



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV



ETAT DE FRIBOURG
STAAT FREIBURG



Service des forêts, de
la faune et de la nature

Inspection de la pêche

Chemin du Marquisat 1
1025 St-Sulpice



Etude du peuplement pisciaire du Lac de Morat



Rapport définitif

11 janvier 2012

Document réalisé par :

Guy Périat,
Eawag Fishecology group
Seestrasse 79
CH-6047 Kastanienbaum,
guy.periat@eawag.ch

Avec la participation de :

Pascal Vonlanthen & Ole Seehausen, Eawag
François Degiorgi, Université de Besançon
Jean-Claude Raymond, ONEMA Thonon
Bernard Büttiker, expert indépendant
Jean Guillard, INRA Thonon

Remerciements :

L'équipe du « Projet Lac » tient à remercier chaleureusement toutes les personnes ayant participé à la présente étude. En particulier, MM. Frédéric Hofmann, Jean-Daniel Wicky, Laurent Giusti, Frédéric Renaudon, Didier Bouquet, Mathieu Baldeck, Michel Colon, Michaël Goguilly, Daniel Schlunke, Gregory Tourreau, Pierre Schaer, Phillippe et Quentin Jobin, les gardes-pêche des cantons de Vaud et de Fribourg ainsi que les doctorants et étudiants des facultés de Besançon, Bern et Kastanienbaum.

Résumé

L'objectif principal du « Projet Lac » est de déterminer d'une manière standardisée la diversité de l'ichtyofaune peuplant les grands lacs naturels alpins et péri alpins. Cet important travail d'investigations est mené par l'EAWAG et différents instituts et gestionnaires partenaires.

L'inventaire du lac de Morat réalisé en octobre 2010, soutenu par les cantons de Vaud et de Fribourg, constitue le premier échantillonnage sur territoire helvétique. Les principaux enseignements mis en évidence se résument en quelques chiffres :

Le lac de Morat, c'est 36 % de perte de biodiversité pisciaire indigène en 170 ans provoqué par :

- 100% de désoxygénation en dessous de 20 m de profondeur en fin de stratification estivale
- 15 % de diminution de surface lacustre suite aux travaux de corrections des eaux du Jura
- 30 % de réduction des habitats littoraux structurés en raison de la régulation des amplitudes de niveaux d'eau intervenue au fil du temps
- 28 % d'artificialisation de linéaire des rives en conséquence d'une urbanisation croissante
- 18 % du peuplement ichtyologique constitué d'espèces allochtones.

En définitive, la situation écologique du plan d'eau n'est pas optimale. Elle est certes meilleure qu'au paroxysme de la pollution organique du 20^{ème} siècle, mais les intrants polluants et les perturbations physiques subies sont encore trop fortes pour espérer un retour des espèces polluosensibles (omble, lote, bondelle ou autres petits corégones) et le développement harmonieux de populations de prédateurs autochtones prisés des pêcheurs (brochet).

Eu égard à l'intérêt et au rendement halieutique du lac de Morat, les efforts en matière d'épuration méritent d'être poursuivis et un programme de restauration morphologique de la zone littorale initié. Un lien avec les projets nationaux de revitalisation des eaux courantes en cours de développement devrait, en ce sens, être recherché. Cette politique devrait également inclure une remise en question de l'artificialisation totale actuelle du régime hydrologique. Il est, par ailleurs, important de préciser que les résultats du « Projet lac » pourront à l'avenir servir à estimer l'efficacité des mesures réalisées et les 427 poissons, conservés durablement par le Musée d'histoire naturelle de Berne, de matériel biologique de référence pour des analyses génétiques, morphométriques et/ou écotoxicologiques.

Enfin, et dans une moindre mesure, l'exploitation halieutique actuelle contribue à la perturbation écologique du Lac de Morat : en ciblant les prédateurs (brochet, sandre, perche, silure), elle induit un déséquilibre du peuplement pisciaire. C'est pourquoi, des recommandations de modification de législation sont proposées. Pour autant qu'elles soient retenues par les gestionnaires, elles devront être discutées en détail avec les milieux de la pêche. D'ici là, il serait idéal que les Cantons de Vaud et Fribourg s'intéressent à la problématique de contamination en micropolluants et en métaux de chaque compartiment du plan d'eau, dont l'impact en biologie aquatique n'est plus à démontrer et pour lequel peu de données sont actuellement disponibles à l'échelle des peuplements.

Mots clefs

Lac - morphologie - restauration - eutrophisation - poisson - inventaire - DCE.

Sommaire

1	Problématique.....	1
1.1	Le Projet lac	1
1.2	Objectifs	2
2	Méthodologie.....	3
2.1	Mesures physico-chimiques.....	3
2.2	Cartographie des habitats.....	3
2.3	Echantillonnage pisciaire	4
2.4	Récolte halieutique	5
3	Résultats :	6
3.1	Physico-chimie	6
3.2	Habitats	8
3.3	Biodiversité.....	12
3.4	Biomasse	20
3.5	Gestion halieutique.....	22
4	Synthèse et Conclusion.....	29
4.1	Diagnose écologique	29
4.2	Exploitation halieutique	30
4.3	Conclusion	32
5	Perspectives :	34
5.1	Recommandations environnementales.....	34
5.2	Recommandations halieutiques	35
6	Bibliographie	39
7	Annexes :	41
7.1	Illustration cartographie des habitats	41
7.2	Liste des figures.....	43
7.3	Liste des tableaux	45
7.4	Cartes format A4	46

1 Problématique

1.1 Le Projet lac

Obligation légale

Qualifier l'état de conservation d'un milieu naturel est indispensable au gestionnaire chargé de la protection durable de l'environnement. En Europe, c'est une obligation légale inscrite dans les directives cadre (DCE). Au plan Suisse, la loi fédérale (LPE 814.0) impose la réalisation d'une étude d'impact comportant la détermination de l'état de conservation initial à toute installation susceptible de porter atteinte à l'environnement. Enfin pour les milieux aquatiques (OFSP 923.0), chaque canton à l'obligation de suivre l'état de conservation des peuplements de poissons et d'écrevisses indigènes considérés comme menacés (statut 1 à 3).

Malheureusement la taille des écosystèmes lacustres alpins et péri-alpins est telle qu'elle rend l'application des obligations légales difficile. En effet, les grands lacs européens profonds restent de véritables boîtes noires pour les naturalistes, faute de moyens et de temps pour les étudier. En particulier, l'ichtyofaune pour laquelle les seules données disponibles se résument en général aux statistiques de la pêche.

Poisson organisme intégrateur

Pourtant, les poissons sont les organismes aquatiques les plus intégrateurs de la qualité écologique des hydrosystèmes. Ils possèdent (Degiorgi & Raymond, 2000):

- une des plus grandes longévités. En moyenne de 2 à 4 ans, mais pouvant 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 par espèce à chaque 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.

Toutefois, si leur taille macroscopique facilite leur détermination, le faible nombre d'espèces de poissons dulcicoles européens reconnues (55 par LFSP 923.0) impose la mise en œuvre de procédés d'échantillonnage standardisés fournissant des images quantitatives comparables. La structure des populations de l'ensemble des espèces est à déterminer et à exprimer à l'échelle du peuplement. En outre, la grande mobilité de l'ichtyofaune nécessite une prospection, en simultanée, de la totalité de la masse d'eau.

Cette dernière remarque explique peut-être à elle seule, l'absence de données de suivis ichtyologiques des grands lacs alpins et péri alpins. L'étendue de ces plans d'eau reste hors de portée des moyens humains et financiers mobilisables séparément par les gestionnaires locaux. C'est notamment pourquoi en 2010, année internationale de la biodiversité, l'EAWAG associé au Musée d'Histoire Naturelle de Berne a décidé de lancer une étude de grande envergure sur les peuplements pisciaires lacustres : le « Projet Lac ».

1.2 Objectifs

Objectifs globaux

Les objectifs cadre de cet important travail d'investigation et de recherche sont les suivants :

1. Déterminer la situation actuelle de la biodiversité ichthyologique des lacs naturels alpins et péri alpins, à l'aide de méthodologies communes, reproductibles et compatibles avec les indicateurs et les métriques préconisés dans le cadre de la Directive cadre européenne sur l'eau (DCE).
2. Déterminer les causes des différences en biodiversité observées parmi les lacs et comprendre les principaux facteurs environnementaux à l'origine de l'apparition/disparition d'espèces endémiques.
3. Constituer une collection de référence de poissons au Musée d'Histoire Naturelle de Berne.
4. Mettre en place un groupe de réflexion international pour une exploitation et une gestion durable de l'ichtyofaune des grands lacs alpins et péri alpins.

Le projet, budgété à environ 2.6 millions CHF pour l'étude de 22 grands lacs naturels et étalé sur cinq années de 2010 à 2014, a reçu un accueil positif de nombreux partenaires universitaires suisses et étrangers (Université de Besançon, INRA Thonon-les-Bains, Ecole d'ingénieur de Lullier, Kinneret Laboratory Israel), de l'Office fédéral suisse de l'environnement ainsi que de plusieurs cantons (Vaud, Genève, Valais, Neuchâtel, Fribourg, Tessin, Berne) et de gestionnaires italiens (Regione Lombardia) et autrichiens (Bundesamt für Wasserwirtschaft).

Objectifs spécifiques

Le présent rapport s'attachera à relater les enseignements mis en évidence par l'échantillonnage du premier lac investigué sur territoire helvétique entre le 12 et le 17 octobre 2010 : le lac de Morat. En outre, la détermination de la diversité et de l'origine des espèces de corégones capturés constituera une question locale d'importance pour les gestionnaires des Services de la Pêche des Cantons de Fribourg et de Vaud, partenaires financiers du projet.

2 Méthodologie

2.1 Mesures physico-chimiques

Pour chaque grand lac alpin et péri-alpin, un suivi régulier de la qualité de la colonne d'eau et des sédiments est généralement disponible auprès des autorités compétentes. Il va de soit que l'utilisation de ces précieuses données a été privilégiée.

Toutefois, pour le lac de Morat une mesure de la température, de l'oxygène, du pH, de la conductivité et du potentiel redox sur une colonne d'eau à grande profondeur (35 m) a été réalisée durant la semaine d'échantillonnage pisciaire.

2.2 Cartographie des habitats

Au préalable, une reconnaissance exhaustive en bateau permet le découpage géographique du plan d'eau en fonction des habitats en présence. La méthodologie dite des pôles d'attraction, développée par (Degiorgi & Grandmottet, 1993), a été retenue. Cette technique de division 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 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. Le diagramme directif de découpage et codification est fourni en annexe 7.1 et un exemple de cartographie en annexe 7.1.2.

Parallèlement et afin d'estimer l'évolution temporelle des habitats de la zone littorale, les plus anciennes photos aériennes disponibles auprès de swisstopo ont été acquises et interprétées à l'aide de logiciels de système d'information géographique (SIG). Pour le lac de Morat, il s'agit de la campagne de 1954.

2.3 Echantillonnage pisciaire

En période de stratification estivale extrême (août, septembre, octobre), quatre protocoles d'inventaire de l'ichtyofaune sont menés simultanément et coordonnés (Figure 2.1) conformément à la stratégie d'échantillonnage prédéfinie à partir de la cartographie des pôles d'attraction :

- a) Un premier équipage s'occupe de l'estimation des biomasses en place par hydroacoustique. Il intervient en deux campagnes de mesures : une nocturne, une diurne selon la méthode développée par (Guillard & Marchal, 2001)
- b) Un deuxième équipage réalise l'échantillonnage à l'aide de filets maillants par application parallèle du protocole CEN à prospection aléatoire recommandé par la Directive cadre européenne (prEN14757, 2005) et de la technique dite des filets verticaux développée par l'Université de Besançon (Degiorgi F. , Grandmottet, Raymond, & Rivier, 2001)
- c) Un troisième équipage effectue un inventaire des zones peu profondes (<1m) à l'aide de pêches électriques par ambiance à un seul passage à pied ou en bateau. Chaque type de pôle d'attraction présent en bordure est prospecté et la surface pêchée est estimée en m².
- d) L'ensemble des poissons capturés sont mesurés, pesés, photographiés et conditionnés pour une conservation durable au Musée d'histoire naturelle de Berne.

*Une technique
d'échantillonnage
exemplaire*

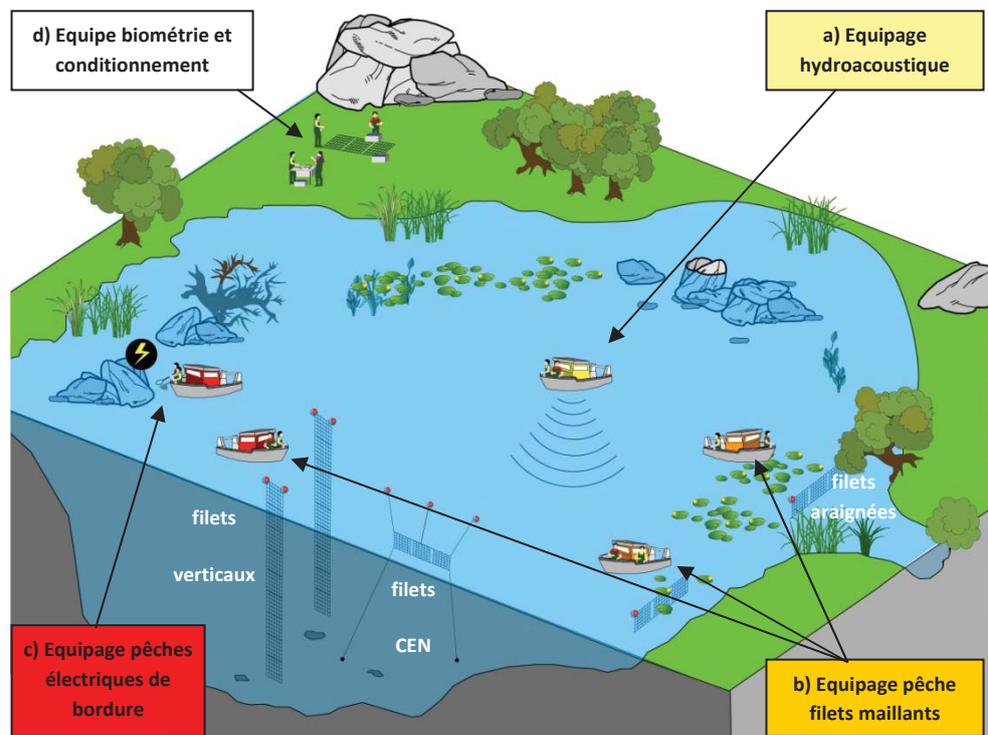


Figure 2.1 : Illustration de l'échantillonnage piscicole en période de stratification estivale extrême (dessin : M. Goguilly)

2.4 Récolte halieutique

Chaque grand lac européen possède une statistique de la récolte issue de la pêche professionnelle et de loisir. Afin de les confronter aux résultats d'inventaire, les données disponibles sont rassemblées et synthétisées.

3 Résultats :

3.1 Physico-chimie

3.1.1 Situation actuelle

La surveillance des eaux du lac est en place depuis 1980. Le phosphore total, l'oxygène dissous, la biomasse du plancton végétal ainsi que la concentration en chlorophylle-a font l'objet d'un suivi annuel régulier (www.les3lacs.ch).

Par ailleurs, un bilan de l'évolution du phosphore et de l'oxygénation de la colonne d'eau comprenant des analyses de carottes sédimentaires a été réalisé par l'EAWAG en 2009 (Müller & Schmidt, 2009).

Le bilan de santé établi par le canton de Vaud en 2011 (SESA, 2011) est très clair : La situation du Lac de Morat s'améliore. Toutefois, il est encore malade et sa convalescence sera longue malgré la diminution de 40% des intrants en phosphore ces 30 dernières années (**Figure 3.1**).

Une situation en amélioration

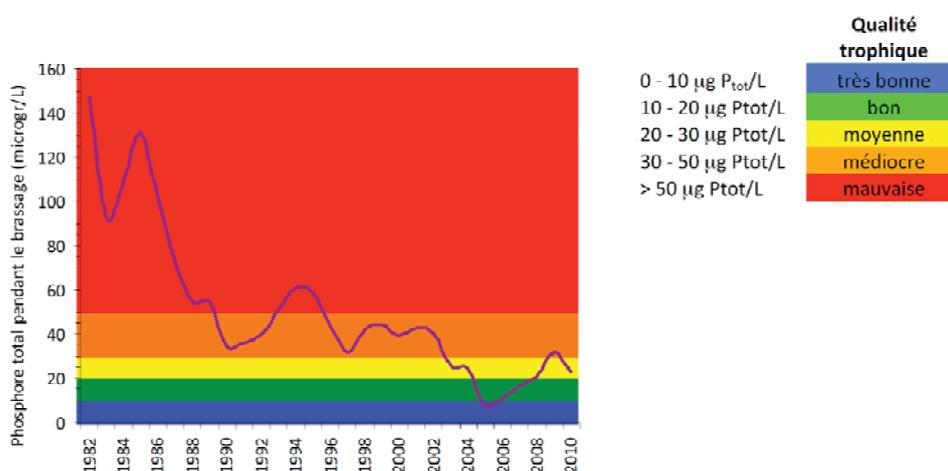


Figure 3.1 : Evolution des teneurs en phosphore total dans le lac de Morat. (extrait de SESA, 2011)

3.1.2 Evolution historique

En effet, l'état de santé du Lac de Morat est nettement plus problématique que ce qu'il était au début du 20^{ème} siècle (Rivier, 1936) mais plus intéressant qu'au milieu des années 50 (EAWAG, 1960) comme peut l'attester l'évolution de l'oxygénation de la colonne d'eau en fin de période estivale (Figure 3.2)

Un passé contrasté

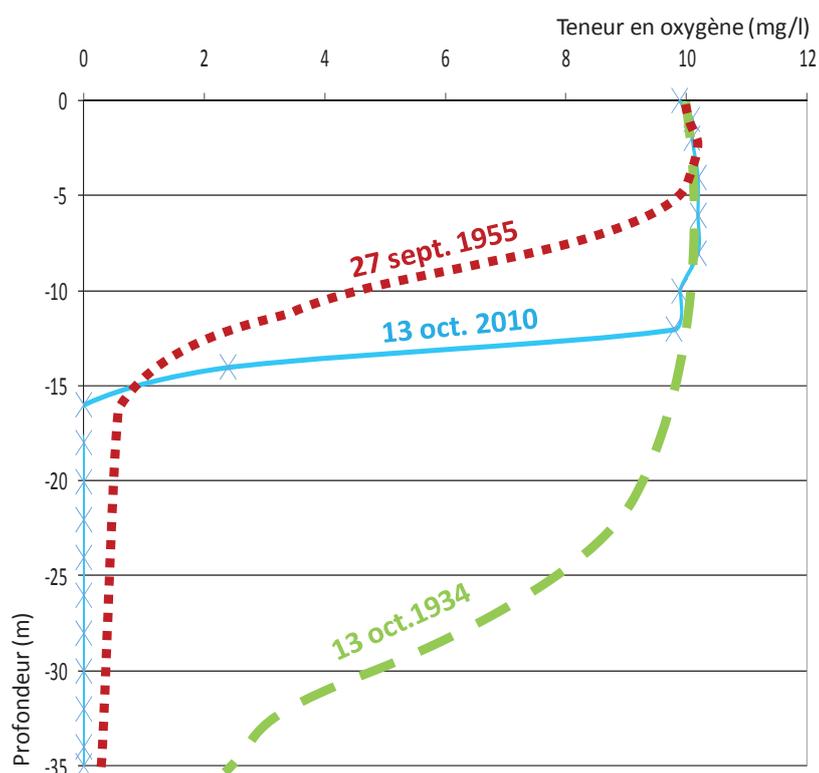


Figure 3.2 : Evolution de l'oxygénation de la colonne d'eau en zone profonde (35m) en fin de période estivale. (extrait de (Rivier, 1936; EAWAG, 1960))

3.2 Habitats

3.2.1 Situation actuelle

La cartographie des pôles d'attraction (**Figure 3.3**) met en évidence que la proportion d'habitats structurés, soit par la végétation, soit par un substrat minéral attractif (bloc, galet, gravier), représente une infime partie de la surface lacustre entre 2 et 3 %.

Une faible part d'habitats minéraux

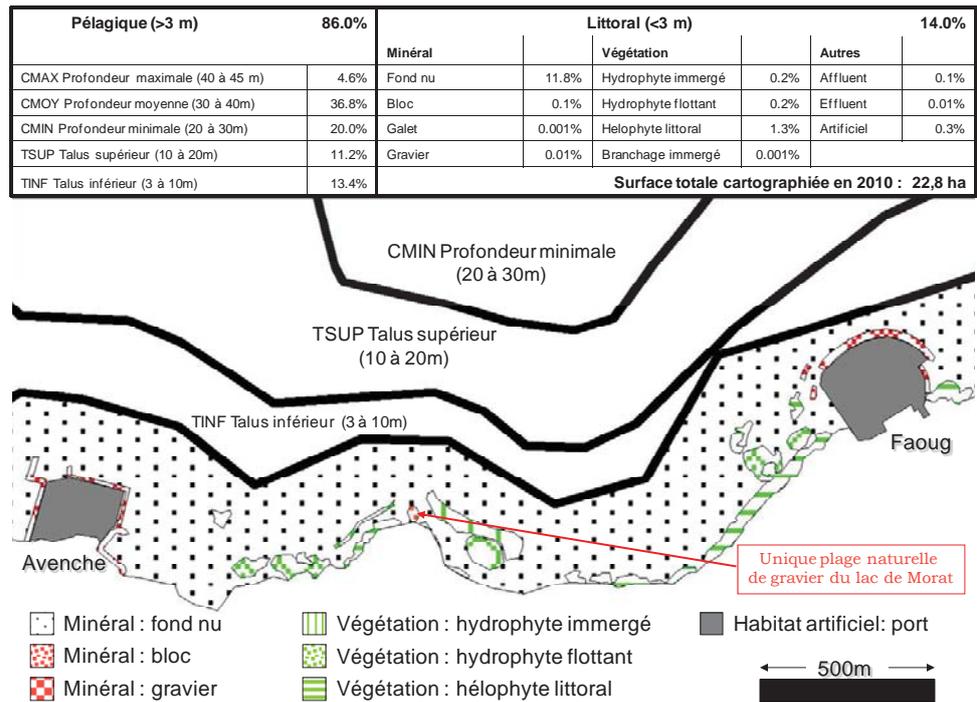


Figure 3.3 : Extrait de la carte des habitats des pôles d'attraction ichtyologique du lac de Morat (cf. annexe carte complète)

3.2.2 Evolution historique

L'analyse comparative à partir des photographies aériennes de 1954 et de 2008 montre que la situation des habitats littoraux aquatiques et terrestres a évolué : les grèves minérales et les hydrophytes ont eu tendance à disparaître au profit d'une prolifération d'hélophytes et d'un colmatage systématique des plages de galet/gravier (cf. Figure 3.3, **Figure 3.4**).

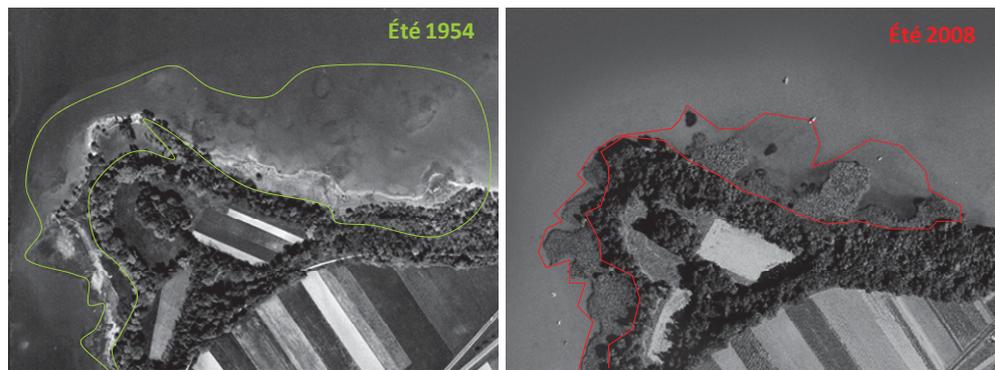


Figure 3.4 : Détail de l'évolution des habitats littoraux structurés à la pointe de Greng entre 1954 et 2008. (données swisstopo)

A l'échelle de la surface lacustre, ce complexe d'habitats littoraux structurés et dynamiques a été réduit de près de 30 % (**Figure 3.5**).

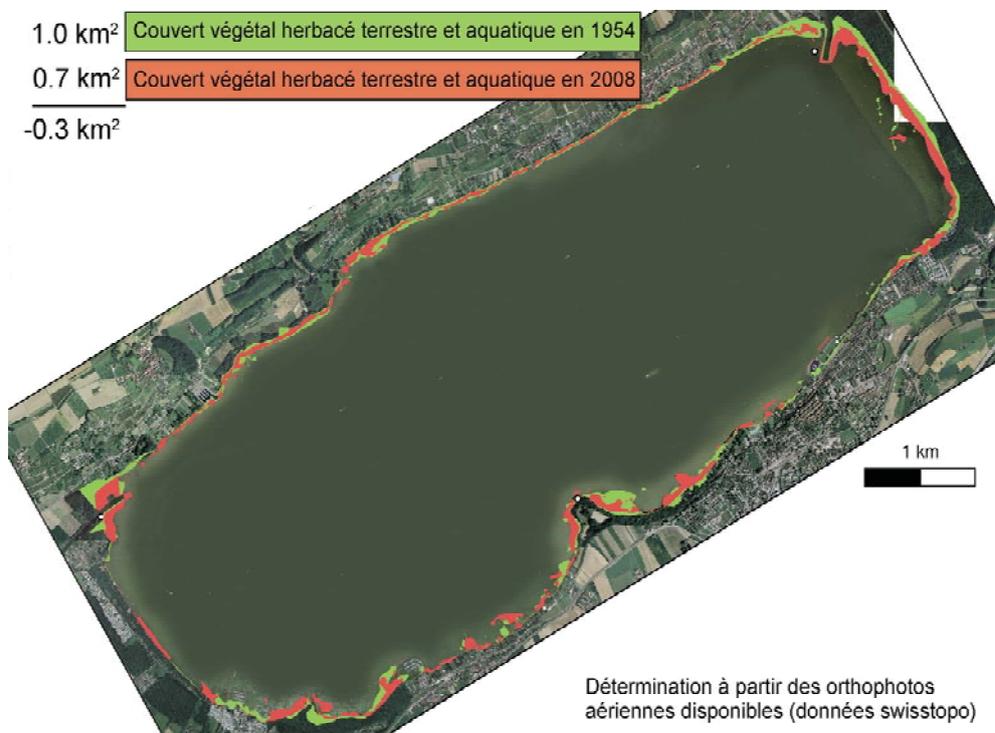


Figure 3.5 : Evolution globale des habitats littoraux structurés entre 1954 et 2008. (données swisstopo)

En d'autres termes, la succession naturelle des zones littorales lacustres (**Figure 3.6**) a été modifiée. La genèse des habitats littoraux structurés est perturbée.

Une genèse d'habitat littoral perturbée

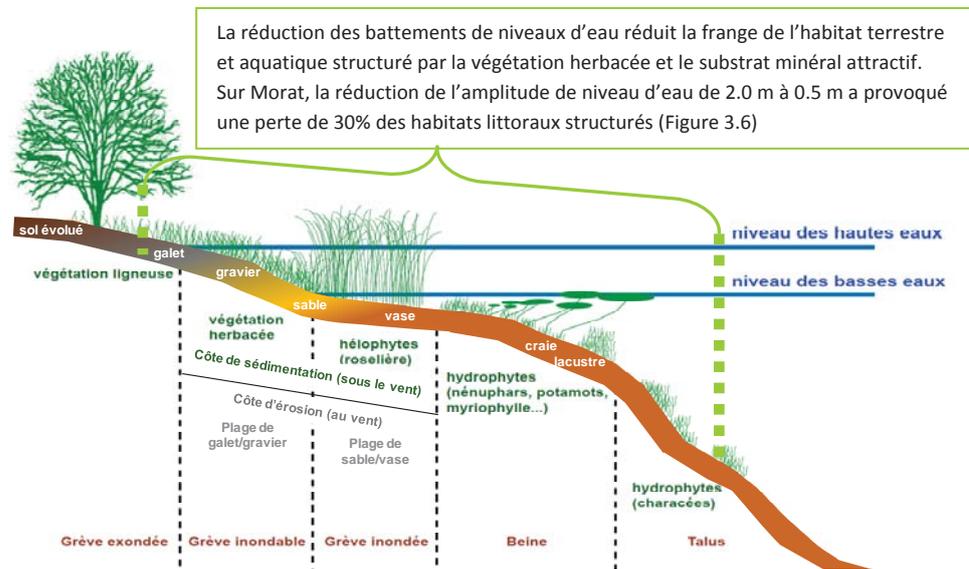


Figure 3.6 : Schéma illustrant la succession des habitats littoraux dont la dynamique et la diversité sont essentiellement dirigées par les fluctuations de niveaux d'eau. (Dessin S. Richard)

Cette situation est la conséquence des différentes corrections des eaux du Jura achevées pour la première en 1880 et pour la seconde en 1972 (Müller R. ,1969). Ces interventions hydrauliques ont provoqué la réduction de l'amplitude de niveau d'eau de 2.0 m à 0.5 m (**Figure 3.7**).

Une artificialisation du régime hydrologique

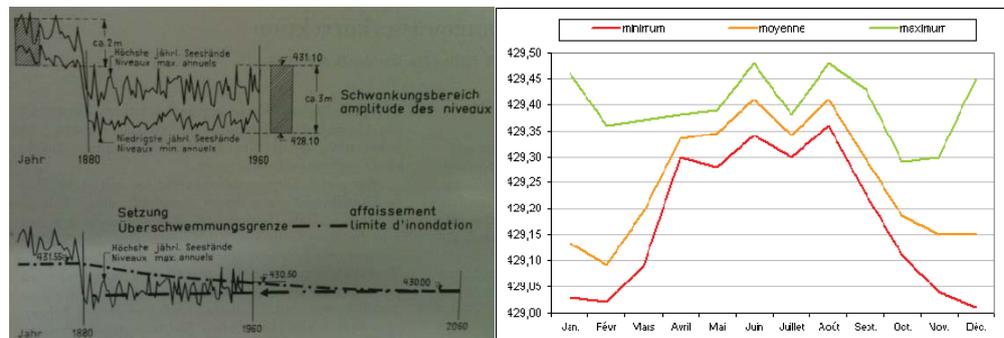


Figure 3.7 : Evolution des niveaux d'eau et des amplitudes d'inondation des lacs du Jura. A gauche : vision historique extrait de (Müller R. , 1969). A droite : situation Morat 2010 (données OFEG). Au final depuis 1880, abaissement de la ligne d'eau de 1.5 à 2.0m et réduction des amplitudes de 2.0 m à 0.5 m

Il est également important de préciser que l'abaissement des niveaux d'eau (Figure 3.7) a engendré une perte de surface en eau de 4,2 km². (27 km² en 1879 (Forel, 1894 , Réimpression de 1998) et 22.8 km² en 2010).

Enfin, il a été observé que l'ancrage libre des bateaux en zone peu profonde perturbe 17% de la surface de la beine (Figure 3.8 et Figure 3.10) et que l'artificialisation du périmètre littoral, croissante durant le 20^{ème} siècle, atteint aujourd'hui 7 km sur 25 km (28%).

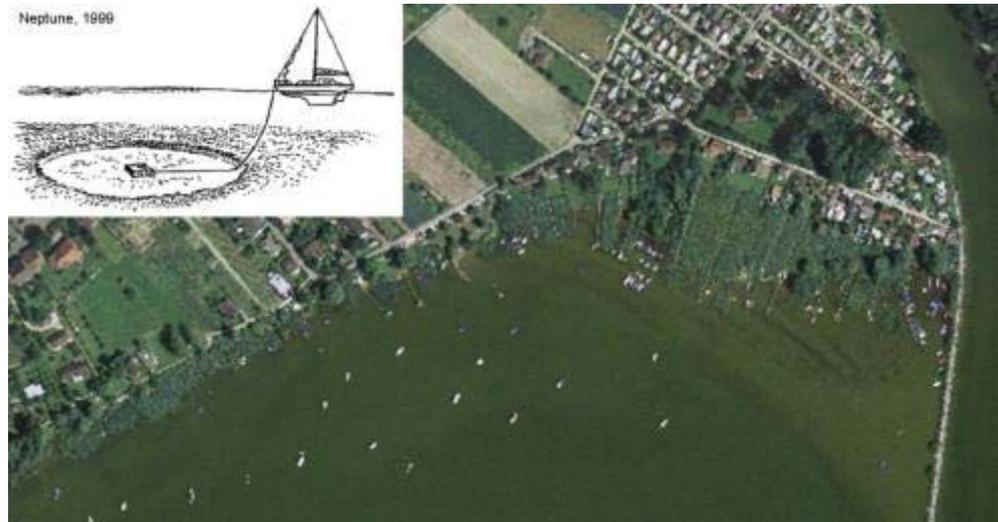


Figure 3.8 : Illustration de l'ancrage libre de bateau sur la beine et de ses conséquences en termes de perturbation des habitats littoraux structurés. (Dessin Neptune).



Figure 3.9 : Ancrage libre de bateau sur le lac de Morat. Actuellement, 17% (0.5 km^2) de la surface de la beine est utilisée de cette manière.

3.3 Biodiversité

3.3.1 Situation actuelle

Les trois protocoles de captures ont permis de recenser un total de 22 espèces de poissons et d'une espèce d'écrevisse (Tableau 3.1).

Tableau 3.1 : Rendement pêche comparé entre les trois protocoles de capture appliqués durant la semaine du 11 au 14 octobre 2010 sur le lac de Morat.

Code	Espèce	Filets		Pêche
		CEN	Verticaux	électrique
Perche	<i>Perca fluviatilis</i>	1703	166	108
Gardon	<i>Rutilus rutilus</i>	868	269	37
Sandre	<i>Stizostedion lucioperca</i>	150	29	
Rotengle du nord	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	45	94	
Rotengle du sud	<i>Scardinius hesperidicus</i>			
Ablette	<i>Alburnus alburnus</i>	41	58	
Brème commune	<i>Abramis brama</i>	23	15	
Brème bordelière	<i>Blicca bjoerkna</i>	22	15	
Vandoise	<i>Leuciscus leuciscus</i>	9	7	14
Palée	<i>Coregonus palea</i>	6	17	
Tanche	<i>Tinca tinca</i>	6	2	5
Chevesne	<i>Squalus cephalus</i>	5	6	38
Brochet	<i>Esox lucius</i>	4	2	1
Loche de rivière (sud)	<i>Cobitis bilineata</i>	2	1	
Silure	<i>Silurus glanis</i>	1	3	
Truite de lac	<i>Salmo trutta</i>	1	2	
Carassin argenté	<i>Carassius gibelio</i>		1	
Carpe commune	<i>Cyprinus carpio</i>		1	
Goujon	<i>Gobio gobio</i>	1		1
Barbeau fluviatile	<i>Barbus barbus</i>			6
Bouvière	<i>Rhodeus amarus</i>			1
Loche franche	<i>Barbatula barbatula</i>			1
Effectif total poisson		2889	688	212
Nombre d'espèces		17	18	10
Nombre d'espèces cumulées			19	22
Ecrevisse américaine	<i>Orconectes limosus</i>	18	4	

Les trois protocoles appliqués apparaissent complémentaires au nombre d'espèces pêchées mais aussi sur la composition des populations. En particulier, les pêches électriques révèlent l'importance des zones littorales (<1m) pour le barbeau, le chevesne et la vandoise. Leur application simultanée se révèle ainsi parfaitement justifiée et pertinente.

Les corégones capturés présentent un nombre de branchiospines allant de 23 à 32 (moyenne 26.62) (Figure 3.10). Résultats qui correspondent parfaitement à la palée (*C. palea*) du Lac de Neuchâtel. Toutefois, une émigration de bondelles (*C. candidus*) depuis le lac de Neuchâtel ne peut pas être exclue.

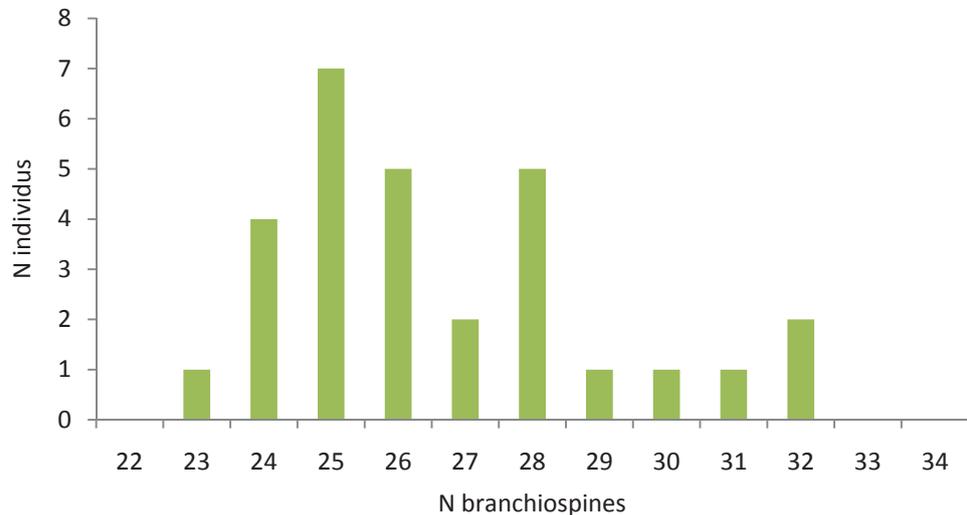


Figure 3.10 : Analyse du nombre de branchiospines des corégones capturés dans le lac de Morat

En revanche, le pffärrit ou férit (*C. restricus*) du lac de Morat est a priori à considérer comme disparu. Aucun individu correspondant à la morphologie décrite historiquement n’a pu être observé (Kottelat M., 2007).

Pour les cyprinidés, des analyses génétiques attestent de la présence des rotengles du sud (*S. hesperidicus*) dans le lac de Morat (Figure 3.11). Les premières analyses morphométriques tendent également à suggérer que ces rotengles du sud se sont largement hybridés avec les rotengles autochtones (*S. erythrophthalmus*). Un travail de Master universitaire va poursuivre les recherches sur l’hybridation des cyprinidés dans les lacs alpins.

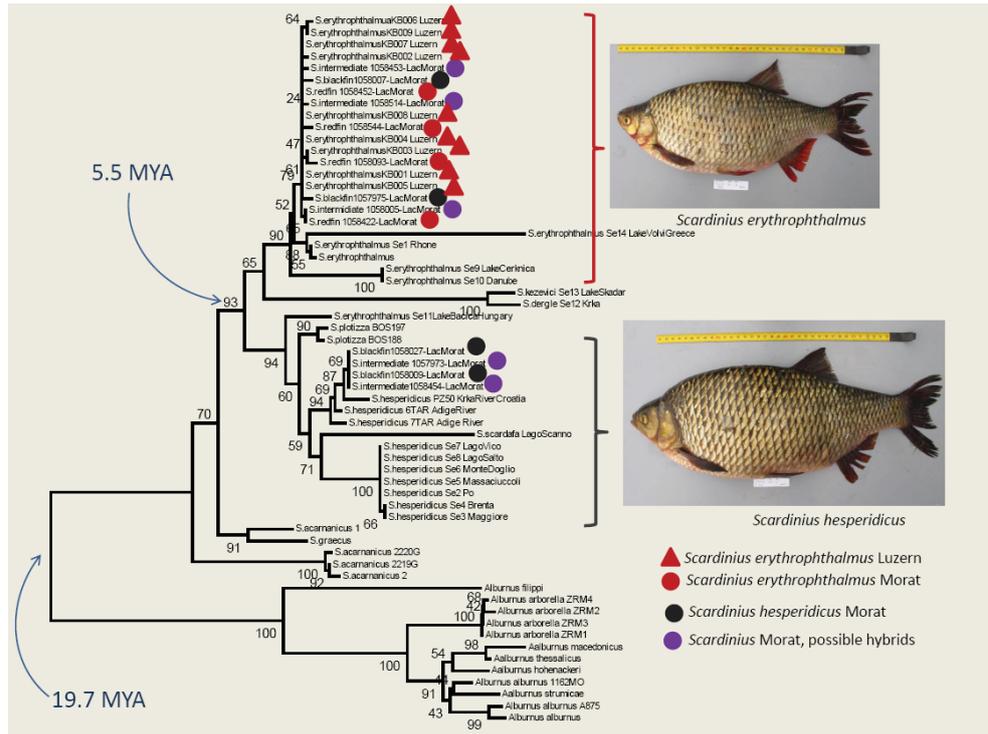


Figure 3.11 : Arbre génétique démontrant la coexistence de *S. hesperidicus* et *S. erythrophthalmus* dans le lac de Morat

Enfin morphométriquement, il apparaît que *Cobitis taenia* historiquement décrit sur le lac de Morat (Pedroli, Zaugg, & A., 1991) & (BAFU, 2003), est en réalité *Cobitis bilineata* introduit depuis le sud de l’Europe. En effet, *Cobitis bilineata* est aisément reconnaissable aux deux points noirs distincts à la base de la queue, caractéristique de l’espèce (Figure 3.12).



Figure 3.12 : Loche de rivière (*C. bilineata*) capturée sur le Lac de Morat en 2010.

Un total de 22 espèces capturées

Au final au stade d’avancement actuel des analyses, un total de 22 espèces a donc été capturé sur le lac de Morat en octobre 2010 (Tableau 3.1).

Une collection de 427 poissons représentant 20 espèces cumulées a été constituée au Musée d'histoire naturelle de Berne (Tableau 3.2).

Tableau 3.2 : Liste des espèces collectionnées par le Musée d'histoire naturelle de Berne.

Code	Espèce	Collection
		Musée Berne
Perche	<i>Perca fluviatilis</i>	37
Gardon	<i>Rutilus rutilus</i>	45
Sandre	<i>Stizostedion lucioperca</i>	36
Rotengle du nord	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	129
Rotengle du sud	<i>Scardinius hesperidicus</i>	
Ablette	<i>Alburnus alburnus</i>	42
Brème commune	<i>Abramis brama</i>	41
Brème bordelière	<i>Blicca bjoerkna</i>	26
Vandoise	<i>Leuciscus leuciscus</i>	9
Palée	<i>Coregonus palea</i>	23
Tanche	<i>Tinca tinca</i>	8
Chevesne	<i>Squalus cephalus</i>	12
Brochet	<i>Esox lucius</i>	6
Loche de rivière (sud)	<i>Cobitis bilineata</i>	2
Silure	<i>Silurus glanis</i>	4
Truite de lac	<i>Salmo trutta</i>	3
Carassin argenté	<i>Carassius gibelio</i>	1
Carpe commune	<i>Cyprinus carpio</i>	1
Goujon	<i>Gobio gobio</i>	1
Barbeau fluviatile	<i>Barbus barbus</i>	0
Bouvière	<i>Rhodeus amarus</i>	0
Loche franche	<i>Barbatula barbatula</i>	1
Effectif total poisson		427
Nombre d'espèces conservées		20
Ecrevisse américaine	<i>Orconectes limosus</i>	0

3.3.2 Evolution historique

Tableau 3.3 : Diversité piscicole décrite sur le lac de Morat. (Gugelhard, 1840; BAFU, 2003; Pedroli, Zaugg, & A., 1991)

Espèces		1840	1991	2003	2010	Origine	Menace selon LFSP	Localisation pop. Principale
		Gugelhard J.	Pedroli et al	BAFU	ProjetLac			
Perche	<i>Perca fluviatilis</i>	1	1	1	1	Indigène	Non Menacé	Lac
Sandre	<i>Sander lucioperca</i>		1	1	1	introduit		Lac
Grémille	<i>Gymnocephalus cernua</i>			1		Indigène	Non Menacé	Lac
Gardon	<i>Rutilus rutilus</i>	1	1	1	1	Indigène	Non Menacé	Lac
Goujon	<i>Gobio gobio</i>	1	1	1	1	Indigène	Non Menacé	Lac
Barbeau	<i>Barbus barbus</i>	1	1	1	1	Indigène	4	Lac & Rivière
Carpe	<i>Cyprinus carpio</i>	1	1	1	1	Indigène	3	Lac
Tanche	<i>Tinca tinca</i>	1	1	1	1	Indigène	Non Menacé	Lac
Rotengle (Nord)	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	1	1	1	1	Indigène	Non Menacé	Lac
Rotengle (Sud)	<i>Scardinius hesperidicus</i>				1	introduit		Lac
Chevesne	<i>Squalius cephalus</i>	1	1	1	1	Indigène	Non Menacé	Lac & Rivière
Ablette	<i>Alburnus alburnus</i>	1	1	1	1	Indigène		Lac
Brème commune	<i>Abramis brama</i>	1	1	1	1	Indigène	Non Menacé	Lac
Brème bordelière	<i>Blicca bjoerkna</i>	1	1	1	1	Indigène	4	Lac
Bouvière	<i>Rhodeus amarus</i>		1	1	1	Indigène	2	Lac
Vandoise	<i>Leuciscus leuciscus</i>		1	1	1	Indigène	Non Menacé	Lac & Rivière
Carassin argenté	<i>Carassius gibelio</i>				1	introduit		Lac
Nase, Hotu	<i>Chondrostoma nasus</i>	1	1	1		Indigène	1	Rivière
Spirilin	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	1	1	1		Indigène	3	Lac & Rivière
Vairon	<i>Phoxinus phoxinus</i>	1	1			Indigène	Non Menacé	Lac & Rivière
Blageon	<i>Leuciscus souffia</i>		1			Indigène	3	Lac & Rivière
*espèce non reconnue a été considérée comme de la vandoise (<i>L. leuciscus</i>)	* <i>Leuciscus prasinus</i> * <i>Leuciscus majalis</i>	1				Indigène		Lac
						Indigène		Lac
Truite lacustre	<i>Salmo trutta lacustris</i>	1	1	1	1	Indigène	2	Lac & Rivière
Truite de rivière	<i>Salmo trutta fario</i>	1	1	1		Indigène	4	Rivière
Saumon	<i>Salmo salar</i>	?				Indigène	0	Rivière
Ombre	<i>Salvelinus umbla</i>	1	1	1		Indigène	3	Lac
Ombre	<i>Thymallus thymallus</i>	1				Indigène	3	Rivière
Truite arc-en-ciel	<i>Oncorhynchus mykiss</i>		1	1		introduit		Lac & Rivière
Palée	<i>Coregonus palea</i>	1	1	1	1	Indigène	4	Lac
Bondelle	<i>Coregonus confusus</i>	1				Indigène	4	Lac
Pfarrit ou Férit**	<i>Coregonus restricus</i>	?				Indigène		Lac
**espèce relevée par Kottelat & Freyhof, 2007								
Silure	<i>Silurus glanis</i>	1	1	1	1	Indigène	4	Lac
Brochet	<i>Esox lucius</i>	1	1	1	1	Indigène	Non Menacé	Lac
Lote	<i>Lota lota</i>	1	1	1		Indigène	Non Menacé	Lac
Loche de rivière (nord)	<i>Cobitis taenia</i>		1	1		Indigène	2	Lac
Loche de rivière (sud)	<i>Cobitis bilineata</i>				1	introduit		Lac
Loche franche	<i>Barbatula barbatula</i>	1	1	1	1	Indigène	Non Menacé	Lac & Rivière
Chabot	<i>Cottus gobio</i>	1	disparu			Indigène	4	Lac & Rivière
Lamproie de planer	<i>Lampetra planeri</i>	1				Indigène	2	Rivière
Lamproie fluviatile	<i>Lampetra fluviatilis</i>	1				Indigène	0	Rivière
Lamproie marine	<i>Petromyzon marinus</i>	?				Indigène	0	Rivière
Anguille	<i>Anguilla anguilla</i>	1	1	1		Indigène	3	Lac & Rivière
TOTAL espèces indigènes		29	27	26	18	total cumulé		36
TOTAL espèces introduites		0	2	2	4	total cumulé		5
TOTAL espèces décrites		29	29	28	22	total cumulé		41

Un déficit net en biodiversité

Alors qu'un échantillonnage standard du lac de Morat pour déterminer la composition du peuplement ichtyologique n'a jamais été réalisé d'une manière aussi fouillée, force est de constater qu'un déficit net en biodiversité peut être observé (Tableau 3.3)

Dans le détail, la plus ancienne description des poissons du lac de Morat relève un total de 30 espèces (Gugelhard, 1840). Toutefois, il est à préciser que la distinction entre *Leuciscus majalis* et *Leuciscus prasinus* paraît aberrante. Ces deux taxons n'étant pas reconnus par la littérature scientifique, ils ont été rassemblés en un et considérés comme de la vandoise (*L. leuciscus*). Dans le même ordre d'idée, la présence de saumon, de férit, de bouvière, de blageon, de grémille, de loche de rivière et de lamproie marine n'est également pas signalée en 1840. Conformément à la littérature parallèle plus récente disponible (Kottelat M 2007, Pedrolì et al 1991, BAFU 2003), il convient d'ajouter ces espèces à la faune patrimoniale du lac. Au total, la biodiversité pisciaire originelle du lac de Morat peut être estimée à 36 espèces (Tableau 3.3).

Or en 2010, seules 18 espèces indigènes ont été inventoriées, dont trois considérées comme menacées par la loi fédérale sur la pêche : la bouvière, la truite lacustre et la carpe. Si la non capture des espèces principalement inféodées aux eaux courantes (hotu, truite de rivière, ombre, lamproie de planer) s'explique par l'exclusion de l'échantillonnage des tributaires et effluents, il apparaît que les espèces typiques des profondeurs, omble, lote, bondelle, férit ainsi que 6 autres taxons considérés comme indigènes (grémille, blageon, spirilin, vairon, chabot, loche de rivière du nord) ne sont pas recensés. Compte tenu de l'effort de pêche important déployé, la situation de ces dix espèces apparaît problématique. Leur population dans le lac sont vraisemblablement éteintes. Si l'on ajoute la disparition des grands migrateurs tels que le saumon, la lamproie fluviatile et marine, la biodiversité pisciaire originelle du lac a été réduite de plus d'un tiers.

*Quatre espèces
invasives*

En parallèle, 5 espèces introduites sont décrites dans le lac de Morat. Toutefois, la truite arc-en-ciel (*O. mykiss*) ne semble pas avoir développé de population stable.

3.3.3 Répartition spatiale

L'expression verticale des captures totales met en lumière une concentration des poissons entre 0 et 20 m de profondeur (Figure 3.13)

Absence de poissons en profondeur

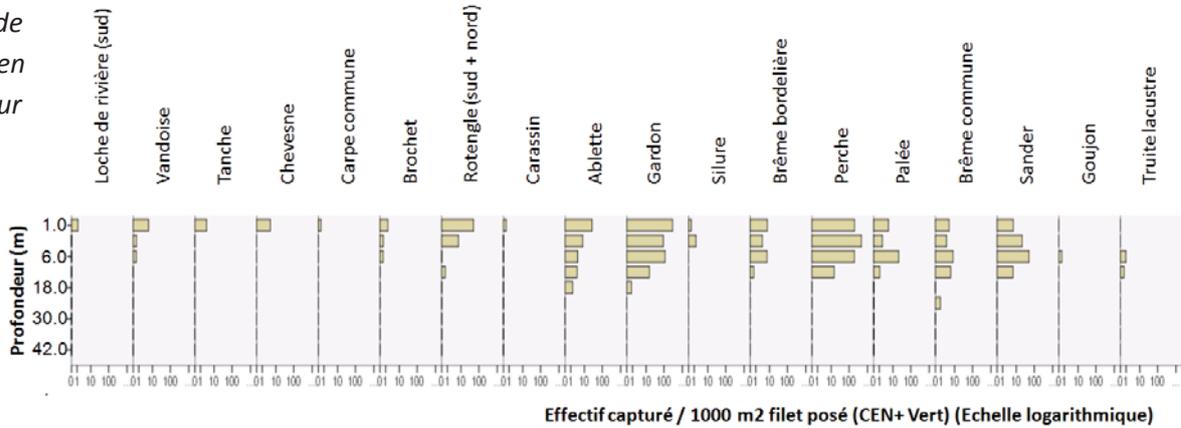


Figure 3.13 : Répartition verticale des captures tous protocoles filets confondus (CEN/Verti).

L'expression horizontale des résultats de pêche révèle quant à elle l'importance des zones littorales pour la biodiversité. Sur 22 espèces décrites, 21 sont capturées en bordure (Figure 3.14). Seule la truite semble avoir un comportement plus pélagique.

Forte biodiversité en zone littorale (<3m)

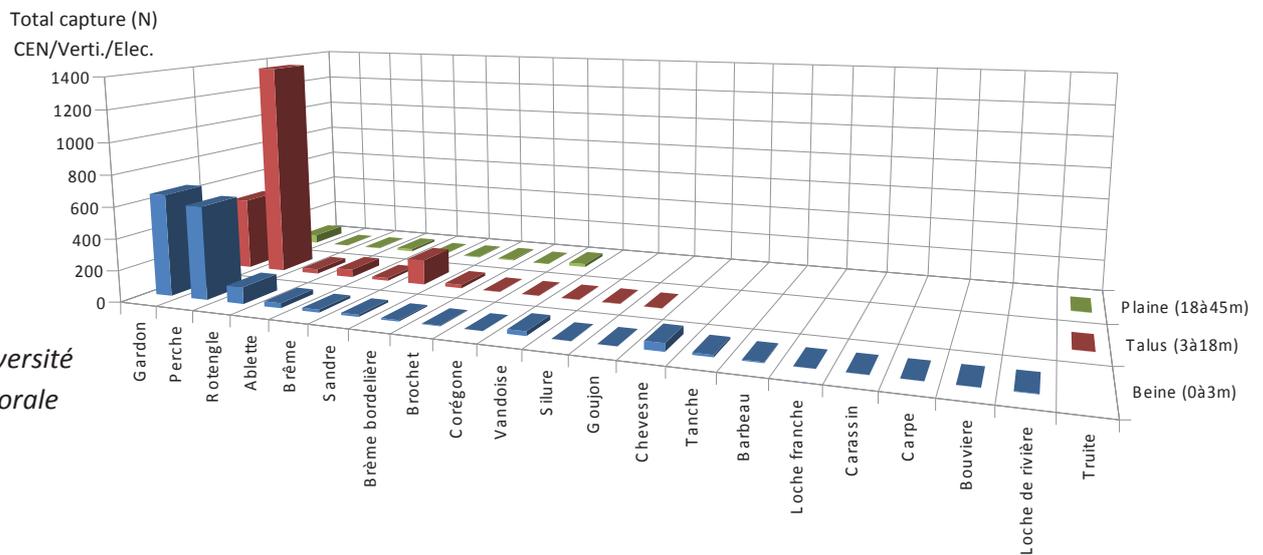


Figure 3.14 : Répartition horizontale des captures. (Rotengle comprend *S. hesperidicus* et *S. erythrophthalmus*)

3.3.4 Rôle des habitats

Dans le détail, la distribution des espèces capturées dans le littoral met en évidence que l’habitat structuré par la végétation peut être considéré comme les véritables «coraux» du lac : il abrite près des trois quarts de la variété des espèces (Figure 3.15)

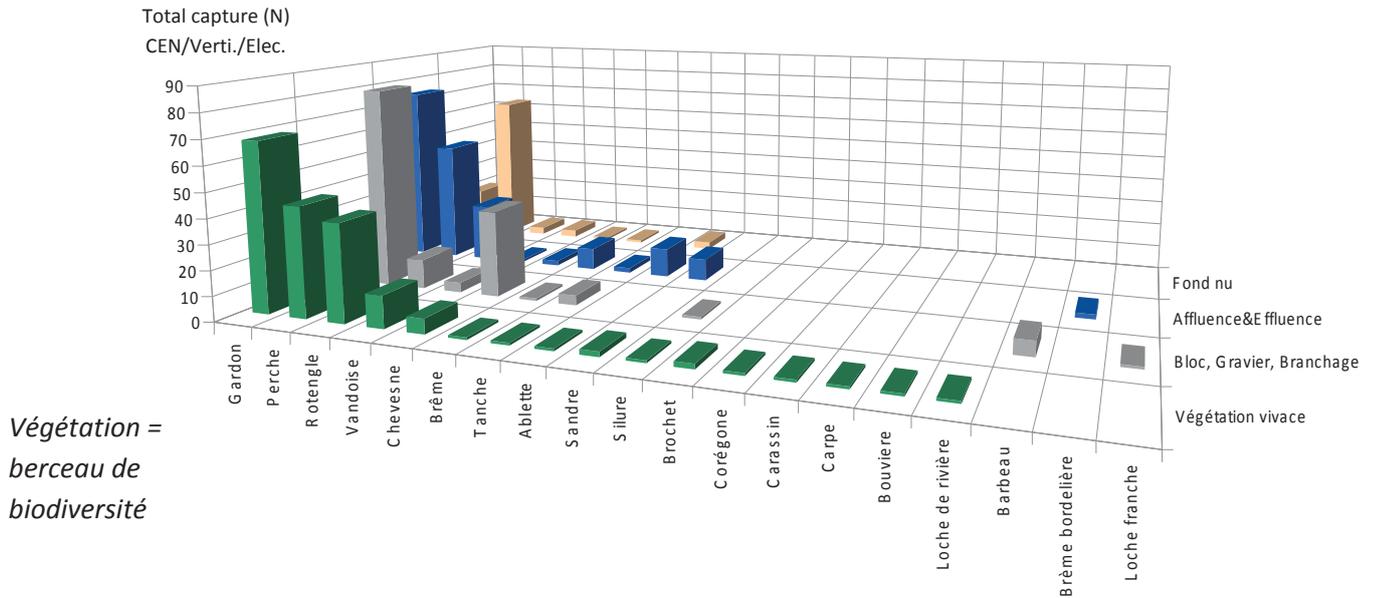


Figure 3.15 : Répartition des captures par type d’habitats littoraux. (Rotengle comprend *S. hesperidicus* et *S. erythrophthalmus*)

3.4 Biomasse

3.4.1 Evaluation par hydroacoustique

L'image obtenue par hydroacoustique est similaire à celle des filets. Les poissons sont concentrés en surface (0 à 15 m) (Figure 3.16). Néanmoins, des cibles sont détectées dans la zone anoxique. Leur nature reste indéterminée (Colon & Guillard, 2011). A noter que leur densité paraît plus forte sur la beine et les talus qu'en zone centrale.

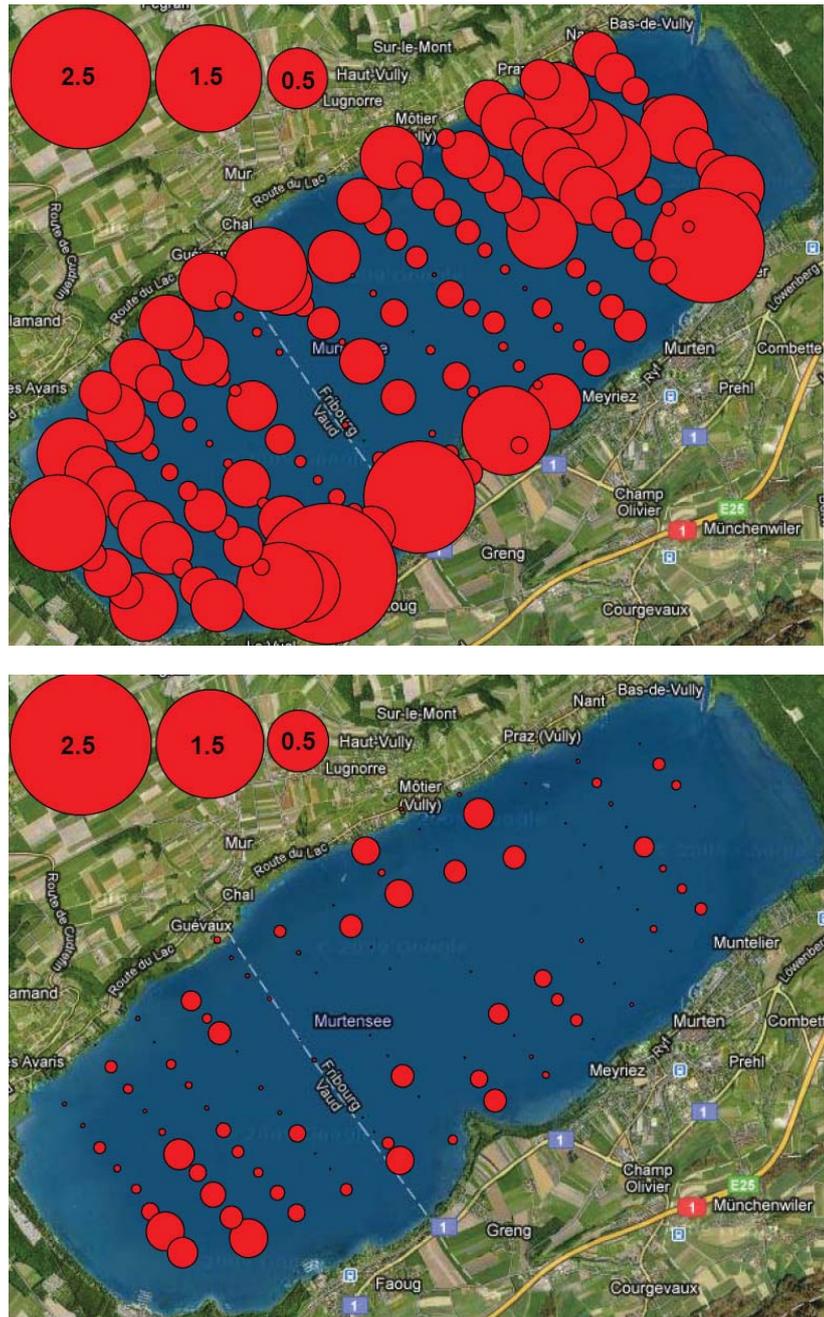


Figure 3.16 : Vision des biomasses en place par analyse nocturne hydroacoustique (extrait de (Colon & Guillard, 2011)). Séquences d'échantillonnage nocturnes : en haut couche 0 à 15 m, en bas 15 à 45 m. (unité d'intégration couverture de nuit = S_a ($m^2 \cdot h^{-2}$)).

3.4.2 Evaluation par filets maillants

Malgré les faibles densités de poissons en zone profonde, la productivité du lac de Morat à l'échelle européenne, déterminée à l'aide du protocole CEN, demeure intéressante (Figure 3.17).

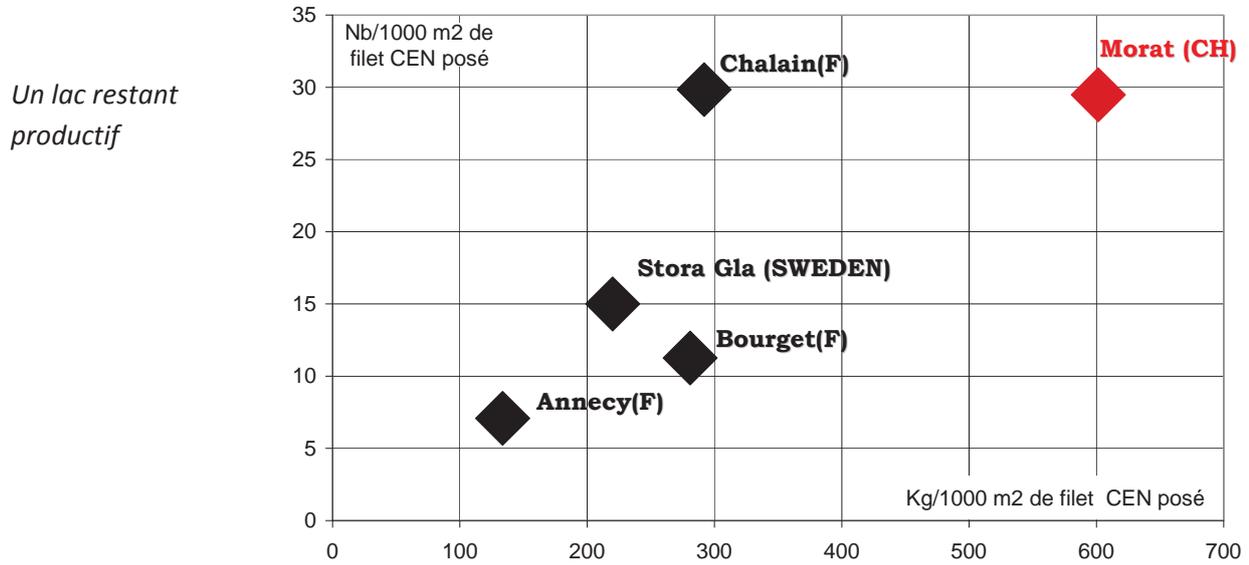


Figure 3.17 : Rendement de pêche comparé, toute espèce confondue, par application du protocole CEN de la Directive cadre européenne sur l'eau (prEN14757, 2005).

3.5 Gestion halieutique

3.5.1 Situation actuelle

Les principales espèces prises par les pêcheurs sur le Lac de Morat en 2010 sont la perche, le sandre et le brochet (Figure 3.19). A noter le fort intérêt des pêcheurs de loisir pour le brochet et le silure qui en capturent plus que les professionnels. Il est important de souligner que la statistique de la pêche ne distingue que 10 des 22 espèces dont la présence a été confirmée par l'échantillonnage pisciaire. En effet, seules les espèces capturées reconnaissables par les pêcheurs sont annoncées.

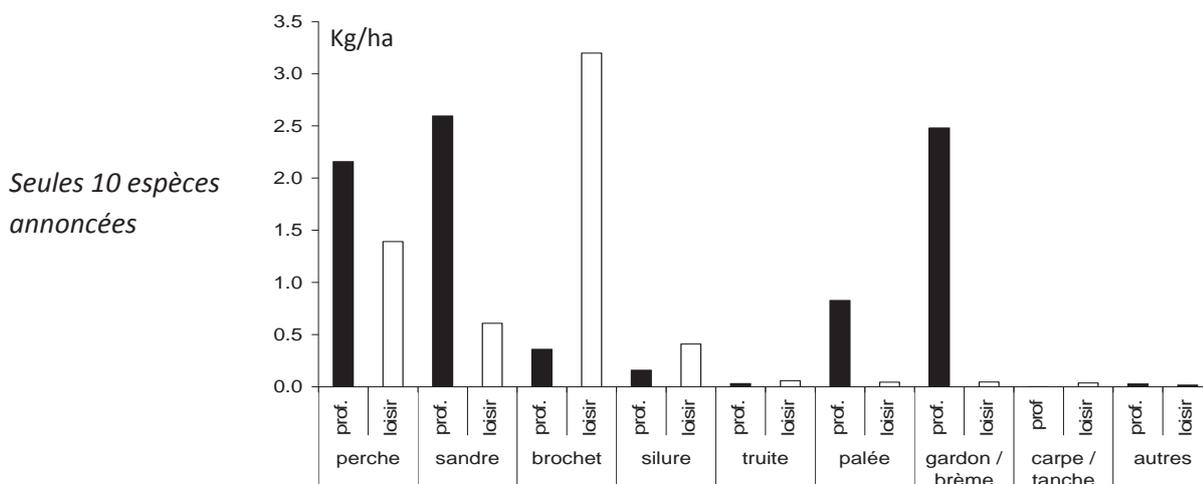


Figure 3.18 : Statistique halieutique du Lac de Morat en 2010. (données Cantons de Vaud et de Fribourg)

En comparant à l'échelle nationale les captures cumulées de ces espèces prisées restent à niveau moyen (Figure 3.19). Précisons toutefois que la variation de pression pêche d'un lac à l'autre est inconnue et qu'en conséquence ces chiffres comparatifs sont à considérer avec réserve.

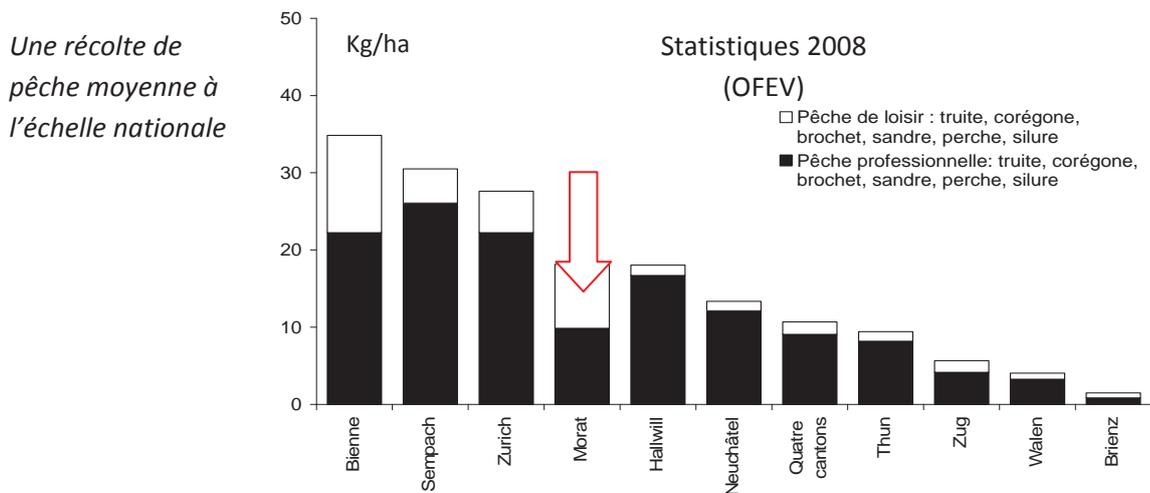


Figure 3.19 : Statistiques halieutiques comparées des lacs entièrement sur territoire suisse en 2008. Cumul captures de perche, sandre, brochet, silure, truite et corégone (Données Cantons & OFEV).

3.5.2 Situation historique

Selon les statistiques halieutiques, la récolte de la pêche a atteint son paroxysme dans les années 80 à 90 (Figure 3.20). Des variations d'efforts de pêche et d'intérêts économiques au fil du temps sont à préciser : le nombre de pêcheurs professionnels a été divisé par deux depuis 1980 (6 pêcheurs en 1980 et 4 en 2010), les permis de pêcheurs amateurs sont restés stables (entre 100 et 200 pêcheurs annuels) et surtout les subventions distribuées pour la capture de cyprinidés (gardon/brème) dans les 80 à 90 ont dopé artificiellement les statistiques (B. Büttiker, com. pers.).

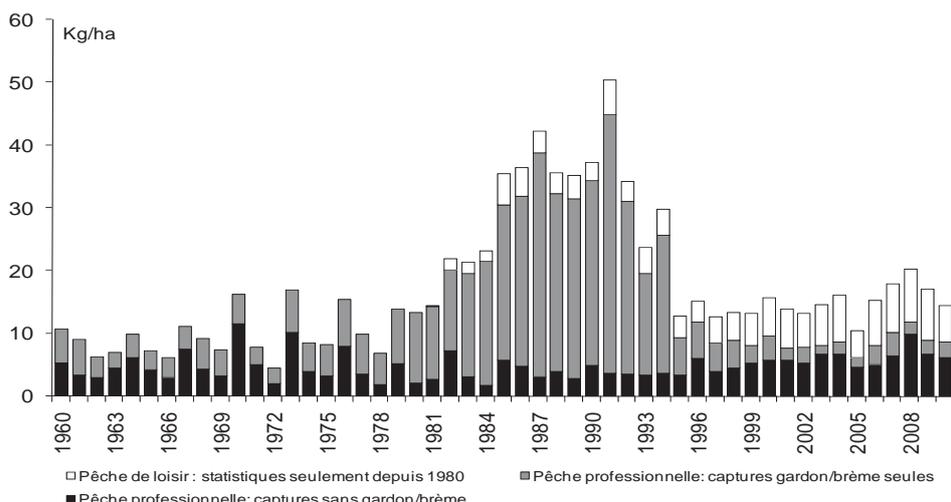


Figure 3.20 : Evolution des statistiques halieutiques du Lac de Morat (données Cantons de Fribourg/Vaud).

En supprimant cet artéfact lié aux cyprinidés et en cumulant les captures des espèces les plus recherchées (perche, brochet, sandre, silure, truite, corégone), il est fort intéressant de constater que la récolte halieutique du Lac de Morat semble évoluer positivement (Figure 3.21). A noter toutefois, que le sandre, introduit d'une manière non autorisée dans les années 90, dope les captures et représente le quart des effectifs pêchés des espèces les plus recherchées ces dernières années.

Une récolte de pêche en amélioration

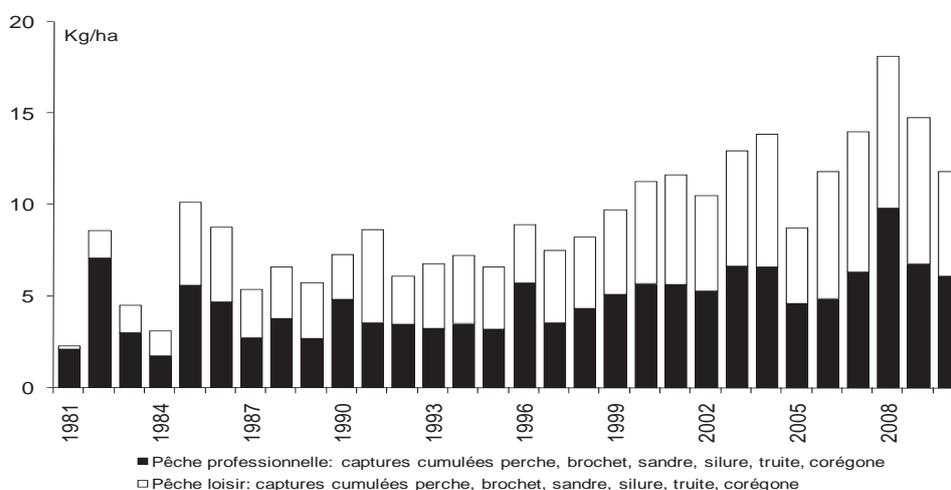


Figure 3.21 : Evolution historique du cumul de la récolte de pêche des espèces les plus recherchées (perche, brochet, sandre, silure, truite, corégone) du Lac de Morat. (Données Cantons de Fribourg/Vaud).

3.5.3 Récolte halieutique vs Rendement des captures

Une pêche très ciblée

Une comparaison avec les densités relatives du peuplement présent dans le plan d'eau en octobre 2010 révèle le caractère très sélectif de la pêche. En particulier pour le sandre, le brochet et le silure dont les populations restent proportionnellement largement inférieures aux densités de perche et de cyprinidés, tant par les estimations par pêche aux filets (Figure 3.22) qu'à l'électrique de bordure (Figure 3.23).

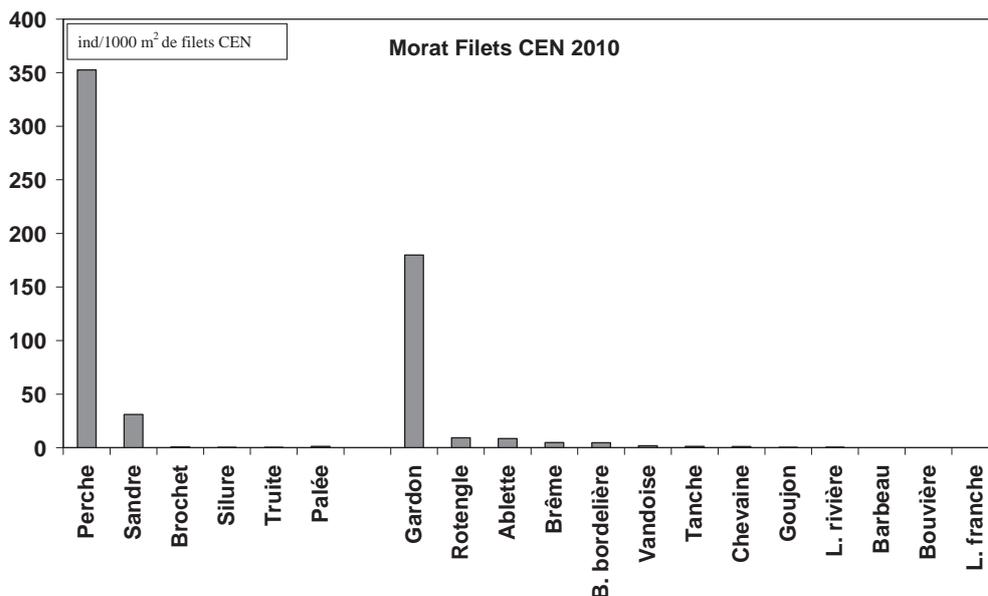


Figure 3.22 : Estimation des proportions relatives de chaque espèce en 2010 déterminée à partir du protocole d'inventaire aléatoire européen (CEN) aux filets maillants.

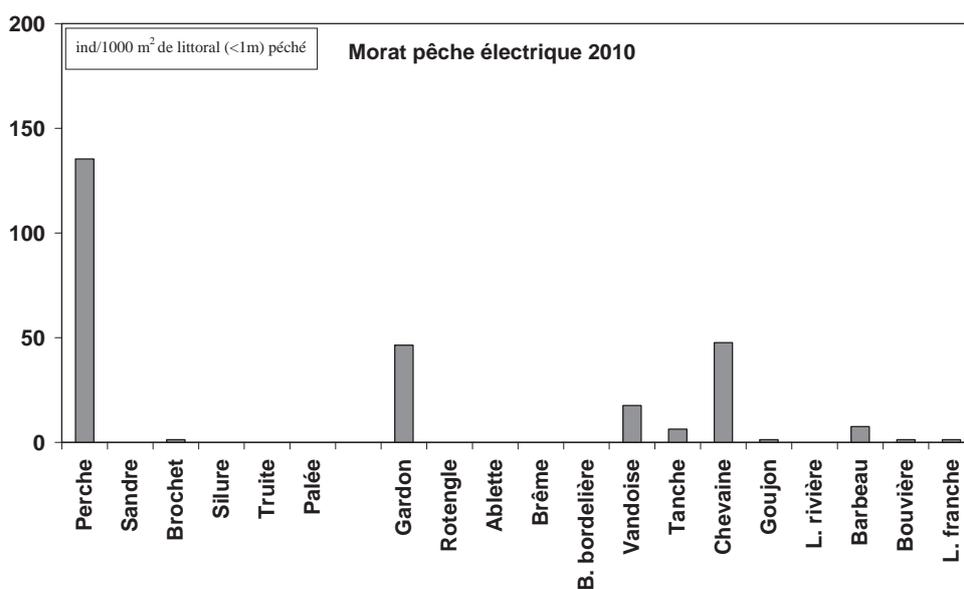


Figure 3.23 : Estimation des proportions relatives de chaque espèce en 2010 déterminée à partir des pêches électriques sur habitats littoraux (<1 m. de profondeur)..

Cette pression de pêche très ciblée semble avoir une influence sur la structure des populations. Grâce aux filets multi mailles utilisés (5 à 60 mm), les captures de chaque maille pour les espèces les plus communes et à chaque taille d'individu peuvent être connues (Figure 3.24).

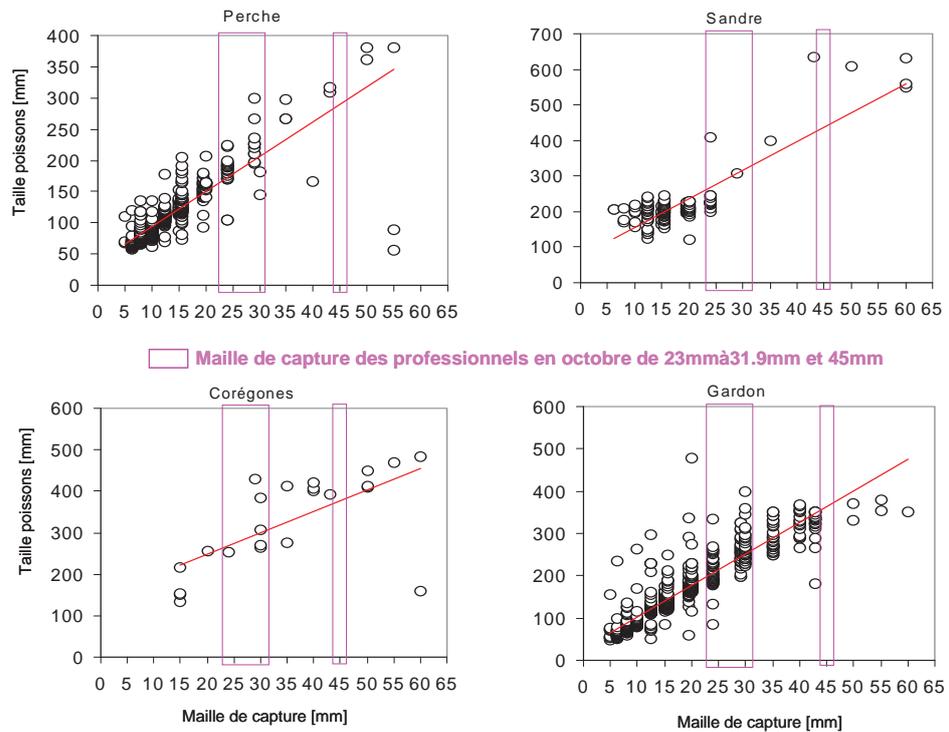


Figure 3.24 : Taille des individus capturés en fonction des mailles de filets verticaux et CEN posés en 2010.

Il est donc possible de vérifier si la pression de pêche effectuée par les professionnels qui sont autorisés à utiliser des mailles situées entre 23 mm à 31,9 mm et de 45 mm a un impact sur la structure des populations.

Un impact direct sur les structures de populations pêchées

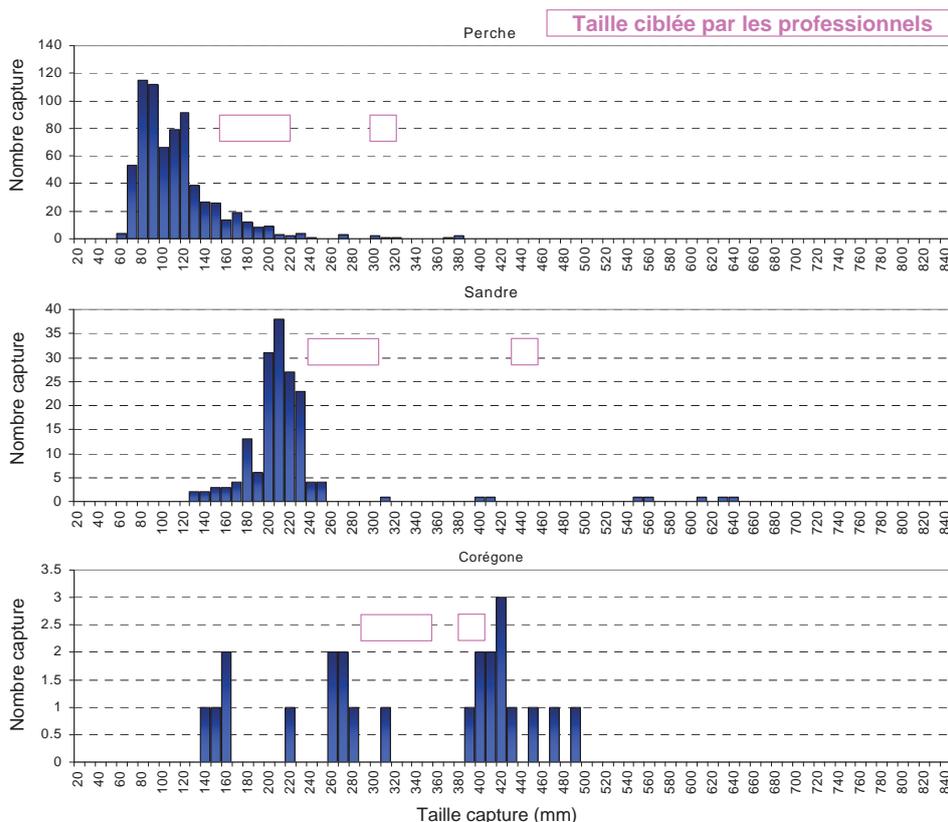


Figure 3.25 : Estimation des proportions relatives de chaque classe de taille pour chaque espèce en 2010 déterminée à partir des pêches aux filets CEN et verticaux.

Or, il apparaît que les espèces économiquement fortement recherchées (perche et sandre) arborent une déstabilisation de leur structure de population (Figure 3.25). Les juvéniles, composés pour la plupart d’estivaux (0+), sont largement majoritaires. Ensuite, dès que les individus atteignent la taille capturable par la maille de 23 mm, les populations s’effondrent. Les classes de taille suivantes sont largement sous représentées. A noter que les corégones, peu pêchés sur Morat, ne semblent pas subir le même sort : toutes les tailles sont présentes en proportion équivalente. Il en va de même pour les espèces à peu d’intérêts halieutiques (Figure 3.26).

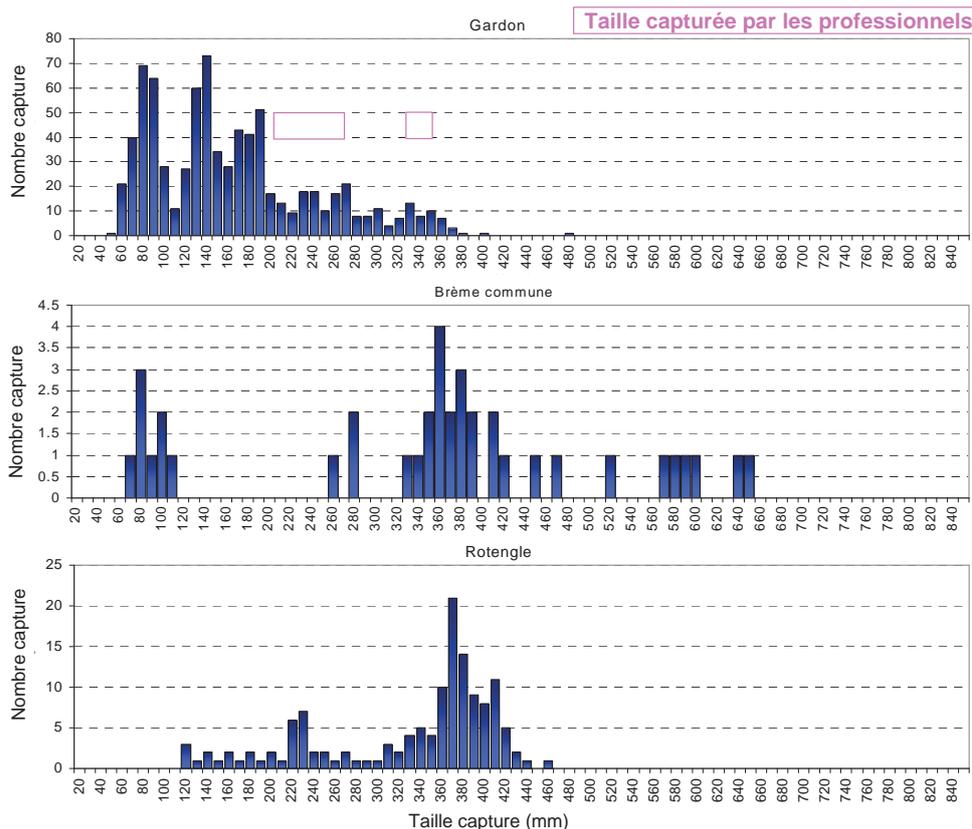


Figure 3.26 : Estimation des proportions relatives de chaque classe de tailles pour chaque espèce en 2010 déterminée à partir des pêches aux filets CEN et verticaux.

En parallèle, il est important de préciser que la pêche de loisir des silures et brochets semble influencer la population de ces deux espèces indigènes : toute technique pêche confondue (pêche électrique & filets), respectivement 6 et 4 individus seulement ont été capturés durant la semaine d'échantillonnage. Alors que pourtant, elles ne sont pas réputées difficiles à attraper comme peuvent l'attester les résultats de l'inventaire du lac du Bourget en 2010 : 21 brochets ont été capturés quelques semaines auparavant avec un effort de pêche largement inférieur (application du protocole CEN uniquement).

Enfin, force est de constater que les espèces à intérêt économique faible, comme le rotengle ou la brème, présentent quant à elles une proportion de grands individus surprenante. Pour le rotengle, la population est pour l'essentiel constituée de gros adultes. Là, également les dimensions de mailles usitées par la pêche professionnelle semblent provoquer une pression inéquitable : à partir d'une certaine grandeur les gros cyprinidés ont peu de chance d'être capturés au filet (Figure 3.27).

Un impact indirect sur les peuplements cyprinicoles

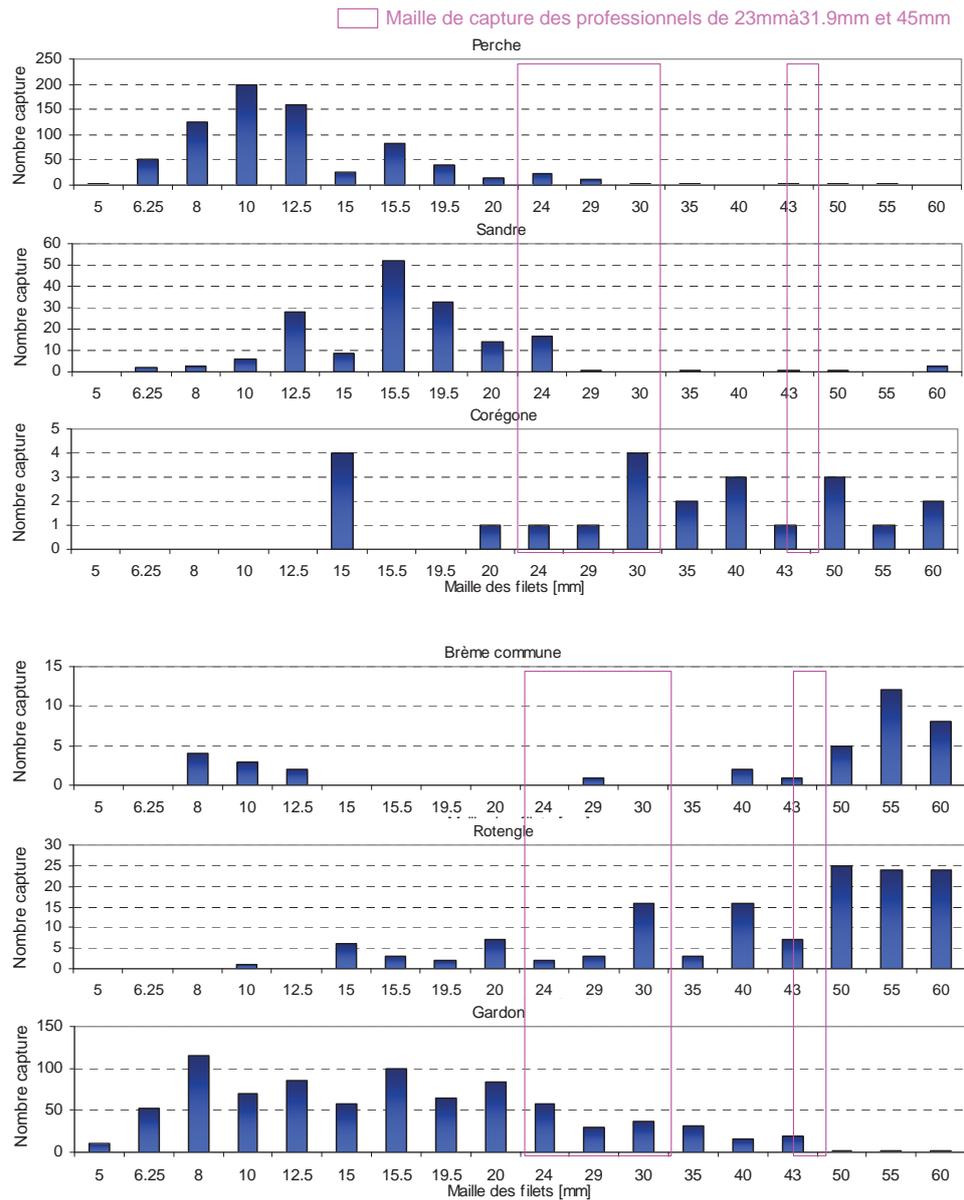


Figure 3.27 : Distribution des captures par maille de filets CEN et verticaux posés.

De plus, les faibles tailles légales imposées aux pêcheurs de loisir pour le silure (50 cm) et le brochet (45 cm) ne favorisent pas la présence de grands prédateurs. En d'autres termes, à partir d'un certain âge, les cyprinidés deviennent intouchables, par inintérêt halieutique, faible densité de gros prédateurs et mailles de filet de pêche inadaptées, ce qui expliquerait leur surabondance relative qui n'a jusqu'à présent été observée que sur le lac de Morat.

4 Synthèse et Conclusion

4.1 Diagnose écologique

La pollution organique symbolisée par les teneurs en phosphore de la colonne d'eau a nettement diminué ces trente dernières années (Figure 3.1). Néanmoins, comme le relèvent (Müller & Schmidt, 2009), le lac de Morat subit encore de trop fortes charges organiques pour assurer une oxygénation permanente de l'ensemble de la masse d'eau. En d'autres termes, une partie de l'année, il n'y a pas d'eau froide oxygénée dans le lac de Morat (Figure 4.1).

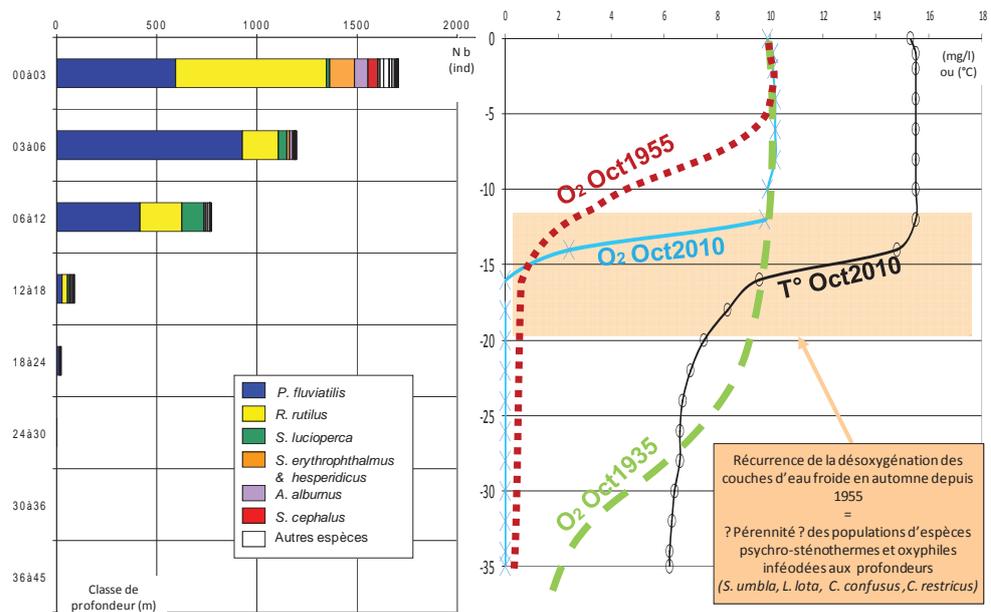


Figure 4.1 : Répartition verticale des captures comparée à l'oxygénation et la température de la colonne d'eau pélagique. (Extrait de (Rivier, 1936; EAWAG, 1960)).

L'absence de capture d'ombles, de bondelles, ou encore de lottes, tant durant la semaine d'échantillonnage pisciaire que toute l'année par les pêcheurs professionnels et amateurs, permet d'affirmer que ces espèces inféodées aux profondeurs et nécessitant des eaux fraîches et oxygénées ont disparu. D'éventuelles captures d'ombles, d'espèces de petits corégones et de lottes sur le lac de Morat seront donc vraisemblablement à mettre à l'actif de dévalaisons ou de migrations en provenance du lac de Neuchâtel.

L'échantillonnage réalisé met également en évidence que la biomasse et la biodiversité pisciaire se concentrent respectivement sur les talus et la beine, en particulier au sein des habitats structurés par la végétation. Or, la cartographie des habitats en zone littorale dressée révèle que les habitats structurés représentent une infime partie de la surface lacustre entre 2 et 3%. La biodiversité du lac repose donc sur un fil, qui plus est végétal.

De surcroît, les données historiques démontrent que cette ceinture littorale d'habitats a réduit sa superficie de près de 30% en 60 ans. Les causes principales sont l'artificialisation du régime hydrologique lié aux différentes corrections des eaux du Jura et l'urbanisation croissante des berges.

En définitive, la qualité morphologique du lac de Morat est actuellement dégradée et a en toute logique, elle aussi, contribué au déficit de biodiversité observée. L'absence de chabots, vairons et autres espèces liés aux habitats minéraux structurés en est vraisemblablement une des conséquences.

4.2 Exploitation halieutique

Tout d'abord, il est important de préciser que malgré la pose de plus de 100 filets multi-maillages et de 30 sites de pêches électriques de bordure durant la semaine d'échantillonnage pisciaire, les frappes sur le peuplement (299 kg au total) sont restées de nature « chirurgicale » comparativement aux captures annuelles cumulées par la pêche amateur et professionnelle qui dépassent les 45'000 kg/an.

Cette technique pertinente d'échantillonnage multi protocolaires est donc supportable pour le peuplement lacustre et procure des résultats parfaitement reproductibles, qui auront l'avantage de constituer un outil de gestion essentiel : une base de donnée unique en Suisse permettant à terme de mener à bien un suivi de la qualité des plans d'eau à l'échelle nationale à partir de leur ichtyofaune. La valeur de cette information est donc supérieure à celle issue des statistiques de récolte pêche non standardisées et toujours biaisées par des intérêts économiques.

Nonobstant, ces données historiques de la statistique de la pêche indiquent que la réduction des concentrations en phosphore a apparemment eu un effet positif sur la récolte halieutique du Lac de Morat (Figure 4.2).

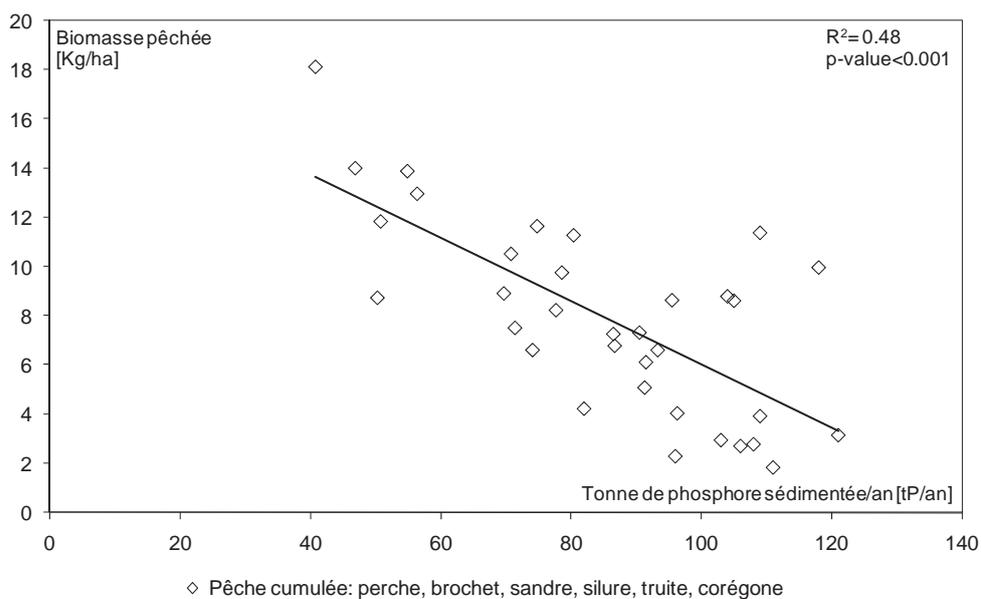


Figure 4.2 : Corrélation entre le taux de sédimentation de phosphore et la récolte de pêche cumulée des espèces les plus recherchées (perche, sandre, silure, truite, corégone) du Lac de Morat. (Données (Müller & Schmidt, 2009) et Cantons de Fribourg/Vaud)

Ainsi, l'intérêt pour la pêche sur le lac de Morat semble grandissant. Néanmoins, un faisceau d'indices concordant tente à prouver que l'exploitation halieutique actuelle a une influence préjudiciable sur le développement harmonieux de certaines espèces. Dans le détail, la pêche a un intérêt très ciblé sur les prédateurs. Les densités de brochets et de silures sont en conséquence faibles et la structure de population des perches et des sandres tronquées. Indirectement également, la législation favorise la présence d'un nombre anormalement élevé de gros cyprinidés. En d'autres termes, l'activité halieutique sur le lac de Morat contribue à déstabiliser l'équilibre naturel des peuplements.

4.3 Conclusion

La diagnose écologique du lac de Morat à partir de son ichtyofaune a mis en évidence que la perte de près de la moitié de la biodiversité pisciaire observée depuis le 19^{ème} siècle a été provoquée par les événements chronologiques suivants :

- une trop forte pollution des eaux :

A l'origine, l'ensemble de la colonne d'eau était oxygéné d'une manière pérenne. Malheureusement déjà dans les années 50, la pollution organique est devenue trop conséquente et a provoqué l'anoxie de l'hypolimnion en fin de stratification estivale. L'épuration mise en place dans les années 80 a certes amélioré les choses. Néanmoins, les intrants polluants organiques sont encore trop forts pour permettre le retour des espèces typiques des profondeurs. Aucune d'entre elles (omble, lote, bondelle et autres petits corégones) n'a été capturée lors de la campagne 2010.

- une morphologie dégradée :

Les première et deuxième corrections des eaux du Jura ont diminué la surface du lac de 27 km² à 22.8 km² par abaissement de la ligne d'eau moyenne de 1.5 à 2.0 m. En outre, l'artificialisation et la réduction des amplitudes de niveaux de nappes ont perturbé la genèse des structures littorales : une diminution de 30% des grèves minérales et de la frange végétale herbacée terrestres et aquatiques est intervenue ces 60 dernières années. Enfin, l'urbanisation croissante a parachevé la mise à mal de l'intégrité physique du lac de Morat par une artificialisation progressive des rives qui atteint 28 % et par une ancrage libre de nombreux bateaux sur la beine (environ 17% de la surface de la beine). La faible proportion de bouvière, de goujon et l'absence de captures au sein même du plan d'eau de chabot, de vairon, de blageon, de spiralin et de lamproie de planer s'expliquent vraisemblablement par cette destruction progressive des habitats littoraux structurés, berceau de la biodiversité pisciaire.

- une pression pêche trop ciblée :

Dans une moindre mesure, la pêche contribue aussi à la perturbation écologique du Lac de Morat en ciblant son intérêt sur les prédateurs. Les peuplements en place s'en trouvent déstabilisés. La faible densité de brochet et de silure contrastant avec l'abondance exceptionnelle de grands cyprinidés en est vraisemblablement une conséquence.

- une porte ouverte aux invasifs :

Un hydrosystème pollué et perturbé morphologiquement, fortement influencé par l'homme, est en principe une porte ouverte aux espèces invasives (Blanchet, 2009). Le lac de Morat n'échappe pas à la règle. Les densités importantes de sandre observées sont là pour en témoigner. Si l'on ajoute, le rotengle du sud et la loche de rivière du sud des alpes, ainsi que le carassin, le taux d'introgession du peuplement atteint près de 18 %. De plus, l'écrevisse indigène citée par (Gugelhard, 1840) a été remplacée par de l'écrevisse américaine (*O. limosus*).

La situation écologique du lac de Morat est donc actuellement dégradée, malgré le rendement et l'intérêt halieutiques considérables du plan d'eau à l'échelle locale et nationale. Une politique ambitieuse de sauvegarde et de restauration mérite en conséquence d'être mise en place. Un retour des espèces piscicoles inféodées aux profondeurs pourra ainsi être espéré et les stocks des poissons indigènes s'en trouveront également durablement améliorés.

5 Perspectives :

5.1 Recommandations environnementales

Il convient en toute logique de poursuivre les efforts en matière d'épuration et de limitation des intrants d'origine agricole et industrielle, afin que le lac tende à retrouver sa qualité d'eau et son oxygénation des couches profondes d'antan.

Parallèlement, une volonté de sauvegarde et de restauration morphologique des zones littorales est à initier. Il est grand temps de prendre conscience de l'importance de la ceinture d'habitats littoraux structurés pour les écosystèmes lacustres. Cette politique devrait également inclure une remise en question de l'artificialisation totale actuelle du régime hydrologique. Elle pourrait, par exemple, être couplée aux projets nationaux de revitalisation qui sont en cours de développement sur les cours d'eau.

Dans l'immédiat, la mise en place d'une zone de réserve, sur laquelle l'accès en bateau et surtout l'ancrage serait prohibé pourrait être une mesure utile à préserver les habitats littoraux structurés et à constituer un refuge pour les grands prédateurs. Le site à retenir pourrait également être déterminé en toute rigueur scientifique et objectivité écologique à partir des résultats de pêche et à la cartographie des habitats issus du « Projet Lac ». Quatre propositions optionnelles peuvent être réalisées dans ce sens (Figure 5.1).



Figure 5.1 : Zones à habitats littoraux structurés pouvant potentiellement être mises en protection

En outre, il est utile d'ajouter que bien que la charge organique ait diminué, aucune donnée disponible ne permet de statuer sur le degré de pollution en toxiques de synthèse, dont l'utilisation a explosé au cours du 20^{ème} siècle. Il serait donc opportun de réaliser un bilan du degré de contamination, l'impact des polluants de synthèse sur la biocénose n'étant plus à démontrer (Hesman, 2000).

5.2 Recommandations halieutiques

Tout d'abord, il est important de préciser que l'objectif premier de cette étude sur le peuplement pisciaire du lac de Morat n'a pas de vocation halieutique. Toutefois, compte tenu des résultats, il est apparu opportun de proposer différentes pistes en faveur d'une modification de réglementation. Ces dernières n'engagent que les auteurs de l'étude et devront, pour autant qu'elles soient retenues par les gestionnaires cantonaux, être discutées en détail avec les milieux de la pêche.

- a) Suppression de la limite de taille de maille à 23 mm et de la taille de capture de la perche à 15 cm afin de promouvoir le prélèvement dans les stocks de perche et de sandre dès les plus jeunes stades. Comme c'est le cas, par ailleurs, pour la pêche amateur. Dans les faits et compte tenu des gradients de captures calculés (Figure 5.2 & Figure 5.3), une maille de filet entre 9 et 11 mm est à proposer. Elle permettrait d'attraper ensemble les perches et les sandres de l'année au fil des saisons.

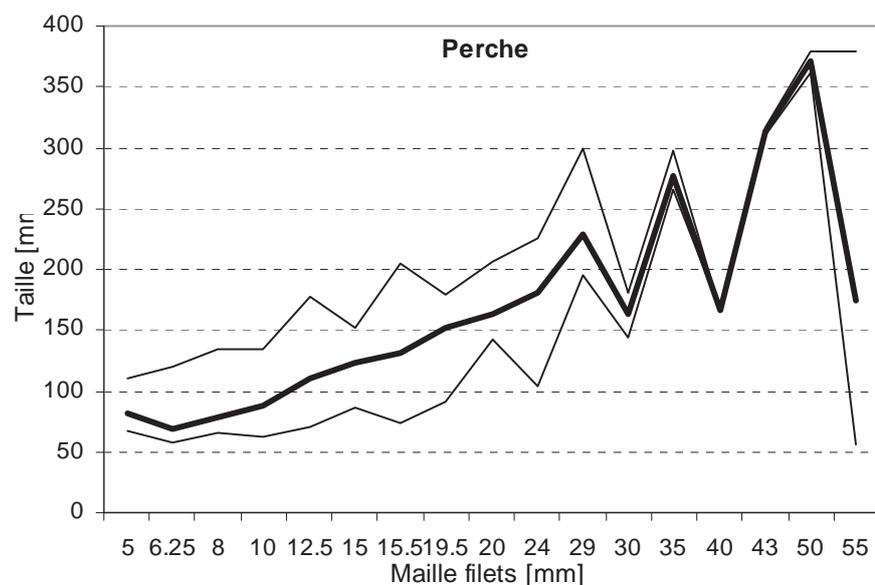


Figure 5.2: Gradient de taille de captures pour chaque maille de filet calculé pour la perche.

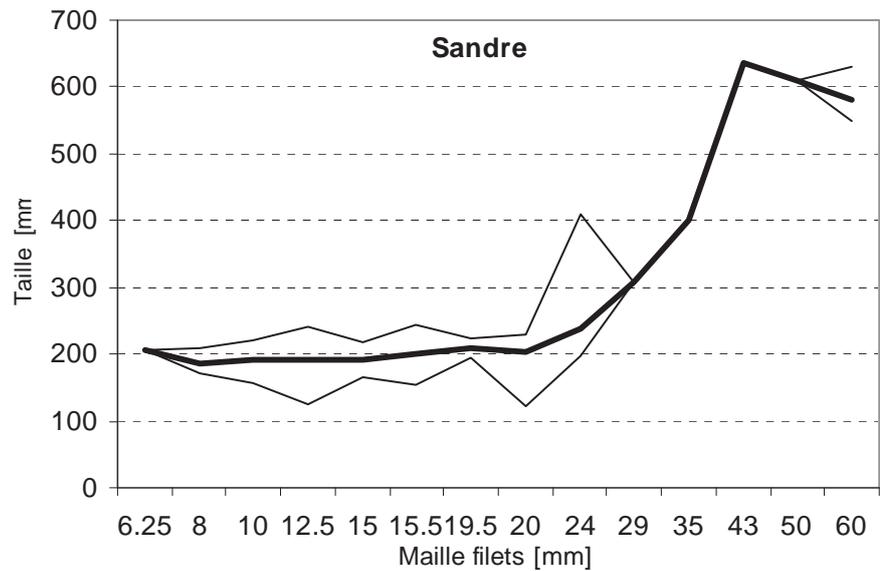


Figure 5.3 : Gradient de taille de captures pour chaque maille de filet calculé pour le sandre.

En effet, en l'état actuel, les estivaux apparaissent épargnés par la pêche professionnelle (Figure 3.25). Or, compte tenu de l'état de désoxygénation du lac, la plupart d'entre eux ne doivent pas réussir à passer les hivers rigoureux. Ils sont donc souvent perdus pour l'exploitation halieutique. Les variations interannuelles des récoltes de perche sont par ailleurs là pour en témoigner (Figure 5.4).

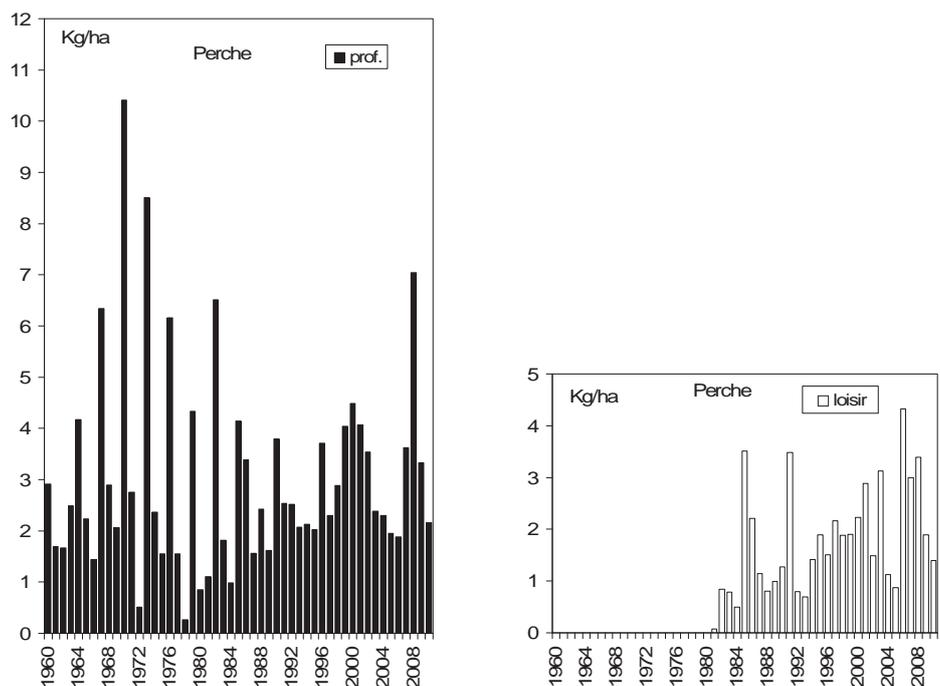


Figure 5.4 : Evolution historique des statistiques halieutiques pour la perche sur Lac de Morat. (Données Cantons de Fribourg/Vaud)

En outre, la pêche en insistant sur les captures des individus plus grands doit amplifier le phénomène en réduisant les densités de géniteurs potentiels. Ainsi, il serait intéressant de pêcher dès le mois de juillet les juvéniles de perche et de sandre de l'année. La pression sur les cohortes plus âgées pourrait être allégée afin d'assurer, voire de promouvoir, les potentiels de reproduction futurs. Au final, les récoltes de pêche pour les professionnels seraient vraisemblablement moins fluctuantes d'une année à l'autre. Comme c'est par exemple le cas, sur le Lac d'Annecy ou du Bourget où cette législation est en vigueur depuis plusieurs années. Toutefois, une adaptation commerciale devrait être consentie par les pêcheurs. Comme leurs collègues français qui maîtrisent un marché florissant de perchots, millecantons ou de concassette et qui n'arrivent à l'heure actuelle pas à subvenir à la demande, ils devraient se lancer dans la vente de petites perches ou de petits sandres entiers voués à la friture. Des échanges avec la région Rhône-Alpes pourraient par ailleurs être envisagés.

- b) Pour réduire les fortes proportions de cyprinidés de grande taille, l'utilisation de mailles de filet supérieures à 45mm serait à promouvoir. En effet, ces individus, qui peuvent vivre 12 à 15 ans constituent un "cul de sac" trophique : ils exercent une forte concurrence alimentaire et spatiale sur les juvéniles, mais ils ne peuvent être consommés que par des très gros brochets ou très gros silures, rarissimes sur Morat. En outre, la concurrence spatiale n'est pas à négliger vu la tendance à la réduction des ceintures végétales constatée.
- c) La promotion de la pêche pélagique des corégones pourraient également être suggérée aux pêcheurs. Car si la qualité de l'eau du Lac poursuit son amélioration, la palée redeviendra un poisson phare du lac de Morat. L'augmentation des captures en 2009 et 2010 semble en témoigner (Figure 5.5).

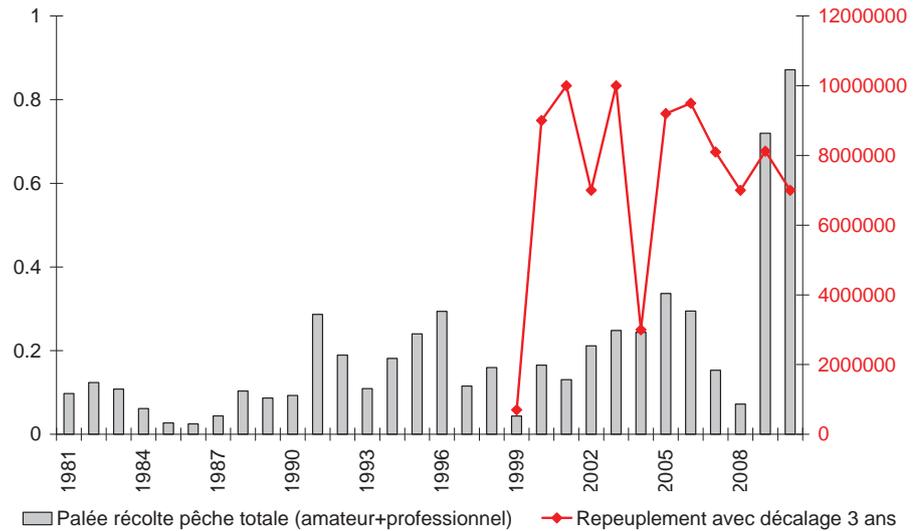


Figure 5.5 : Récolte de pêche à la palée des professionnelles et des amateurs cumulée confrontée avec un décalage temporelle de 3 ans au repeuplement en alevins. (Données Cantons de Vaud/Fribourg).

d) Afin de soulager la pression sur les populations de brochets et de silures par la pêche de loisir, diverses mesures de gestion peuvent être préconisées :

- augmentation de la taille de capture afin d'accroître les densités de géniteurs et de prédateur des grands cyprinidés. Malgré l'absence de courbe de croissance disponible, une taille légale fixée à 70 cm pourrait se révéler appropriée pour les deux espèces. Elle permettra vraisemblablement à chaque individu de gagner une année avant d'être soumis à prélèvement. Néanmoins, une étude de croissance sur le Lac de Morat serait nécessaire pour mettre en place une taille de capture pertinente. En outre, un suivi d'efficacité est à prévoir.
- limitation des quotas annuels afin de préserver les stocks en place.

6 Bibliographie

- BAFU. (2003). *Pisces Atlas*. Bern: Zaugg B., Stucki P., Pedroli J.C., Kirchhofer A., .
- Blanchet, S. L. (2009, march 25). Broad-scale determinants of non-native fish species richness are context-dependent. *Proc.R.Soc. B* , pp. 2385-2394.
- Colon, M., & Guillard, J. (2011). *Etude hydroacoustique de l'ichtyofaune du lac de Morat (Suisse). Campagne d'octobre 2010*. Thonon: INRA, 14 p.
- Degiorgi, D., & Grandmottet, J. (1993). Relations entre la topographie aquatique et l'organisation spatiale de l'ichtyofaune lacustre, définition des modalités spatiales d'une stratégie de prélèvement reproductible. *Bull. Fr. de Pisc.*, 329 , pp. 199-220.
- Degiorgi, F., & Raymond, J.-C. (2000). *Guide technique. Utilisation de l'ichtyofaune pour la détermination de la qualité globale des écosystèmes d'eau courante*. Agence de l'eau, Conseil supérieur de la pêche Direction régionale de Lyon.
- Degiorgi, F., Grandmottet, J., Raymond, J., & Rivier, J. (2001). Echantillonnage de l'ichtyofaune lacustre: engin passifs et protocole de prospection. Dans D. Gerdeau, *Gestion piscicole des grands plans d'eau* (pp. 151-182). Paris: INRA.
- EAWAG. (1960). *Der Murtensee Sein gegenwärtiger chemisch-biologischer Zustand. Die Herkunft der eutrophierenden Stoffe. Seesänierung - Schutz vor Verunreinigung. Gesambericht über die von der EAWAG in den Jahren 1954/55 durchgeführten Erhebungen. Gemeinde Murten*. Zurich: EAWAG/ETH.
- Forel, F.-A. (1894 , Réimpression de 1998). *Le Léman, Monographie limnologique. Tome II*. Genève: Slatkine .
- Gugelhard, D. (1840). *Statistik-historisch-topographische Darstellung des Bezirks Murten*. Bern: Druck und Berlag des Haller'schen Buchdruckerei, 296p.
- Guillard, J., & Marchal, E. (2001). L'hydroacoustique, méthode d'étude de la distribution spatiale et de l'abondance des peuplements pisciaires lacustres. Dans D. Gerdeaux, *La gestion piscicole des grands plans d'eau* (pp. 215-239). Paris: INRA.
- Hesman, T. (2000, february 5). DDT treatment turns male fish into mothers. *science* , p. 87.
- Kottelat M., F. J. (2007). *Handbook of European Freshwater Fishes*. Cornol: Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin, Germany.
- Müller, B., & Schmidt, M. (2009). *Bilans du phosphore et de l'oxygène dans le lac de Morat*. Kastanienbaum: Rapport pour les Cantons de Fribourg(SEN) et de Vaud(SESA).

Müller, R. (1969). La IIème correction des eaux du Jura, après sept années de travaux. *Separatdruck aus Wasser- und Energiewirtschaft/WEW(Baden) Nr. 7/8* .

Pedroli, J., Zaugg, B., & A., K. (1991). *Atlas de distribution des poissons et cyclostomes de Suisse*. Neuchatel: Centre suisse de cartographie de la faune, 207 p.

prEN14757, A. (2005). Water quality- Sampling of fish with multi-mesh gillnets. Europe: European committee for standardization.

Rivier, O. (1936). Recherches hydrobiologiques sur le Lac de Morat. *Bulletin de la Société neuchâteloise des sciences naturelles*, 61 , p. 125.

SESA. (2011). *Bilan de santé du lac de Morat - Etat 2009-2011*. Lausanne: Laboratoire du Service des Eaux, Sols et Assainissement du Canton de Vaud .

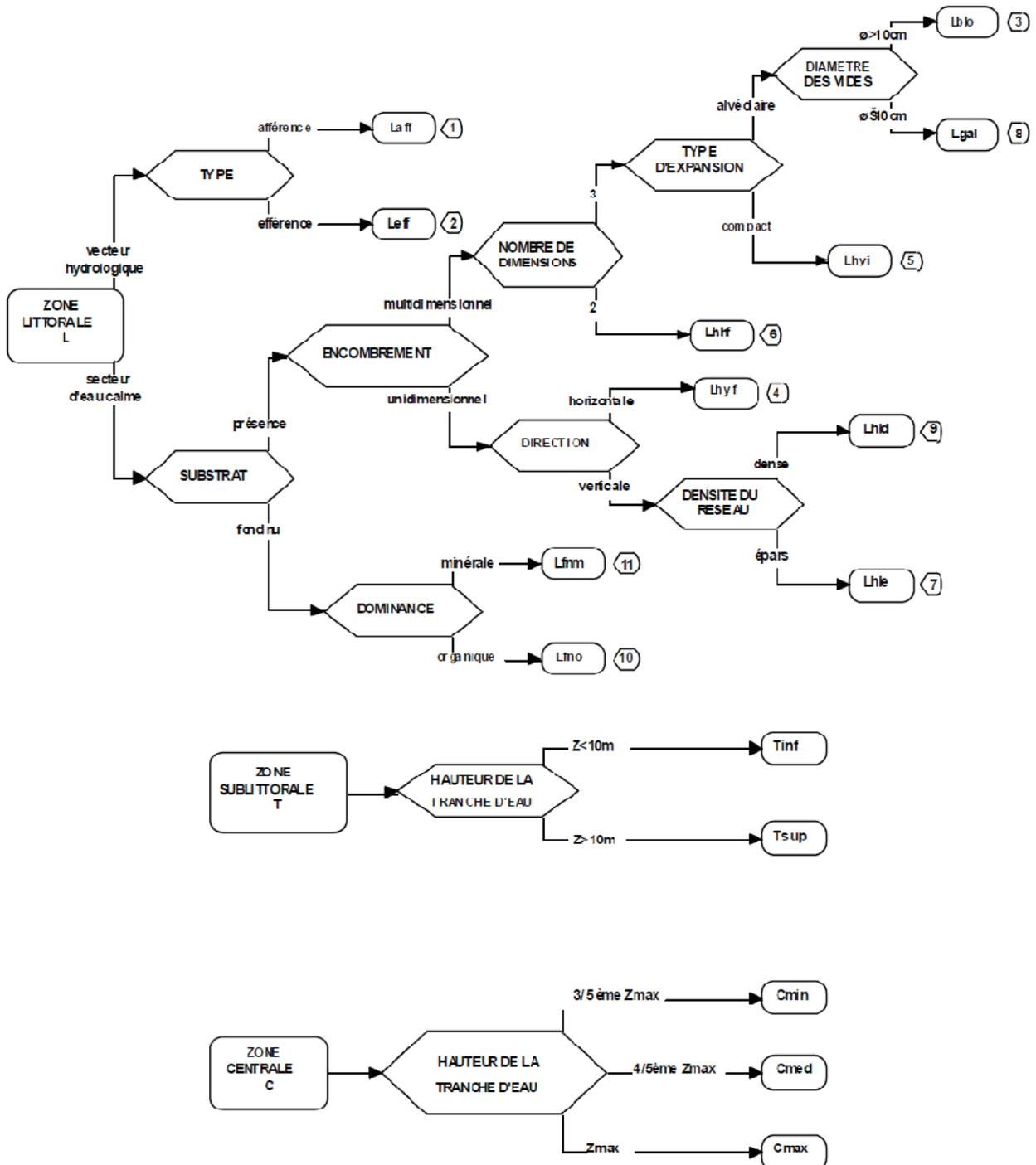
Vonlanthen, P. et al. (2009). Divergence along a steep ecological gradient in lake whitefish (*Coregonus* sp.). *Journal of Evolutionary Biology* , pp. 498-514.

Vonlanthen, P. et al. (2011, in press). Eutrophication causes speciation reversal in whitefish adaptive radiations. *Nature* .

7 Annexes :

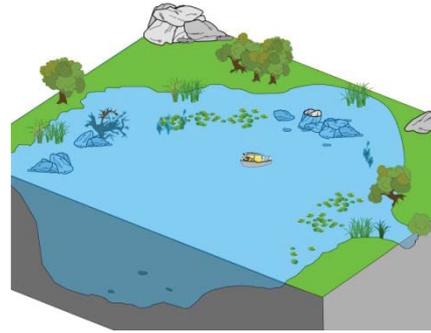
7.1 Illustration cartographie des habitats

7.1.1 Schéma directif de division et codification de l'espace lacustre (Degiorgi & Grandmottet, 1993)



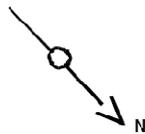
7.1.2 Illustration de la cartographie des pôles d'attraction nécessaires à la définition de la stratégie d'échantillonnage. (Degiorgi & Grandmottet, 1993)

a) Parcours de la surface lacustre avec un bateau en période de développement de la végétation afin de repérer les différents pôles d'attraction.



b) Dessin de la mosaïque des pôles d'attraction ichtyologique à l'aide d'un logiciel SIG.

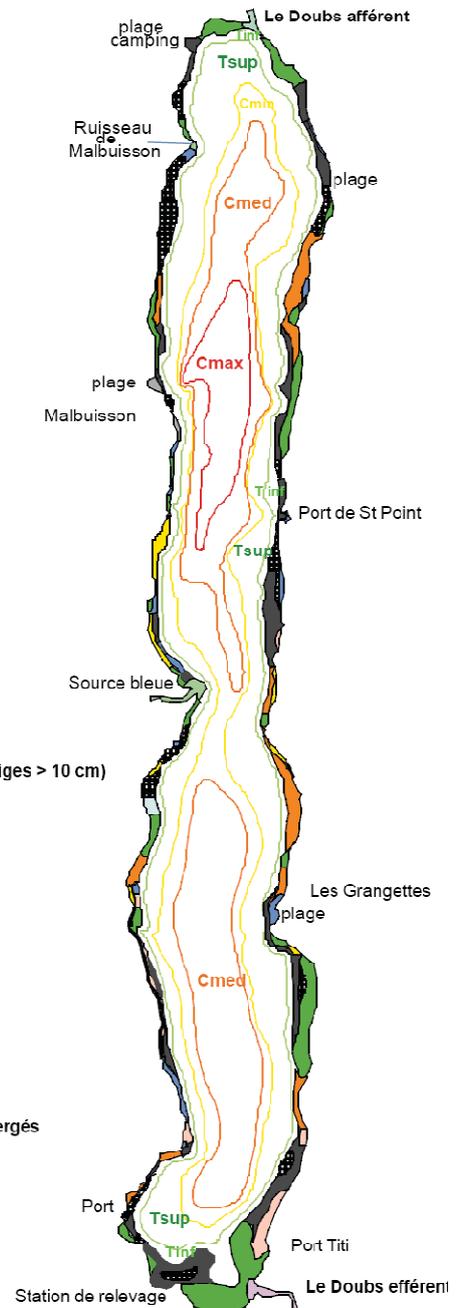
ECHELLE
200 m



LEGENDE

	L eff	Efférence
	L aff	Afférence
	L blo	Blocs (anfractuosités > 10 cm)
	L hle	Hélophytes épars (espace intertiges > 10 cm)
	L gal	Galets - graviers non colmatés
	L hld	Hélophytes denses
	L fnm	Fond nu minéral
	L fno	Fond nu organique
	L bra	Branchages
	L Hyi	Hydrophytes immergés
	L Hhi	Hélophytes et hydrophytes immergés
		Berge artificielle (gabion)

pôles d'attraction du lac Saint-Point



7.2 Liste des figures

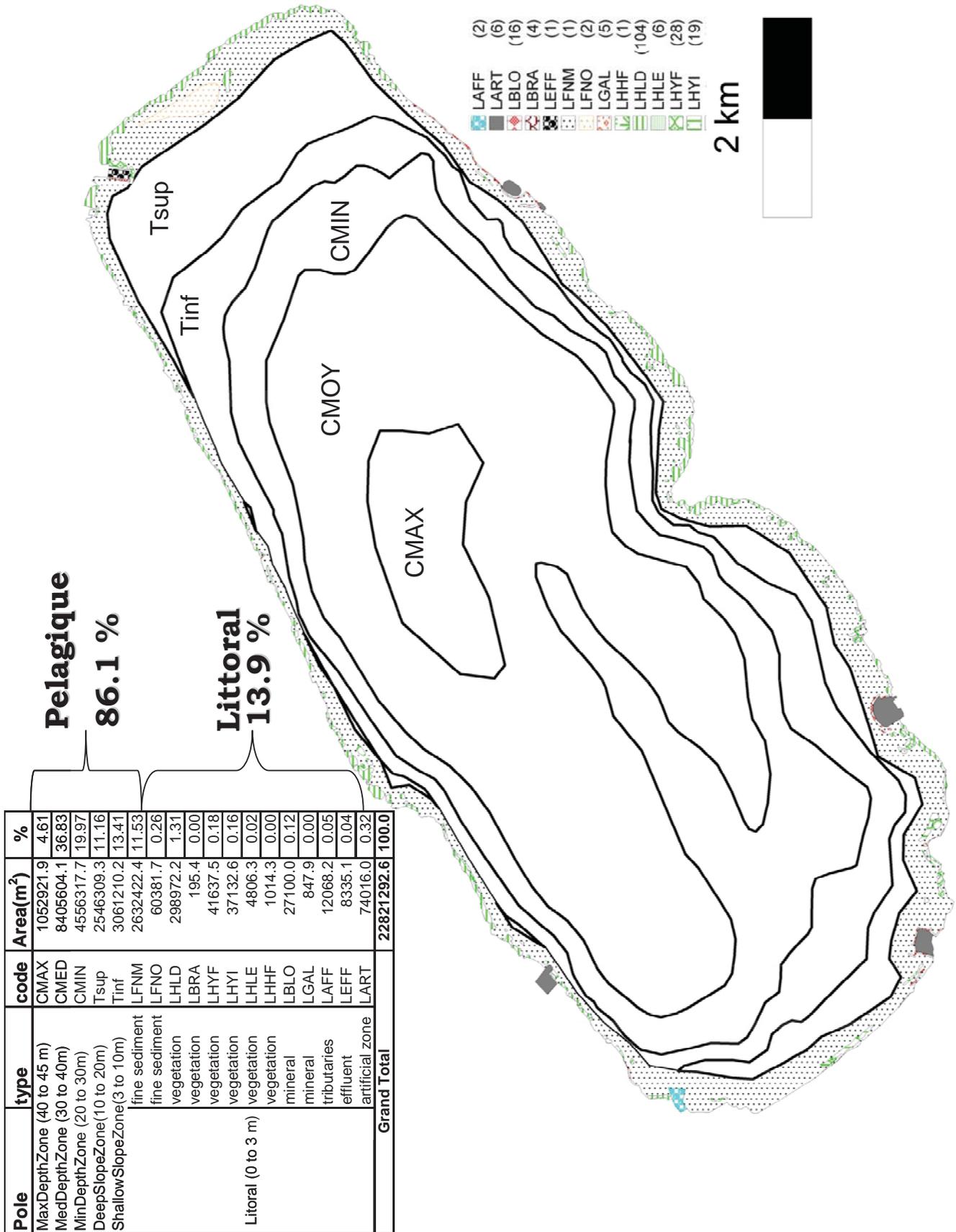
Figure 2.1 : Illustration de l'échantillonnage piscicole en période de stratification estivale extrême (dessin : M. Goguilly).....	4
Figure 3.1 : Evolution des teneurs en phosphore total dans le lac de Morat. (extrait de SESA, 2011).....	6
Figure 3.2 : Evolution de l'oxygénation de la colonne d'eau en zone profonde (35m) en fin de période estivale. (extrait de (Rivier, 1936; EAWAG, 1960)).....	7
Figure 3.3 : Extrait de la carte des habitats des pôles d'attraction ichtyologique du lac de Morat (cf. annexe carte complète).....	8
Figure 3.4 : Détail de l'évolution des habitats littoraux structurés à la pointe de Greng entre 1954 et 2008. (données swisstopo).....	9
Figure 3.5 : Evolution globale des habitats littoraux structurés entre 1954 et 2008. (données swisstopo).....	9
Figure 3.6 : Schéma illustrant la succession des habitats littoraux dont la dynamique et la diversité sont essentiellement dirigées par les fluctuations de niveaux d'eau. (Dessin S. Richard).....	10
Figure 3.7 : Evolution des niveaux d'eau et des amplitudes d'inondation des lacs du Jura. A gauche : vision historique extrait de (Müller R. , 1969). A droite : situation Morat 2010 (données OFEG). Au final depuis 1880, abaissement de la ligne d'eau de 1.5 à 2.0m et réduction des amplitudes de 2.0 m à 0.5 m.....	10
Figure 3.8 : Illustration de l'ancrage libre de bateau sur la beine et de ses conséquences en termes de perturbation des habitats littoraux structurés. (Dessin Neptune). Actuellement, 17% (0.5 km ²) de la surface de la beine est utilisée de cette manière sur le lac de Morat.	11
Figure 3.9 : Analyse du nombre de branchiospines des corégones capturés dans le lac de Morat.....	13
Figure 3.10 : Arbre génétique démontrant la coexistence de <i>S. hesperidicus</i> et <i>S. erythrophthalmus</i> dans le lac de Morat.....	14
Figure 3.11 : Loche de rivière (<i>C. bilineata</i>) capturée sur le Lac de Morat en 2010.	14
Figure 3.12 : Répartition verticale des captures tous protocoles filets confondus (CEN/Verti).....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 3.13 : Répartition horizontale des captures. (Rotengle comprend <i>S. hesperidicus</i> et <i>S. erythrophthalmus</i>).....	18
Figure 3.14 : Répartition des captures par type d'habitats littoraux. (Rotengle comprend <i>S. hesperidicus</i> et <i>S. erythrophthalmus</i>).....	19
Figure 3.15 : Vision des biomasses en place par analyse nocturne hydroacoustique (extrait de (Colon & Guillard, 2011)). Séquences d'échointégration nocturnes : en haut couche 0 à 15 m, en bas 15 à 45 m. (unité d'intégration couverture de nuit = Sa (m ² .h ⁻²)).	20
Figure 3.16 : Rendement de pêche comparé, toute espèce confondue, par application du protocole CEN de la Directive cadre européenne sur l'eau (prEN14757, 2005).	21

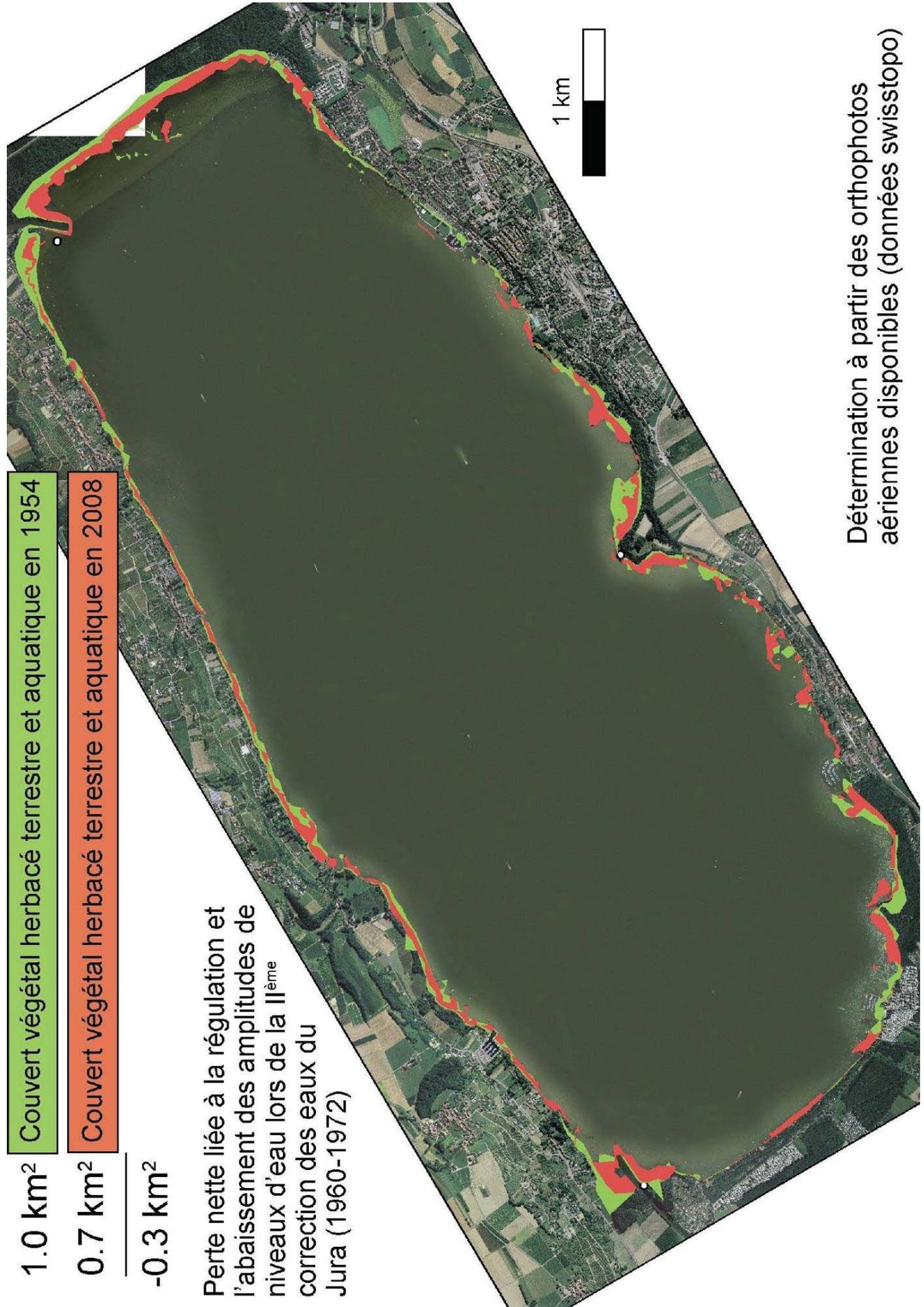
Figure 3.17 : Statistique halieutique du Lac de Morat en 2010. (données Cantons de Vaud et de Fribourg)	22
Figure 3.18 : Statistiques halieutiques comparées des lacs entièrement sur territoire suisse en 2008. Cumul des captures de perche, sandre, brochet, silure, truite et corégone (Données Cantons & OFEV).....	22
Figure 3.19 : Evolution des statistiques halieutiques du Lac de Morat (données Cantons de Fribourg/Vaud).	23
Figure 3.20 : Evolution historique du cumul de la récolte de pêche des espèces les plus recherchées (perche, brochet, sandre, silure, truite, corégone) du Lac de Morat. (Données Cantons de Fribourg/Vaud).	23
Figure 3.21 : Estimation des proportions relatives de chaque espèce en 2010 déterminée à partir du protocole d’inventaire aléatoire européen (CEN) aux filets maillants.	24
Figure 3.22 : Estimation des proportions relatives de chaque espèce en 2010 déterminée à partir des pêches électriques sur habitats littoraux (<1 m. de profondeur)..	24
Figure 3.23 : Taille des individus capturés en fonction des mailles de filets verticaux et CEN posés en 2010.	25
Figure 3.24 : Estimation des proportions relatives de chaque classe de taille pour chaque espèce en 2010 déterminée à partir des pêches aux filets CEN et verticaux.	26
Figure 3.25 : Estimation des proportions relatives de chaque classe de tailles pour chaque espèce en 2010 déterminée à partir des pêches aux filets CEN et verticaux.	27
Figure 3.26 : Distribution des captures par maille de filets CEN et verticaux posés.	28
Figure 4.1 : Répartition verticale des captures comparée à l’oxygénation et la température de la colonne d’eau pélagique. (Extrait de (Rivier, 1936; EAWAG, 1960)).	29
Figure 4.2 : Corrélation entre le taux de sédimentation de phosphore et la récolte de pêche cumulée des espèces les plus recherchées (perche, sandre, silure, truite, corégone) du Lac de Morat. (Données (Müller & Schmidt, 2009) et Cantons de Fribourg/Vaud)	31
Figure 5.1 : Zones à habitats littoraux structurés pouvant potentiellement être mises en protection.....	34
Figure 5.2 : Gradient de taille de captures pour chaque maille de filet calculé pour la perche.	35
Figure 5.3 : Gradient de taille de captures pour chaque maille de filet calculé pour le sandre.	36
Figure 5.4 : Evolution historique des statistiques halieutiques pour la perche sur Lac de Morat. (Données Cantons de Fribourg/Vaud)	36
Figure 5.5 : Récolte de pêche à la palée des professionnelles et des amateurs cumulée confrontée avec un décalage temporelle de 3 ans au repeuplement en alevins. (Données Cantons de Vaud/Fribourg).	38

7.3 Liste des tableaux

Tableau 3.1 : Rendement pêche comparé entre les trois protocoles de capture appliqués durant la semaine du 11 au 14 octobre 2010 sur le lac de Morat.	12
Tableau 3.2 : Liste des espèces collectionnées par le Musée d'histoire naturel de Bern.....	15
Tableau 3.3 : Diversité piscicole décrite sur le lac de Morat. (Gugelhard, 1840; BAFU, 2003; Pedrolì, Zaugg, & A., 1991)	16

7.4 Cartes format A4





Détermination à partir des orthophotos aériennes disponibles (données swisstopo)