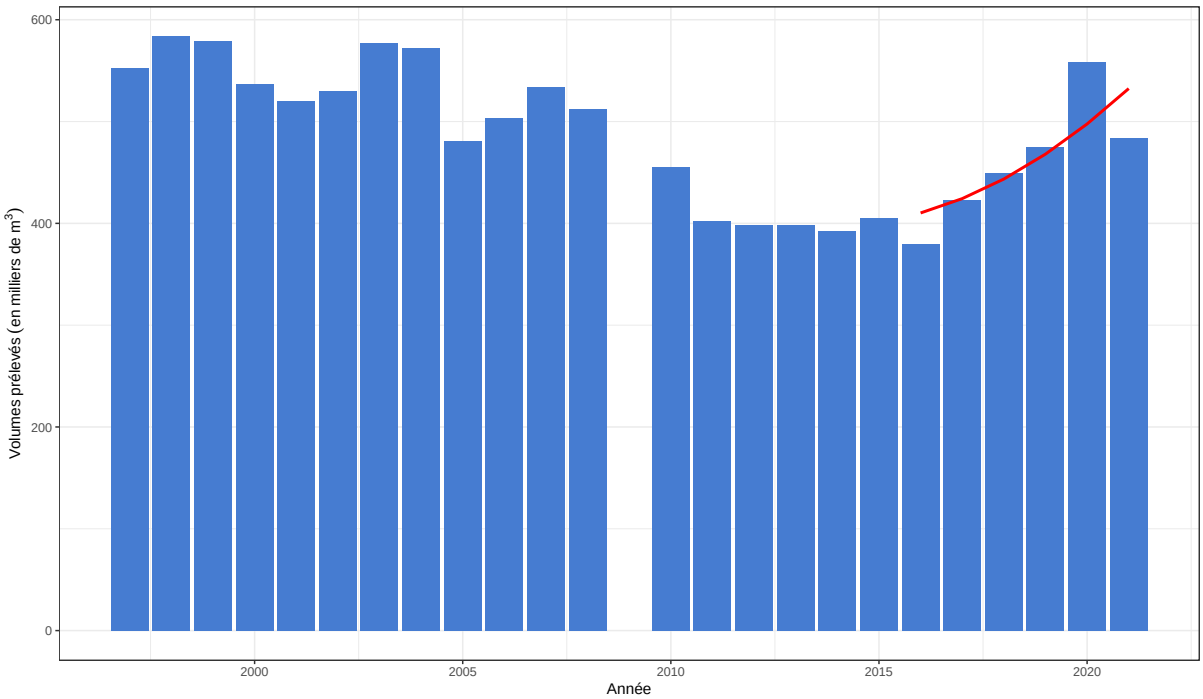


FIGURE 3.12 – Volumes annuels captés pour l'AEP (en milliers de m^3) au niveau de la prise d'eau du lac de Bellefontaine - Sources : SIERMC

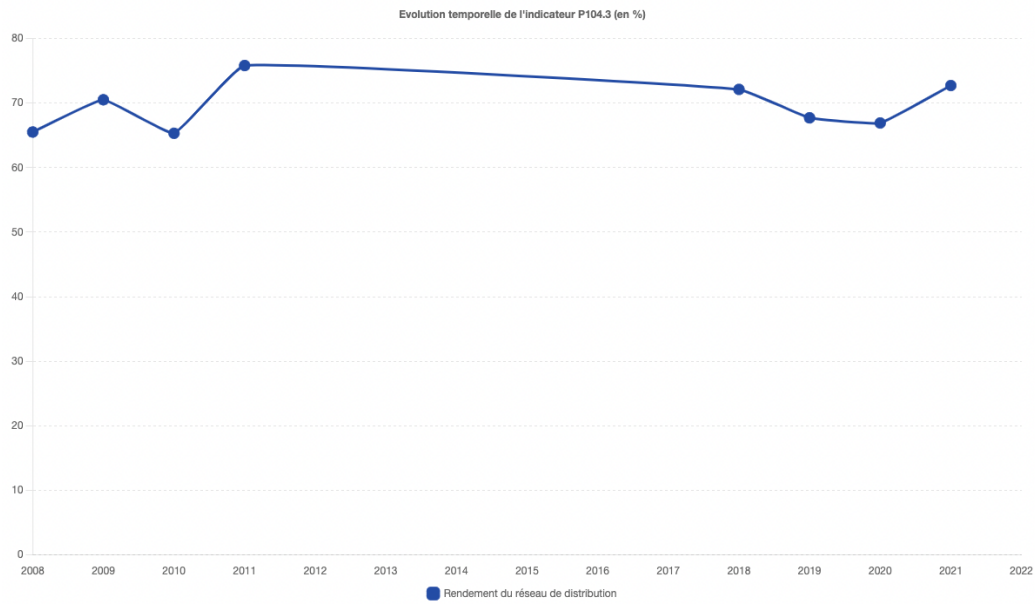


Figure 3.13 – Évolution temporelle du rendement du réseau de distribution (indicateur P104.3) en eau potable du SIE du lac de Bellefontaine - Source : http ://www.services.ea

La figure 3.12 représente l'évolution inter-annuelle des volumes captés par le SIELB dans le lac de Bellefontaine. Ceux-ci varient de 379.9 en 2016 à plus de 583.5 milliers de m^3 en 1998. On peut remarquer une baisse assez importante des volumes prélevés entre 2003 et 2015 (de l'ordre de 35%). La tendance sur les 5 dernières années est par contre en nette hausse. **La pression exercée par l'AEP sur la ressource naturelle que constituent les lacs des Mortes et de Bellefontaine est en importante et rapide hausse**. Il serait toutefois nécessaire d'affiner cette analyse interannuelle par l'évaluation de la répartition des prélèvements au cours de l'année, sachant qu'une part importante des pompages est potentiellement réalisée en période estivale et/ou hivernale afin de suppléer l'augmentation de la demande. Le **rendement du réseau** du Système d'Information sur l'Eau (SIE) est par ailleurs stable sur les 4 dernières années (voir figure 3.13). Le rendement de 72,7 % obtenu en 2021 **reste toutefois en-deça de l'objectif minimum de rendement de 85 %** fixé par la Loi Grenelle 2 à travers le décret n°2012-97 du 27 janvier 2012.

On peut signaler une évolution favorable récente de l'indice linéaire de perte en réseau (voir figure 3.14), pour une population desservie très stable depuis 2008 (environ 5700 à 6000 habitants - indicateur D101.0).

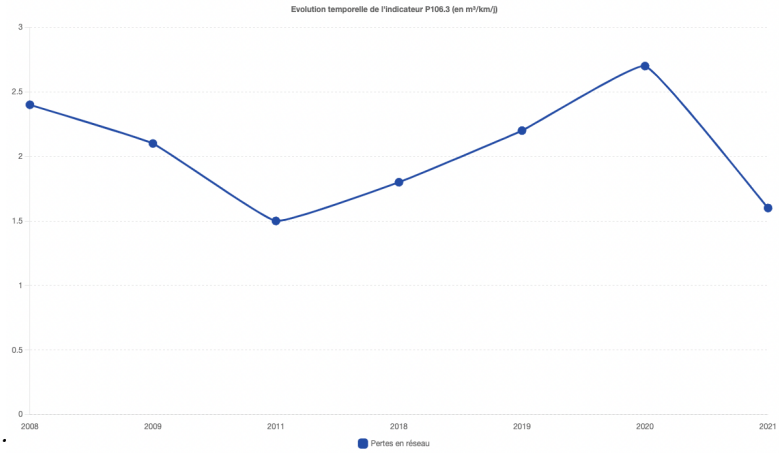


Figure 3.14 – Évolution temporelle de l'indice linéaire de pertes en réseau (indicateur P106.3) du réseau de distribution en eau potable du SIE du lac de Bellefontaine - Source : http ://www.services.eaufrance.

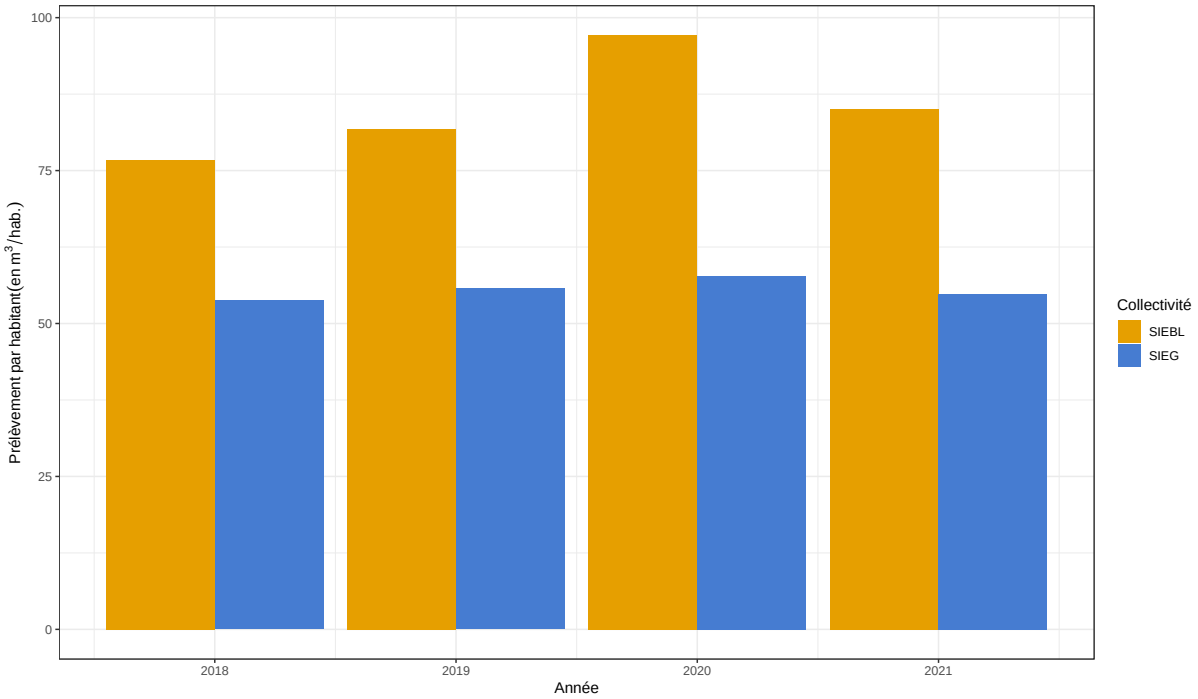


FIGURE 3.15 – *Comparaison du volume prélevé par habitant desservi par les syndicats des lacs de Bellefontaine (SIEBL) et de l'Abbaye (SIEG) - Sources : SIERMC/SISPEA*

L'analyse de la figure 3.15 permet toutefois de mettre en évidence une préoccupation importante :

— le volume prélevé rapporté à chaque habitant desservi est en augmentation rapide et importante entre 2018 et 2020 (données antérieures indisponibles),

— ce volume est nettement supérieur au niveau du SIELB par rapport à un autre syndicat puisant également sa ressource dans un lac naturel relativement proche (lac de l'Abbaye), le Syndicat Intercommunal des Eaux du Grandvaux (SIEG).

En conclusion de cette analyse du fonctionnement hydrologique des lacs de Bellefontaine et des Mortes, il apparaît que :

— la disponibilité future de données de **hauteurs d'eau** permettra d'en étudier les **variations**, en lien avec les conditions hydroclimatiques naturelles qui vont évoluer du fait du changement climatique, mais également de la gestion humaine qui peut être réalisée (gestion du vannage à l'exutoire, prélèvements pour l'AEP, etc.) ;

— les **pompages** réalisés au titre de l'AEP dans les lacs sont **en augmentation** sur la période récente, avec un **rendement du réseau proche de 75 %** et un taux de prélèvement par habitant desservi relativement important.

3.2.3 Physico-chimie des eaux

Méthodes d'investigation

La qualité de l'eau des lacs ne fait pas l'objet d'un suivi régulier au titre de la DCE, ceux-ci ayant une surface inférieure à 50 hectares.

Seules des données issues de quelques études ponctuelles et suivis physico-chimique simples sont disponibles, notamment sur le lac de Bellefontaine, en lien avec son utilisation en tant que ressource pour l'AEP. Quelques données présentées ensuite sont issues du suivi réglementaire réalisé sur la qualité de l'eau potable distribuée (données ARS collectées via le service Hub'eau).

Les données simples sont acquises au niveau du point de plus grande profondeur et à la fin de la période de stratification estivale, avec l'évaluation de la transparence au disque de Secchi, accompagnée de mesures in-situ tous les mètres des paramètres suivants :
— température,
— conductivité,
— O2 dissous (concentration et saturation),
— pH.

Résultats

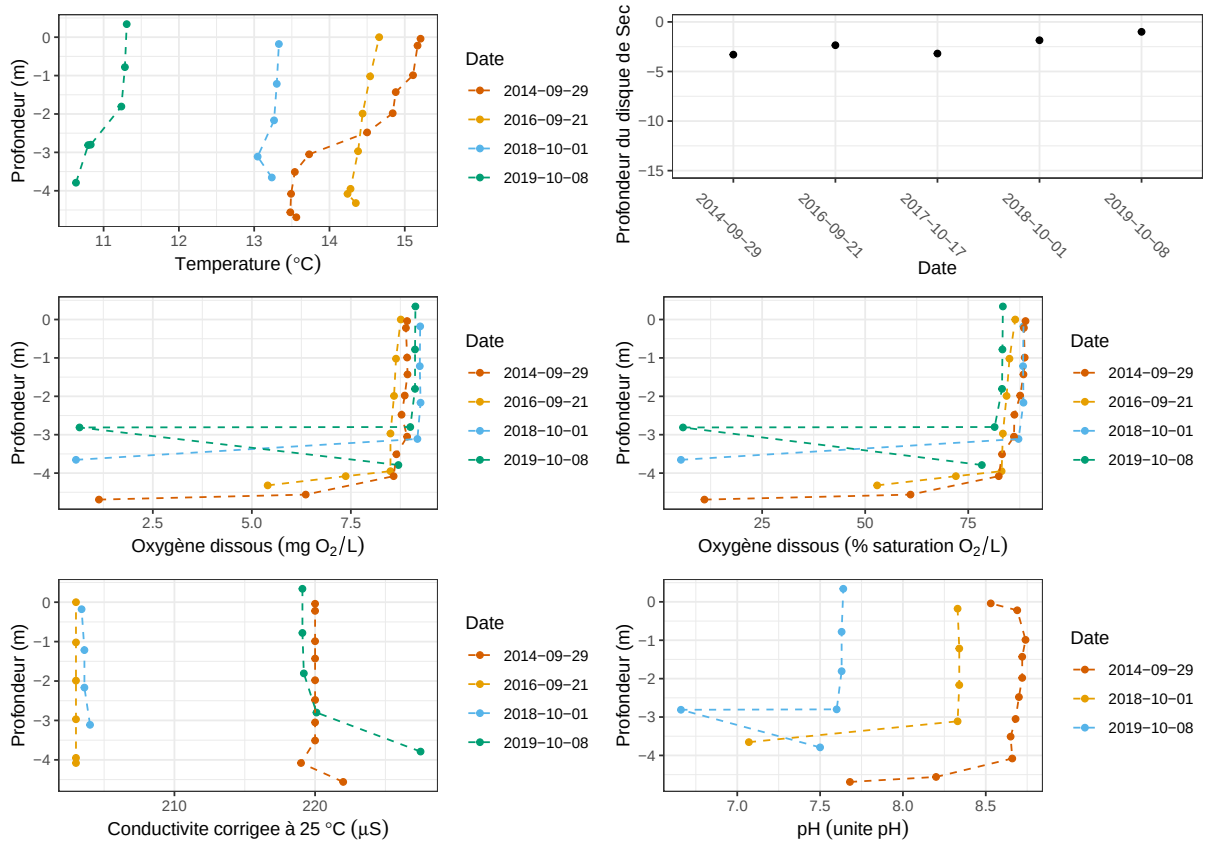


FIGURE 3.16 – Profils verticaux réalisés dans le lac de Bellefontaine au point de plus grande profondeur en fin de période de stratification estivale

La synthèse des profils de mesures physico-chimiques réalisées lors des différentes campagnes de suivi du lac de Bellefontaine en fin de période de stratification estivale (figure 3.16) permet de tirer quelques observations (données historiques issues de Barbe et al. 1999 ; Bouvet 2013 ; Fagot 2017b ; Fagot 2017a - Données de Bouvet 2013 non représentées ici) :

— On ne peut pas conclure à une évolution de la profondeur d'extinction du disque de Secchi.

— Les profils de température mettent en évidence que la faible profondeur du lac ne permet **pas** la mise en place d'une **stratification estivale stable** car l'action du vent est suffisante pour mélanger toute la colonne d'eau.

— Le spectre des **conductivités** observées (fourchette entre valeurs minimales et maximales) présente des valeurs plus **faibles** que sur d'autres lacs naturels du département. Ceci s'explique par le contexte tourbeux environnant les lacs de Bellefontaine et des Mortes, sans contact direct avec la géologie calcaire sous-jacente.

— Les **valeurs d'oxygénation estivale en profondeur** observées au cours de ces suivis ne présentent que des écarts mineurs en zone profonde. Les mesures réalisées à pas de temps rapproché permettent d'observer une « recharge fréquente des eaux du fond en oxygène » du fait de la faible profondeur du lac.

L'analyse de la bibliographie et des données disponibles nous indique par ailleurs que :

— un épisode d'oxygénation hivernale moindre en zone profonde peut être observé, du fait du taux de Matière En Suspension (MES) en présence dans l'échantillon ;

— les campagnes de 1998 de chimie des eaux de fond et dans la zone intégrée montrent la présence d'**ammonium**, dans des concentrations comprises entre 0,04 et 0,17 mg(NH_4^+)/L ;

— les concentrations en azote et en phosphore en pleine eau évoluent au cours des saisons, mais peuvent aboutir en période estivale à une situation eutrophe, traduite d'un point de vue biologique par la dominance des peuplements phytoplanctoniques par les cyanobactéries en été ;

— les teneurs en Carbone Organique Total (COT), mesurées sur les prélèvements intégrés, sont élevées (5,10 à 7,60 mg/L), dont une très grande majorité sous forme dissoute ;

— la demande en oxygène observée s'explique par des processus biologiques, notamment afin de dégrader la **matière organique** accumulée dans les **sédiments**. Celle-ci constitue une **très forte part** (49,6 %) des sédiments ;

— le rapport C/N de la matière organique contenue dans les sédiments est égal à 11,3, indiquant une prédominance d'apports organiques d'origine allochtone, notamment en lien avec la proximité immédiate de la zone tourbeuse environnante ;

— la faible teneur en carbonates des sédiments (4,7 %) n'est pas favorable à la minéralisation de la matière organique ;

— la présence ponctuelle dans l'eau potable distribuée, entre 2016 et 2023 :
  — d'un phtalate, le DEHP, utilisé comme plastifiant depuis plusieurs décennies et considéré comme un perturbateur endocrinien (Brignon et Malherbe 2005),
  — d'un métabolite de pesticide, l'éthylurée,
  — de cyanobactéries, dont un prélèvement de cyanobactéries toxinogènes (*Aphanizomenon*).

La qualité physico-chimique du lac de Bellefontaine présentent différents constats :

- Une **très faible désoxygénation estivale** du plan d'eau, du fait de sa faible profondeur.
- L'**absence de pollutions** d'origine domestique caractérisées à ce jour.
- On remarque néanmoins la **présence ponctuelles de molécules toxiques** organiques.
- Le **taux de matière organique** présente dans les sédiments de la zone profonde est **le plus important** de l'ensemble des lacs naturels du massif du **Jura**.

4 États des lieux

Les constats réalisés précédemment sont à mettre en relation. Les arrivées hydrologiques sont principalement assurées par quelques très petits affluents et le ruissellement issu des précipitations s'abattant sur le bassin versant topographique. Son petit bassin versant topographique (estimé à environ 4.23 km^2) est principalement occupé par des prairies, de forêts et de tourbière (respectivement > 40 %, > 30 % et 17,9 % - données Corine Land Cover (CLC)). L'intérêt écologique de la zone est également reconnu par l'inscription du secteur au sein du Site d'Intérêt Communautaire (SIC) « FR4301309 - Tourbières et lacs de Chapelle-des-Bois et de Bellefontaine Les Mortes » de la Directive Habitats-Faune-Flore (DHFF). L'**enjeu de préservation de la qualité des eaux du lac** est majoré par le fait :

- qu'il alimente par des écoulements souterrains un linéaire de près de dix kilomètres, pour émerger au niveau de la Doye Gabet à Morbier (DIREN de Franche-Comté 1999),
- que ce réseau karstique débouche dans la Bienne, cours d'eau lui-même en difficulté depuis de nombreuses années (Agnelot et Bourlier 2017).

La tourbière présente en rive droite du lac des Mortes et qui entoure toute la moitié sud du lac de Bellefontaine devrait avoir un rôle de régulation important, de la qualité et de la quantité d'eau, mais également d'habitats naturels remarquables. Les étiages, les pompages pour l'alimentation en AEP et la gestion des planches au niveau de l'ouvrage manœuvrable présent sur l'exutoire, qui tient la **cote des plans d'eau**, représentent une **importante vulnérabilité** pour le **fonctionnement des écosystèmes lacustres**, et également pour les habitats humides exceptionnels présents sur le pourtour du site (Bailly et al. 2007).

L'observation des suivis de la qualité de l'eau et des sédiments réalisés à travers des études ponctuelles et au titre de l'AEP fait état d'une **qualité d'eau globalement préservée**, mais avec néanmoins la présence ponctuelle de cyanobactéries et de nutriments en quantités parfois remarquables. La morphologie des deux cuvettes lacustres permet toutefois de fréquents brassages des eaux, limitant fortement les phénomènes de désoxygénation en durée comme en intensité. Cela permet d'éviter l'installation de conditions physico-chimiques nettement plus limitantes.

Les sédiments de fond contiennent de **très importantes quantités de matière organique**. Cet état génère une **vulnérabilité face au changement climatique**, et notamment face à ses caractéristiques de réchauffement. On peut ainsi citer comme potentiels phénomènes à venir (liste non exhaustive) :

— une stratification estivale plus marquée,
— des phénomènes de relargages de nutriments accentués,
— un changement des communautés phytoplanctoniques (cyanobactéries, etc.).

Des recherches (Belle, Parent et al. 2014 ; Belle, V. Verneaux et al. 2016) ont montré sur le lac de Narlay une intrication dans le déclenchement de profondes modifications trophiques (activation d'une voie d'utilisation du méthane) suite aux évolutions climatiques naturelles et à l'évolution des modes d'utilisation du territoire par l'activité humaine. D'autres travaux menés dans la continuité (Essert 2018 ; Essert, Masclaux, V. Verneaux et Millet 2022 ; Essert, Masclaux, V. Verneaux, Lyautey et al. 2022) ont montré sur différents lacs du massif jurassien un lien fort entre ces perturbations métaboliques lacustres (sédimentation, oxygénation, etc.) et le fonctionnement du cycle du carbone des réseaux trophiques pélagiques lacustres. Un lien est également établi entre les concentrations en méthane (CH_4) et dioxyde de carbone (CO_2) dissous stockés dans l'hypolimnion durant la stratification estivale et la surface relative utilisée par l'agriculture sur le bassin versant. Ces constats mettent en évidence la **forte responsabilité de maîtrise des impacts** des activités actuelles sur le bassin versant, amplifiée par le contexte de changement climatique actuel.

Le **peuplement piscicole** des lacs des Mortes et de Bellefontaine présente un **état de conservation assez bon** en rapport aux autres lacs du département du Jura, notamment en terme de composition du peuplement, mais également dans son abondance de brochets, meilleure que sur d'autres plans d'eau.

5 Propositions d'action

L'ensemble de ces constats doit mener à des **actions visant à améliorer le fonctionnement de ces milieux naturels**.

5.1 Usages sur le bassin versant

— Les **faibles apports en azote et en phosphore** représentent un point particulièrement positif, indispensable à maintenir afin de préserver la qualité de l'eau et les espèces végétales en présence.

— Le maintien ou le renforcement des **dispositions qui limitent la fréquentation touristique** doit être envisagé, afin de réduire la pression directe sur les habitats naturels et les espèces associées, et de manière indirecte sur la qualité de l'eau.

— Une analyse des modalités et de la distribution temporelle des prélèvements et des consommations en AEP par le permettrait de comprendre la **répartition des pompages** au cours du temps, en lien avec les **variations du niveau** des lacs de Bellefontaine et des Mortes (vases communicants), ainsi que d'établir une **cartographie des pertes au sein des réseaux**. Ceci passe notamment par l'existence puis l'analyse des données fines de pompages et de comptage auprès du .

5.2 Gestion

— Il paraît indispensable que la **gestion du marnage** soit douce et compatible aux enjeux actuels des lacs de Bellefontaine et des Mortes, tant concernant l'amplitude totale des variations, que de leur saisonnalité et leurs modalités fines (vitesses, etc.).

— Le **rôle des empoissonnements** dans le relatif bon état de la population de BRO serait à préciser, afin d'évaluer la pertinence du maintien de ceux-ci.

5.3 Suivi

— Le suivi et l'entretien du **dispositif** de mesure de la **cote du plan d'eau** récemment installé via la construction de la nouvelle station de pompage par le SIELB permettra d'établir une chronique fiable de la hauteur du lac (altitude Nivellement Général de la France (NGF)). La même démarche est actuellement en cours d'établissement sur différents lacs naturels du massif jurassien (lacs de Bonlieu, de Clairvaux, de Chambly, d'Ilay, du Val, de Chalain, des Rousses et de l'Abbaye a minima).

— La poursuite d'un **suivi physico-chimique** simplifié des lacs, a minima en fin de période de stratification estivale au point de plus grande profondeur, permettra d'avoir une chronique de l'évolution de la désoxygénation de la zone profonde. Ce suivi est actuellement mené par la FJPPMA et le Conseil Départemental du Jura (CD39).

5.4 Connaissance

— La réalisation d'un Indice Biotique Lacustre (IBL) dans les lacs de Bellefontaine et des Mortes permettrait d'établir un **état des lieux de la faune benthique** de ceux-ci.

— La caractérisation de l'**attractivité physique** pour la faune piscicole de l'**exutoire**.

5.5 Synthèse

Le tableau 5.1 établi une synthèse des actions à entreprendre et détaillées dans les sections précédentes.

Table 5.1 – Synthèse des actions à entreprendre

Type	Thématique	Objectif	Action
Usages	Usages agricoles/domestiques Tourisme AEP	Maintien du niveau trophique Organisation de la fréquentation Limiter les prélèvements	- Maintien de faibles apports en N et P - Limitations sur des points clés - Analyse des modalités de pompage - Optimisation et réduction des volumes utilisés
Gestion	Habitats Faune	Marnage Espèces piscicoles	- Gestion en adéquation avec les besoins du milieu et des espèces - Compréhension du rôle des empoissonnements dans la population de brochets
Suivi	Eau des lacs	Hauteurs d'eau Physico-chimie	- Poursuite du suivi piézométrique - Poursuite du suivi simplifié à la profondeur maximale
Connaissance Connaissance	Eau des lacs Habitats	Biologie Morphologie	- IBL - Caractérisation de l'attractivité physique pour la faune piscicole de l'exutoire

6 Conclusion

Les lacs de Bellefontaine et des Mortes offre un cadre naturel et paysager splendide au pied du massif du Risoux. Ils constituent également la tête de bassin d'un hydrosystème souterrain karstique, dont l'exurgence a lieu au niveau de la Doye Gabet à Morbier, dans la vallée de la Bienne.

Le contexte géologique et les habitats naturels qui ont pu s'installer sur la zone engendrent la présence d'une très importante quantité de matières organiques dans les sédiments du lac. La morphologie des deux cuvettes lacustres permet de multiples brassages de la masse d'eau au cours de l'année, dont le temps de renouvellement semble également court. On n'observe donc pas de désoxygénation marquée et durable au sein de la colonne d'eau, contrairement à la très grande majorité des lacs naturels du département du Jura. Peu de molécules exogènes ont été mises en évidence dans l'eau, mais il faut également souligner le peu de données de qualité physico-chimique disponibles.

Les habitats humides observés à proximité des plans d'eau présentent un intérêt patrimonial très fort, avec 80% des habitats rencontrés d'intérêt communautaire, dont presque la moitié sont prioritaires. Leur état de conservation est par ailleurs majoritairement excellent ou bon.

La gestion du niveau du plan d'eau constitue également un enjeu majeur de la préservation de la qualité de l'eau et des habitats. Celle-ci s'organise autour de la gestion de la vanne située à l'exutoire du lac, et également en lien avec les prélèvements pouvant être réalisés au titre de l'alimentation en eau potable. La faible profondeur des cuvettes lacustres entraîne une vulnérabilité accrue concernant ce sujet.

Le peuplement piscicole des lacs des Mortes et de Bellefontaine présente un état de conservation assez bon en rapport aux autres lacs du département du Jura, notamment en terme de composition du peuplement, mais également dans son abondance de brochets, meilleure que sur d'autres plans d'eau.

Afin de maintenir et/ou de restaurer le fonctionnement écologique de cet ensemble de milieux naturels (lac, zones humides, cours d'eau), il apparaît indispensable d'engager un ambitieux programme de travaux de reconquête. Cette démarche doit passer par un éventail d'opérations complémentaires telles que l'évolution de certaines pratiques sur le territoire et/ou d'aménagements de l'espace, et la recherche de nouvelles clés de compréhension des fonctionnements écologiques actuels.

Ces actions opérationnelles doivent être accompagnées par la mise en œuvre et/ou par la poursuite de mesures d'acquisition de connaissance, de suivi et de gestion, afin de pouvoir en contrôler l'efficacité et les éventuelles limitations.

7 Bibliographie

AFNOR (2005). *NF EN 14757 T90-366 : Qualité de l'eau – Échantillonnage Des Poissons à l'aide de Filets Maillants.*

Agnelot, Kévin et Alexis Bourlier (oct. 2017). « Recherche Des Causes, Antérieures et Actuelles, Entraînant l'altération de La Capacité Biogénique de La Bienne (39) ». Mémoire de Master 2 Qualité Des Eaux, Des Sols et Traitements. Besançon : Université de Franche-Comté.

Alexander, T. J. et al. (2015). « Estimating Whole-Lake Fish Catch per Unit Effort ». In : *Fisheries Research* 172, p. 287-302. (Visité le 24/08/2015).

Alexander, Timothy J. et al. (jan. 2015). « Evaluating Gillnetting Protocols to Characterize Lacustrine Fish Communities ». In : *Fisheries Research* 161, p. 320-329. issn : 0165-7836. doi : 10.1016/j.fishres.2014.08.009. (Visité le 02/10/2014).

Auguie, Baptiste (2017). *gridExtra : Miscellaneous Functions for "Grid" Graphics.* Version 2.3. url : https://CRAN.R-project.org/package=gridExtra.

Bailly, Gilles et al. (avr. 2007). *Étude et Cartographie de La Flore et de La Végétation de Dix Lacs Du Massif Jurassien. Petit et Grand Lacs de Clairvaux (Jura), Lac Du Vernois (Jura), Lac Du Fioget (Jura), Lac de Malpas (Doubs), Lac de Remoray (Doubs), Lac de Saint-Point (Doubs), Lacs de Bellefontaine et Des Mortes (Jura et Doubs) et Lac Des Rousses (Jura).* Rapp. tech. Besançon : Conservatoire botanique de Franche-Comté, p. 132.

Barbe, Jacques (1973). « Caractéristiques Biologiques Des Lacs de Bellefontaine et Des Mortes : Végétation et Microfaune ». In : *Bull. Féd. Soc. d'hist. nat. de Franche-Comté* LXXV, p. 15-40.

Barbe, Jacques et al. (sept. 1999). *Diagnose Rapide Du Lac de Bellefontaine - Campagne 1998.* Rapp. tech. CEMAGREF, p. 13.

Belle, Simon, Claire Parent et al. (août 2014). « Temporal Changes in the Contribution of Methane-Oxidizing Bacteria to the Biomass of Chironomid Larvae Determined Using Stable Carbon Isotopes and Ancient DNA ». In : *Journal of Paleolimnology*, p. 1-14. issn : 0921-2728, 1573-0417. doi : 10.1007/s10933-014-9789-z. (Visité le 12/08/2014).

Belle, Simon, Valérie Verneaux et al. (2016). « Climate and Human Land-Use as a Driver of Lake Narlay (Eastern France, Jura Mountains) Evolution over the Last 1200 Years : Implication for Methane Cycle ». In : *Journal of Paleolimnology* 1.55, p. 83-96. issn : 0921-2728, 1573-0417. doi : 10.1007/s10933-015-9864-0. (Visité le 20/02/2017).

Bivand, Roger, Tim Keitt et Barry Rowlingson (2017). *Rgdal : Bindings for the Geospatial Data Abstraction Library*. Version 1.2-16. url : https://CRAN.R-project.org/package=rgdal.

Bouvet, Nathalie (2013). *Suivi Des Paramètres Physiques de Quatres Lacs Utilisés à Des Fins d'alimentation En Eau Potable : Lacs de l'Abbaye, de Bellefontaine, Des Rousses et Du Trouillot*. Rapp. tech. Besançon : Parc Naturel Régional du Haut-Jura, p. 153.

Brignon, Jean-Marc et L. Malherbe (10 mai 2005). *Données Technico-Économiques Sur Les Substances Chimiques En France : DI(2-ETHYLHEXYL)PHTALATE*. INERIS, p. 32.

Dahl, David B. (2019). *Xtable : Export Tables to LaTeX or HTML*. Version 1.8-4. url : https://CRAN.R-project.org/package=xtable (visité le 01/02/2016).

Degiorgi, François, Jean-Claude Raymond et Jean-Pierre Grandmottet (2003). *Analysis of Quantitative Structures of the Lake Ichtyofauna by Standard Use of Vertical Nets*, p. 13.

Directive 2000/60/CE Du Parlement Européen et Du Conseil Du 23 Octobre 2000 Établissant Un Cadre Pour Une Politique Communautaire Dans Le Domaine de l'eau (23 oct. 2003).

DIREN de Franche-Comté (déc. 1999). « Les Lacs de Bellefontaine et Des Mortes ». In : *Les Lacs Du Département Du Jura et Leur Bassin Versant*. Besançon, p. 75-87.

Dunnington, Dewey et Edgar Ruiz (2018). *Ggspatial : Spatial Data Framework for Ggplot2*. Version 1.0.3. url : https://CRAN.R-project.org/package=ggspatial.

Essert, Valentin (2018). « Sources et Voies de Transfert Du Carbone Dans Les Réseaux Trophiques Pélagiques Lacustres d'après l'analyse Des Signatures Isotopiques Du Carbone Des Daphnies et de Leurs Restes Subfossiles, Une Approche Combinée Néo- et Paléolimnologique. » These En Préparation. Bourgogne Franche-Comté. (Visité le 28/11/2022).

Essert, Valentin, Hélène Masclaux, Valérie Verneaux, Emilie Lyautey et al. (août 2022). « Spatial and Seasonal Variability of the Carbon Isotopic Signature of *Daphnia* and Their Ephippia in Four French Lakes : Implications for the Study of Carbon Transfers in Lake Food Webs ». In : *Freshwater Biology* 67.8, p. 1439-1455. issn : 0046-5070, 1365-2427. doi : 10.1111/fwb.13952. (Visité le 08/02/2023).

Essert, Valentin, Hélène Masclaux, Valérie Verneaux et Laurent Millet (juill. 2022). « Influence of Thermal Regime, Oxygen Conditions and Land Use on Source and Pathways of Carbon in Lake Pelagic Food Webs ». In : *Écoscience* 0.0, p. 1-18. issn : 1195-6860. doi : 10.1080/11956860.2022.2094630. (Visité le 03/08/2022).

Fagot, Jean-Baptiste (2011). *Impacts de La Gestion Du Niveau Des Lacs Sur Leur Métabolisme et Sur Leurs Capacités Biogènes - Synthèse Bibliographique*. Besançon : Université de Franche-Comté, p. 34.

— (2013). *Diagnose Piscicole Du Lac de Chalain*. Rapp. tech. Lons-le-Saunier : Fédération du Jura pour la pêche et la protection du milieu aquatique, p. 50.

— (juill. 2016). *Diagnostic Piscicole et Propositions d'actions - Lac de Bonlieu (39)*. Rapp. tech. Lons-le-Saunier : Fédération du Jura pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique, p. 44.

— (jan. 2017a). *Lacs Du Département Du Jura - Observations Physico-Chimiques (2014)*. Rapp. tech. Lons-le-Saunier : Fédération du Jura pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique, p. 35.

Fagot, Jean-Baptiste (fév. 2017b). *Lacs Du Département Du Jura - Observations Physico-Chimiques (2016)*. Rapp. tech. Lons-le-Saunier : Fédération du Jura pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique, p. 43.

— (mars 2018). *Inventaire Des Pressions Anthropiques et Analyse de Leurs Impacts Sur Les Milieux Aquatiques - Lac Des Rousses (39) - Rapport et Propositions d'action*. Rapp. tech. Lons-le-Saunier : FJPPMA, p. 66.

— (mars 2019). *Grand Lac de Clairvaux - Suivi Piscicole et Identification de La Contamination Toxique*. Rapp. tech. Lons-le-Saunier : Fédération du Jura pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique, p. 57.

— (mars 2020). *Lacs d'Ilay et Du Val - Suivi Piscicole*. Rapp. tech. Lons-le-Saunier : Fédération du Jura pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique, p. 53.

— (mars 2023). *Lac de l'Abbaye - Suivi Piscicole*. Rapp. tech. Lons-le-Saunier : Fédération du Jura, p. 44.

Gallandat, Jean-Daniel (1982). « Prairies Marécageuses Du Haut-Jura ». In : *Mat. Levés géobot. Suisse* 58, p. 1-327.

Grandmottet, Jean-Pierre (1983). « Principales Exigences Des Téléostéens Dulcicoles Vis-à-Vis de l'habitat Aquatique ». In : *Annales scientifiques de l'Université de Franche-Comté* 4ème série, Fascicule 4, p. 3-25.

Grolemund, Garrett et Hadley Wickham (2011). « Dates and Times Made Easy with Lubridate ». In : *Journal of Statistical Software* 40.3, p. 1-25. URL : `http://core.kmi.open.ac.uk/download/pdf/6340242.pdf` (visité le 10/03/2015).

Hétier, M.-F. (1896). « Note Sur Quelques Plantes Rares Ou Nouvelles De La Flore Française Récoltées Dans Le Jura ». In : *Bulletin de la Société Botanique de France* 43.1, p. 66-70. (Visité le 15/10/2015).

Kahle, David et Hadley Wickham (2013). « Ggmap : Spatial Visualization with Ggplot2 ». In : *The R Journal* 5.1, p. 144-161. URL : `http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.375.8693&rep=rep1&type=pdf` (visité le 01/02/2016).

Lamairesse, Pierre-Eugène (1873). *Études hydrologiques sur les monts Jura, mémoire*. Paris, France : Dunod.

Loi 2006-1772 Du 30 Décembre 2006 Sur l'eau et Les Milieux Aquatiques (30 déc. 2006).

Magnin, Antoine (1904). *Les lacs du Jura t.4 : Monographies botaniques de 74 lacs jurassiens : suivies de considération générales sur la végétation lacustre*. Paris, France : P. Klincksieck.

Moreau, H. (1922). « Les Forces Hydrauliques Dans Le Département Du Jura ». In : *Société d'émulation du Jura* 11è série.1er volume, p. 91-106.

Pebesma, Edzer (2018). « Simple Features for R : Standardized Support for Spatial Vector Data ». In : *The R Journal*. URL : `https://journal.r-project.org/archive/2018/RJ-2018-009/index.html`.

Pebesma, Edzer, Thomas Mailund et James Hiebert (2016). « Measurement Units in {R} ». In : *The R Journal* 8.2, p. 486-494. URL : `https://journal.r-project.org/archive/2016-2/pebesma-mailund-hiebert.pdf`.

Philot, David (juin 2021). *Arrêté Préfectoral 2021-06-09-001 Portant Approbation Du Plan Départemental Pour La Protection Du Milieu Aquatique et La Gestion Des Ressources Piscicoles (PDPG) 2021-2015*.

PostGIS (2017). Version 2.4.0. URL : `https://postgis.net/`.

PostgreSQL Global Development Group (5 oct. 2017). *PostgreSQL*. Version 10. URL : https://postgresql.org/.

QGIS Development Team (13 sept. 2019). *QGIS Geographic Information System*. Version 3.8.3. Open Source Geospatial Foundation. URL : http://www.qgis.org.

R Core Team (11 mars 2019). *R : A Language and Environment for Statistical Computing*. Version 3.5.3. Vienne, Autriche : R Foundation for Statistical Computing. URL : http://www.R-project.org/.

RStudio Team (2019). *RStudio : Integrated Development for R. RStudio*. Version 1.2.5001. Boston, MA : RStudio, Inc. URL : http://www.rstudio.com/.

Schlumberger, Olivier et Pierre Élie (2008). *Poissons des lacs naturels français : écologie et évolution des peuplements*. 1 t. Versailles : Quae. 211 p. ISBN : 978-2-7592-0030-6.

Schlumberger, Olivier et Patrick Girard (2013). *Mémento de pisciculture d'étang*. 5ème édition. 1 t. Versailles : Éditions Quae. 222 p. ISBN : 978-2-7592-1895-0.

Schneider, Marion (déc. 2022). *Etude et Cartographie de La Flore et de La Végétation de Cinq Lacs Du Massif Jurassien - Caractérisation Des Habitats Aquatiques Au Titre Des Cahiers d'habitats Natura 2000*. Rapp. tech. Lajoux : Parc Naturel Régional du Haut-Jura, p. 96.

Slowikowski, Kamil (2019). *Ggrepel : Automatically Position Non-Overlapping Text Labels with 'Ggplot2'*. Version 0.8.1. URL : https://CRAN.R-project.org/package=ggrepel.

Vergon, Jean-Paul, Jacques Barbe et J.-P. Masson (1977). « Observations et Données Écologiques Récentes Sur Quelques Lacs Du Jura Central ». In : *Bulletin de la Fédération des Sociétés d'histoire naturelle de Franche-Comté* 78, p. 51-63.

Verneaux, Jean (1980). « Fondements Biologiques et Écologiques de l'étude de La Qualité Des Eaux Continentales. Principes et Méthodes ». In : *La Pollution Des Eaux Continentales*. Gauthiers-Villards, p. 289-345.

Virieux, J. (1916). *Annales de biologie lacustre. Recherches sur le plancton des lacs du Jura central*. T. Tome VIII (1914-1915). Extrait des "Annales de Biologie lacustre". Bruxelles, Belgique : Breuer.

Wickham, Hadley et al. (2007). « Reshaping Data with the Reshape Package ». In : *Journal of Statistical Software* 21.12, p. 1-20. URL : http://www.had.co.nz/reshape/introduction.pdf (visité le 01/02/2016).

Wickham, Hadley (2009). *Ggplot2 : Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer New York. 212 p. ISBN : 978-0-387-98140-6. URL : http://had.co.nz/ggplot2/book.

Wickham, Hadley et al. (2011). « The Split-Apply-Combine Strategy for Data Analysis ». In : *Journal of Statistical Software* 40.1, p. 1-29. URL : http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.182.5667&rep=rep1&type=pdf (visité le 01/02/2016).

Wickham, Hadley (2017). *Tidyverse : Easily Install and Load 'Tidyverse' Packages*. Version 1.2.1. URL : https://cran.r-project.org/web/packages/tidyverse/index.html.

— (2018a). *Scales : Scale Functions for Visualization*. Version 1.0.0. URL : https://CRAN.R-project.org/package=scales.

— (2018b). *Stringr : Simple, Consistent Wrappers for Common String Operations*. Version 1.3.1. URL : https://CRAN.R-project.org/package=stringr.

Wickham, Hadley et Jennifer Bryan (2019). *Readxl : Read Excel Files*. Version 1.3.1. URL : https://CRAN.R-project.org/package=readxl.

Wickham, Hadley, Romain François et al. (2019). *Dplyr : A Grammar of Data Manipulation*. Version 0.8.3. URL : http://CRAN.R-project.org/package=dplyr.

Wickham, Hadley et Lionel Henry (2019). *Tidyr : Tidy Messy Data*. Version 1.0.0. URL : https://CRAN.R-project.org/package=tidyr.

Wickham, Hadley et Edgar Ruiz (2019). *Dbplyr : A 'dplyr' Back End for Databases*. Version 1.4.2. URL : https://CRAN.R-project.org/package=dbplyr.

Wilke, Claus O. (2019). *Cowplot : Streamlined Plot Theme and Plot Annotations for 'Ggplot2'*. Version 1.0.0. URL : https://CRAN.R-project.org/package=cowplot.

Xie, Yihui (2019). *Knitr : A General-Purpose Package for Dynamic Report Generation in R*. Version 1.25. URL : http://cran.r-project.org/web/packages/knitr/index.html.

8 Annexes

Table .0.1 – Récapitulatif des effectifs capturés dans les lac de Bellefontaine et des Mortes (en nombre d'individus)

Espèce	CENb	FVL	FVS	EBP	EPP	Total
BRO	3			13	18	34
GAR	89	33	15			137
OCL	1			1		2
PER	108	76	86	27	14	311
ROT	40	43	4	191	491	769
TAN	8	4	1	5	4	22
Total	249	156	106	237	527	1275

Table .0.2 – Récapitulatif des biomasses capturées dans les lac de Bellefontaine et des Mortes (en kg)

Espèce	CENb	FVL	FVS	EBP	EPP	Total
BRO	5.97			4.03	3.14	13.14
GAR	8.32	1.52	1.49			11.33
OCL	0.02			0.04		0.06
PER	5.44	4.35	3.08	0.25	0.17	13.29
ROT	4.89	6.42	0.31	0.32		11.94
TAN	8.21	3.10	1.01		0.08	12.40
Total	32.86	15.39	5.89	4.62	3.39	62.15

.1 Informations techniques

```
## - Session info ---------------------------------------------------------------
##  setting  value
##  version  R version 4.2.2 (2022-10-31)
##  os       macOS Monterey 12.6.3
##  system   aarch64, darwin20
##  ui       X11
##  language fr_FR.UTF-8
##  collate  fr_FR.UTF-8
##  ctype    en_US.UTF-8
##  tz       Europe/Paris
##  date     2023-03-13
##  pandoc   NA
##
## - Packages -------------------------------------------------------------------
##  ! package       * version date (UTC) lib source
##    afd39         * 0.0.16  2023-03-03 [1] Github (jbfagotfede39/afd39@8a8abf3)
##    aquatools     * 0.0.149 2023-03-03 [1] Github (jbfagotfede39/aquatools@43b558
##  P assertthat      0.2.1   2019-03-21 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P backports       1.4.1   2021-12-13 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P bitops          1.0-7   2021-04-24 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P blob            1.2.3   2022-04-10 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P broom           1.0.1   2022-08-29 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P cachem          1.0.6   2021-08-19 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P callr           3.7.3   2022-11-02 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P cellranger      1.1.0   2016-07-27 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P class           7.3-20  2022-01-16 [?] CRAN (R 4.2.2)
##  P classInt        0.4-8   2022-09-29 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P cli             3.4.1   2022-09-23 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P codetools       0.2-18  2020-11-04 [?] CRAN (R 4.2.2)
##  P colorspace      2.0-3   2022-02-21 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P cowplot       * 1.1.1   2020-12-30 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P crayon          1.5.2   2022-09-29 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P DBI             1.1.3   2022-06-18 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P dbplyr        * 2.2.1   2022-06-27 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P devtools        2.4.5   2022-10-11 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P digest          0.6.30  2022-10-18 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P dplyr         * 1.0.10  2022-09-01 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P e1071           1.7-12  2022-10-24 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P ellipsis        0.3.2   2021-04-29 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P evaluate        0.18    2022-11-07 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P fansi           1.0.3   2022-03-24 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P farver          2.1.1   2022-07-06 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P fastmap         1.1.0   2021-01-25 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P forcats       * 0.5.2   2022-08-19 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P fs              1.5.2   2021-12-08 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P FSA             0.9.3   2022-02-18 [?] CRAN (R 4.2.0)
```

```
##  P gargle          1.2.1   2022-09-08 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P generics        0.1.3   2022-07-05 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P ggmap         * 3.0.1   2022-11-03 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P ggplot2       * 3.4.0   2022-11-04 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P ggrepel       * 0.9.1   2021-01-15 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P ggspatial     * 1.1.6   2022-07-08 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P glue          * 1.6.2   2022-02-24 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P googledrive     2.0.0   2021-07-08 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P googlesheets4   1.0.1   2022-08-13 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P gridExtra     * 2.3     2017-09-09 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P gtable          0.3.1   2022-09-01 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P haven           2.5.1   2022-08-22 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P highr           0.9     2021-04-16 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P hms             1.1.2   2022-08-19 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P htmltools       0.5.3   2022-07-18 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P htmlwidgets     1.5.4   2021-09-08 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P httpuv          1.6.6   2022-09-08 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P httr            1.4.4   2022-08-17 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P jpeg            0.1-9   2021-07-24 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P jsonlite        1.8.3   2022-10-21 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P KernSmooth      2.23-20 2021-05-03 [?] CRAN (R 4.2.2)
##  P keyring         1.3.1   2022-10-27 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P knitr         * 1.40    2022-08-24 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P labeling        0.4.2   2020-10-20 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P later           1.3.0   2021-08-18 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P lattice         0.20-45 2021-09-22 [?] CRAN (R 4.2.2)
##  P lifecycle       1.0.3   2022-10-07 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P logr            1.3.3   2022-09-06 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P lubridate     * 1.9.0   2022-11-06 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P magrittr        2.0.3   2022-03-30 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P memoise         2.0.1   2021-11-26 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P mime            0.12    2021-09-28 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P miniUI          0.1.1.1 2018-05-18 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P modelr          0.1.9   2022-08-19 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P munsell         0.5.0   2018-06-12 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P openxlsx        4.2.5.1 2022-10-24 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P pillar          1.8.1   2022-08-19 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P pkgbuild        1.3.1   2021-12-20 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P pkgconfig       2.0.3   2019-09-22 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P pkgload         1.3.1   2022-10-28 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P plyr            1.8.7   2022-03-24 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P png             0.1-7   2013-12-03 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P prettyunits     1.1.1   2020-01-24 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P processx        3.8.0   2022-10-26 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P profvis         0.3.7   2020-11-02 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P promises        1.2.0.1 2021-02-11 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P proxy           0.4-27  2022-06-09 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P ps              1.7.2   2022-10-26 [?] CRAN (R 4.2.0)
```

```
##  P purrr         * 0.3.5   2022-10-06 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P R6              2.5.1   2021-08-19 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P raster          3.6-3   2022-09-18 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P RColorBrewer    1.1-3   2022-04-03 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P Rcpp            1.0.9   2022-07-08 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P RcppRoll        0.3.0   2018-06-05 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P readr         * 2.1.3   2022-10-01 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P readxl          1.4.1   2022-08-17 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P remotes         2.4.2   2021-11-30 [?] CRAN (R 4.2.0)
##    renv            0.16.0  2022-09-29 [1] CRAN (R 4.2.0)
##  P reprex          2.0.2   2022-08-17 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P reshape2        1.4.4   2020-04-09 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P rgeoapi         1.1.0   2022-11-10 [?] Github (colinfay/rgeoapi@684f090)
##  P RgoogleMaps     1.4.5.3 2020-02-12 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P rjson           0.2.21  2022-01-09 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P rlang           1.0.6   2022-09-24 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P RPostgreSQL     0.7-4   2022-08-09 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P rstudioapi      0.14    2022-08-22 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P rvest           1.0.3   2022-08-19 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P s2              1.1.0   2022-07-18 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P scales        * 1.2.1   2022-08-20 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P sessioninfo     1.2.2   2021-12-06 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P sf            * 1.0-8   2022-07-14 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P shiny           1.7.3   2022-10-25 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P sp              1.5-1   2022-11-07 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P stringi         1.7.8   2022-07-11 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P stringr       * 1.4.1   2022-08-20 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P terra           1.6-17  2022-09-10 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P testit          0.13    2021-04-14 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P this.path       1.2.0   2023-01-16 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P tibble        * 3.1.8   2022-07-22 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P tidyr         * 1.2.1   2022-09-08 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P tidyselect      1.2.0   2022-10-10 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P tidyverse     * 1.3.2   2022-07-18 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P timechange    * 0.1.1   2022-11-04 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P tzdb            0.3.0   2022-03-28 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P units         * 0.8-0   2022-02-05 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P urlchecker      1.0.1   2021-11-30 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P usethis         2.1.6   2022-05-25 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P utf8            1.2.2   2021-07-24 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P vctrs           0.5.0   2022-10-22 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P withr           2.5.0   2022-03-03 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P wk              0.7.0   2022-10-13 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P wkb             0.4-0   2019-12-05 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P xfun            0.34    2022-10-18 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P xml2            1.3.3   2021-11-30 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P xtable        * 1.8-4   2019-04-21 [?] CRAN (R 4.2.0)
##  P zip             2.2.2   2022-10-26 [?] CRAN (R 4.2.0)
```

```
##
##  [1] /Users/jean-baptistefagot/Desktop/Calculs_R/2023_Rapport_suivi_piscicole_la
##  [2] /Users/jean-baptistefagot/Desktop/Calculs_R/2023_Rapport_suivi_piscicole_la
##
##  P -- Loaded and on-disk path mismatch.
##
## ------------------------------------------------------------------------------
```