



Direction Générale de
l'Environnement
(DGE)



Direction Générale
Nature et Paysage
(DGNP)



Service de la chasse, de
la pêche et de la faune

PRÉFET
DE LA HAUTE-SAVOIE

Etude du peuplement pisciaire du Lac Léman



eawag
aquatic research 000



RAPPORT DÉFINITIF
Août 2014

Document réalisé par :

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

Avec la participation de :

Timothy Alexander & Ole Seehausen, Eawag
Jean-Claude Raymond, ONEMA Thonon
François Degiorgi, Université de Besançon
Jean Guillard & Michel Colon, 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, Cédric Henry, Philippe Tavel, Sébastien Rojard, Gottlieb Dändliker, Dimitri Jaquet, Didier Dubelly, Pieracci Kim, Raymond Christophe, Laurent Giusti, Frédéric Renaudon, Mathieu Baldeck, Nicolas Bergher, Sandro Parussatti, Michael Sadot, Yvon Crettenand, Michaël Goguilly, Hervé Décourcière, Jonathan Paris, Stéphane Ecuier, Grégory Tourreau, Erwin Schäffer, Jacob Brodersen, Gesine Heuk, Christian Rossignon, Thomas Pérrine, Jean-Sébastien Brocard, Jérémy Nicolet, Thomas Groubatch, Alexandre Cheval ainsi que les étudiants de l'Université de Berne et de l'EAWAG.

En outre, nous sommes reconnaissants aux Services de la pêche vaudois et genevois et à l'Office fédéral de l'environnement pour leur soutien financier.

Résumé

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

L'inventaire du lac Léman a été réalisé en septembre 2012 avec l'étroite collaboration de l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques français (ONEMA) et des Services de la pêche des cantons de Vaud, Genève et Valais.

Il est tout d'abord réjouissant de constater que 14 des 18 espèces, considérées par Forel comme indigènes, sont toujours présentes. Malheureusement, malgré 890 actions de pêche, ni spirin, ni vairon n'ont pu être capturés. La densité de ces poissons peut être considérée comme très faible au sein du plan d'eau. Pour les corégones, des analyses génétiques en cours permettront de statuer sur la disparition de la gravenche et de la féra. Au stade actuel des connaissances, les corégones capturés ont été considérés comme des palées du lac de Neuchâtel.

D'une manière générale, la situation des espèces indigènes des profondeurs (omble, chabot) et celles liées aux cours d'eau (ombre, loche franche) est préoccupante. Cette dégradation s'est déclenchée après la première guerre mondiale, pour des raisons restant obscures, et s'est nettement aggravée avec l'accroissement de la pollution organique au milieu du 20^{ème} siècle. Actuellement, bien qu'une amélioration ait pu être constatée depuis les années 70, le Léman souffre encore de trop grands dysfonctionnements pour qu'il retrouve pleinement son statut historique de lac dominé par les salmonidés, corégones notamment.

Les efforts consentis en matière d'épuration ne sont donc pas encore suffisants pour juguler les baisses d'oxygénation des couches profondes de la colonne d'eau observées à partir des années 1950. De plus, d'autres soucis en matière de qualité d'eau sont apparus, notamment l'augmentation des nitrates et des micropolluants. Parallèlement, l'artificialisation du littoral atteint 70 % et le régime hydrologique, tant du plan d'eau que de plusieurs affluents, a été, petit à petit, totalement maîtrisé. Les habitats littoraux, berceau de la biodiversité du lac et centre névralgique de reproduction pour la plupart des espèces, en ont assurément été affectés. En particulier, les roselières tendent à disparaître drastiquement, malgré les efforts mis en œuvre pour leur protection.

Il convient donc de poursuivre, voire d'intensifier la limitation des polluants d'origine agricole, industrielle et domestique et de lancer simultanément un programme ambitieux de restauration du littoral, s'il l'on veut que le Léman retrouve des conditions proches de celles décrites en détail par Forel au 19^{ème} siècle.

Du point de vue de la pêche, l'exploitation actuelle semble durable. Néanmoins, la prise en compte de l'effort de pêche dans les statistiques annuelles permettrait d'améliorer la connaissance sur l'évolution des stocks en place et, au final, d'optimiser la gestion halieutique. De plus, compte tenu de la surabondance de juvéniles de perche, une réflexion pour l'ouverture à leur exploitation pourrait être engagée.

Par ailleurs, il est important de préciser que les résultats du « Projet lac » pourront, à l'avenir, servir à estimer l'efficacité des mesures réalisées. Enfin, les 473 poissons, conservés durablement par le Musée d'histoire naturelle de Berne, feront office de matériel biologique de référence pour des analyses génétiques, morphométriques et/ou écotoxicologiques.

Mots clefs Lac - Léman - pollution organique - poisson - inventaire - DCE - morphologie.

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	6
3	Résultats :	7
3.1	Physico-chimie	7
3.2	Habitats	10
3.3	Peuplement pisciaire.....	15
3.4	Comparatif à d'autres lacs	26
3.5	Gestion halieutique.....	28
4	Synthèse et Conclusion.....	35
4.1	Diagnose écologique	35
4.2	Exploitation halieutique	37
4.3	Conclusion	38
5	Perspectives :	38
5.1	Recommandations environnementales.....	38
5.2	Recommandations halieutiques	39
6	Bibliographie	40
7	Annexes :	41
7.1	Illustration cartographie des habitats	41
7.2	Liste des figures.....	42
7.3	Liste des tableaux	43

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). En Suisse, chaque canton a l'obligation de suivre l'état de conservation des peuplements de poissons et d'écrevisses indigènes considérés comme menacés (statut 1 à 3) (OFLP 923.01, art 10, alinéa 1).

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. L'ichtyofaune, en particulier, constitue un support d'études pour lequel les seules données disponibles se résument en général aux statistiques de la pêche.

Le poisson : un organisme intégrateur

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

- une des plus grandes longévités. Celle-ci s'étale en moyenne de 2 à 4 ans, mais peut atteindre plusieurs dizaines d'années.
- un spectre alimentaire recouvrant tous les régimes, depuis les végétariens stricts jusqu'aux carnivores apicaux ne se nourrissant que d'autres poissons.
- des exigences de qualité d'eau contrastées d'une espèce à l'autre. Par conséquent, chaque type de pollution risque de faire régresser une ou plusieurs espèces électives de la situation originelle.
- des exigences spatiales variées, propres à chaque espèce et stade de développement. Ils sont donc d'excellents indicateurs d'altérations affectant la qualité physique des milieux et ceci à plusieurs échelles emboîtées.

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

Toutefois, si leur taille macroscopique facilite leur détermination, le faible nombre d'espèces de poissons dulcicoles européens reconnues (63 selon LFSP 923.0) impose la mise en œuvre de procédés d'échantillonnage standardisés fournissant des images quantitatives comparables. En outre, la structure des populations de l'ensemble des espèces doit être déterminée et exprimée à l'échelle du peuplement. Enfin, la grande mobilité de l'ichtyofaune nécessite une prospection, en simultané, 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 périalpins. L'étendue de ces plans d'eau les a longtemps placés 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'investigations et de recherches sont les suivants :

1. Déterminer la situation actuelle de la biodiversité ichtyologique des lacs naturels alpins et périalpins, à l'aide de méthodologies communes, reproductibles et compatibles avec les indicateurs ainsi que 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.

Le projet, budgétisé 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), de l'Office fédéral suisse de l'environnement ainsi que de plusieurs cantons (Vaud, Genève, Valais, Neuchâtel, Fribourg, Tessin, Berne, Grison, Aarau, Zoug, Saint-Gall, Zurich, Thurgovie), de gestionnaires français (ONEMA, Fédérations de pêche du Jura et du Doubs), italiens (Regione Lombardia), allemands et autrichiens (IFBO).

Objectifs spécifiques

Le présent rapport s'attachera à relater les enseignements mis en évidence par l'échantillonnage du lac Léman réalisé entre le 5 et le 27 septembre 2012 en compagnie des gardes-pêche vaudois, genevois et valaisans ainsi que de l'Unité spécialisée milieux lacustres de l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques, basée à Thonon-les-Bains.

2 Méthodologie

2.1 Mesures physico-chimiques

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

Pour le lac Léman, une commission franco-suisse (CIPEL) est chargée de surveiller l'évolution de la qualité des eaux du lac Léman, du Rhône et de leurs affluents. Les données disponibles ont ainsi été utilisées dans le présent rapport.

2.2 Cartographie des habitats

Au préalable, une reconnaissance exhaustive en bateau a permis le découpage géographique du plan d'eau en fonction des habitats en présence. La partie suisse a été réalisée par l'équipe de l'Eawag et la partie française par l'ONEMA (Bolard 2010). La méthodologie dite des pôles d'attraction, développée par (Degiorgi et al. 2001), a été retenue. Cette technique s'appuie principalement sur la distinction de trois grands compartiments :

- La zone littorale ou beine, délimitée par la rupture de pente, allant jusqu'à -3 à -5m 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

Par ailleurs, les rives ont été considérées comme artificialisées dès lors qu'un renforcement de pied de berge en génie civil (bloc artificiel, mur, etc.) ou en génie végétal (tressage, palplanche, etc.), une concentration de bateaux (en port fermé ou ouvert), un ponton, un débarcadère ou encore une plage aménagée étaient présents.

2.3 Echantillonnage pisciaire

En période de stratification estivale extrême (septembre), quatre protocoles d'inventaire de l'ichtyofaune ont été 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'est occupé de l'estimation des biomasses en place par hydroacoustique. Son intervention s'est faite au cours de deux campagnes de mesures : une nocturne et une diurne selon la méthode développée par l'INRA (Guillard et Marchal 2001)
- b) Un deuxième équipage a réalisé l'échantillonnage à l'aide de filets maillants par application simultanée 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 et al. 2001)
- c) L'inventaire des zones peu profondes (<1m) a été effectué par un troisième équipage à l'aide de pêches électriques par ambiance au cours d'un seul passage mené à pied ou depuis un bateau. Chaque type de pôle d'attraction présent en bordure a été prospecté et la surface pêchée est estimée en m².
- d) Parallèlement, des filets benthiques CEN classiques (45m²) accouplés ont été posés systématiquement jusqu'à la profondeur maximale (300 m). L'objectif de cet inventaire complémentaire était de déterminer la présence de faune particulière dans les grandes profondeurs.
- e) L'ensemble des poissons capturés a été mesuré, pesé, photographié et conditionné pour une conservation durable au Musée d'Histoire Naturelle de Berne.

Une technique d'échantillonnage exemplaire

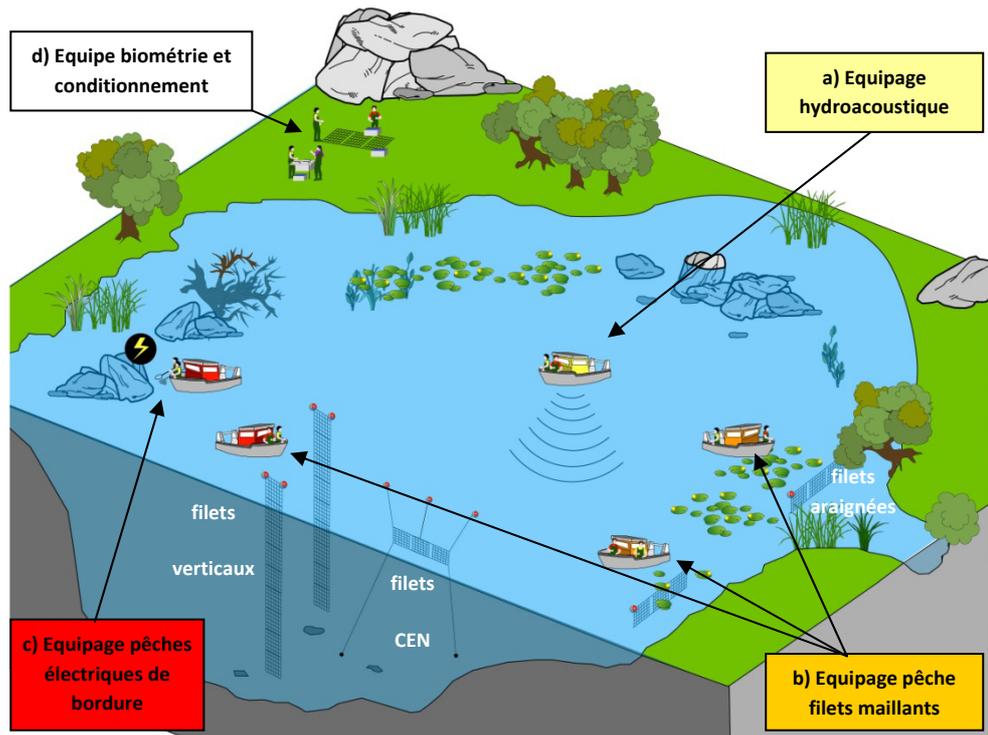


Figure 2.1 : Illustration de l'échantillonnage piscicole en période de stratification estivale extrême (dessin : M. Gogully)

Près de 900 actions de pêche réalisées

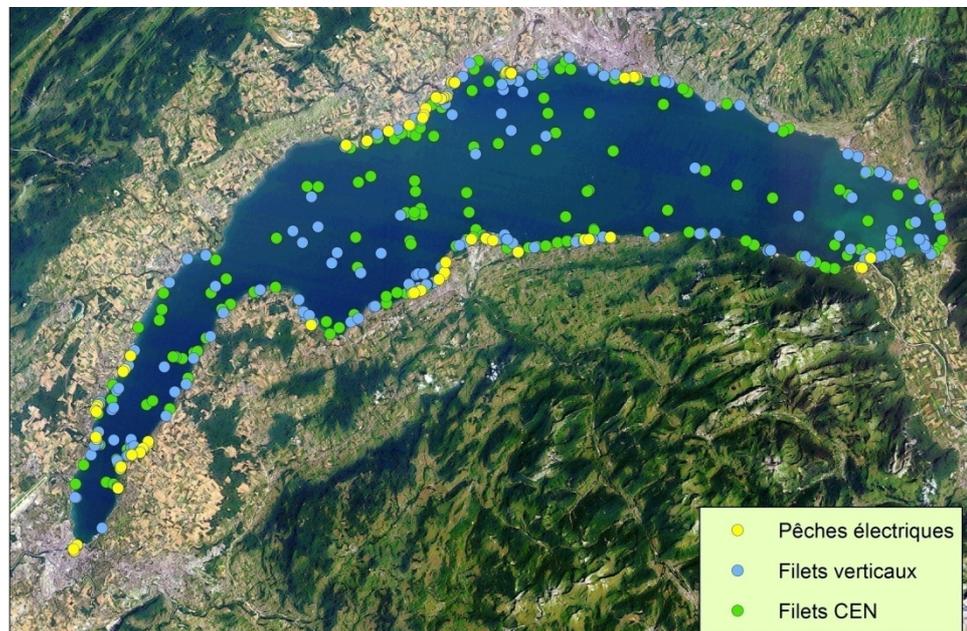


Figure 2.2 : Positionnement géographique des 890 actions de pêche réalisées entre le 5 et le 27 septembre 2012.

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 ont été rassemblées et synthétisées.

Pour le Léman, les statistiques disponibles auprès de la commission internationale s'occupant du Plan d'aménagement piscicole (PAP) ont été utilisées. De plus, elles ont été complétées et remises à jour par l'ONEMA et les Cantons de Vaud, Genève et Valais. Elles remontent jusqu'en 1897 pour la partie française et 1921 pour l'ensemble du lac. Ces statistiques n'intègrent les captures des pêcheurs amateurs que depuis le début des années 1980.

3 Résultats :

3.1 Physico-chimie

3.1.1 Situation actuelle

L'hiver froid et venteux de 2011/2012 a permis un brassage complet de la colonne d'eau, la redistribution des nutriments et l'oxygénation des couches profondes.

Néanmoins, le taux de phosphore présent, caractérisant la pollution organique du Léman, est de 21.6 µg/l. Selon la classification trophique de l'OCDE, la situation peut être considérée comme moyenne. Parallèlement, les taux d'azote nitrique et total se sont stabilisés à respectivement 0.46 mgN/l et de 0.57 mgN/l (Lazzarotto 2013).

Lors des pêches, la colonne d'eau était stratifiée thermiquement et totalement oxygénée (Figure 3.1).

*Une colonne
d'eau totalement
oxygénée*

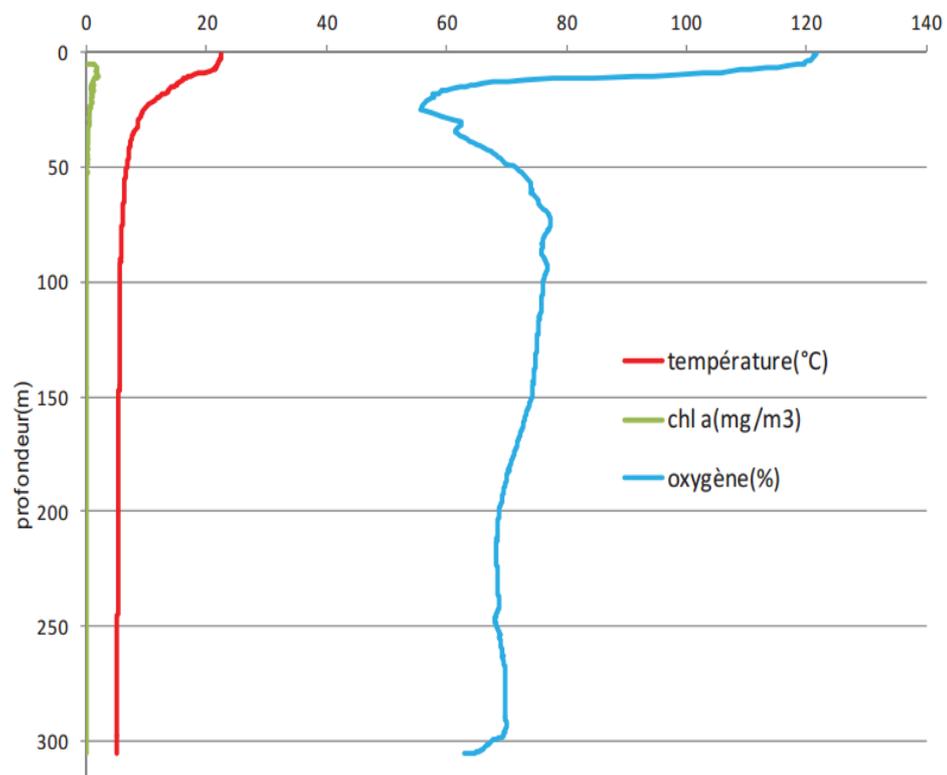


Figure 3.1 : Situation de la colonne d'eau du Léman le 28.8.2012, soit une semaine avant le début des inventaires pisciaires. (données CIPEL (Lazzarotto 2013))

3.1.2 Evolution historique

La surveillance des eaux du lac Léman existe depuis le milieu des années 1950. Les paramètres suivants sont notamment mesurés : transparence, température, chlorophylle a, oxygène, silice, chlorure ainsi que les cycles de l'azote, du phosphore et du carbone. Le degré de pollution organique s'est nettement aggravé à partir des années 60. Dès 1980, une amélioration s'est engagée. (Figure 3.2).

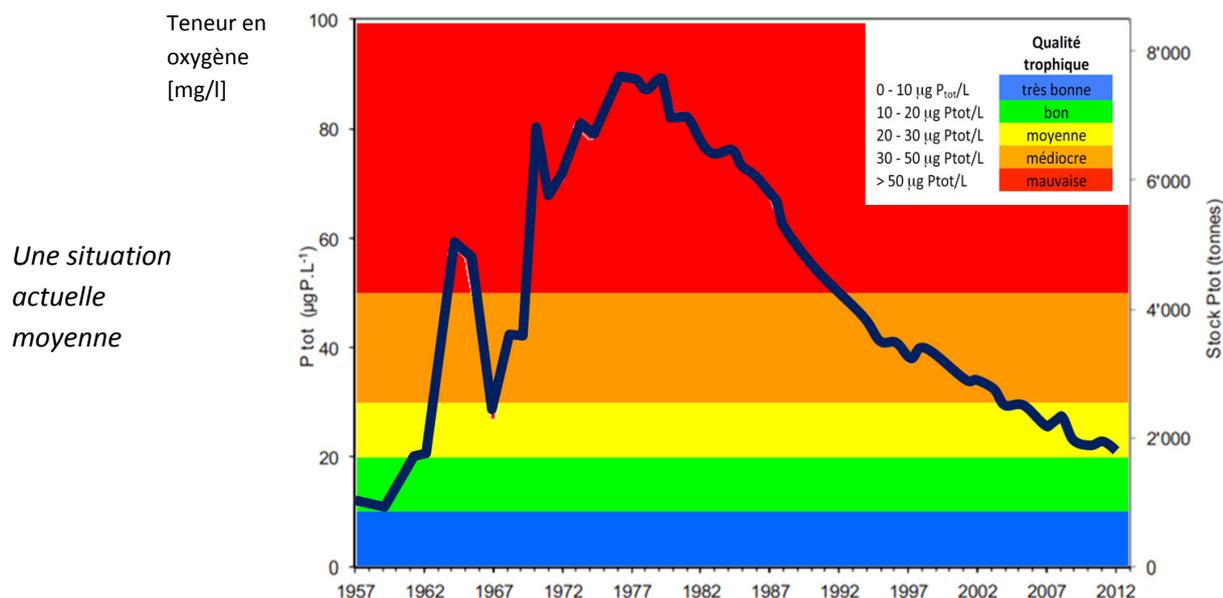


Figure 3.2 : Evolution des teneurs en phosphore total dans le lac Léman selon classification trophique de l'OCDE. (adapté de Lazzarotto 2013).

La tendance à une faible oxygénation récurrente des grands fonds n'a toutefois pas disparu (Figure 3.4). Alors même que Forel n'en fait pas mention (Forel 1892, 1895, 1904), la situation actuelle n'est donc pas encore optimale.

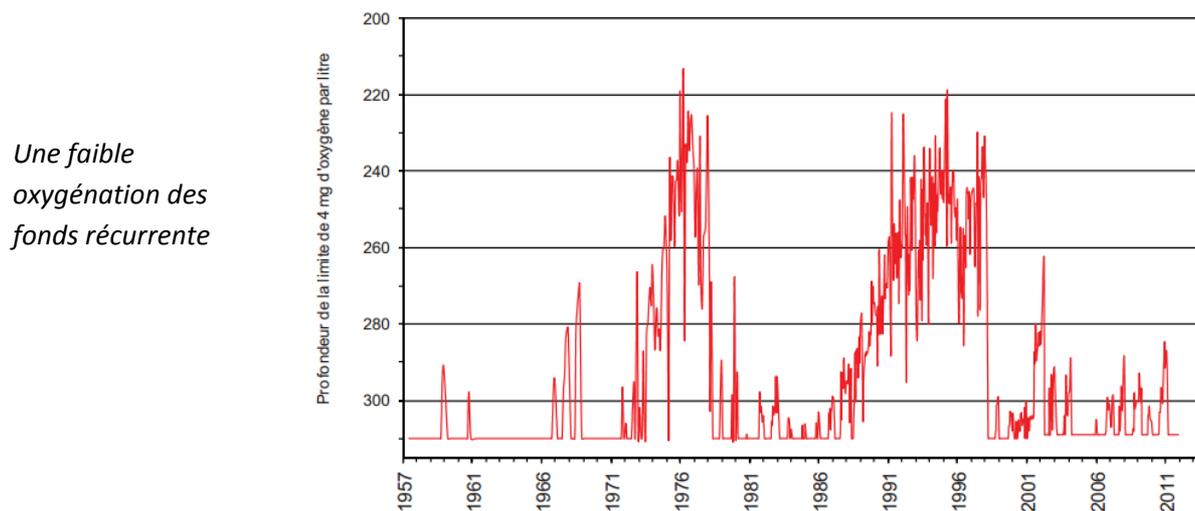


Figure 3.3 : Evolution de l'oxygénation des fonds du lac Léman. (Données CIPEL, (Lazzarotto 2013))

L'état physico-chimique du lac diffère donc de celui décrit au 19^{ème} siècle. Les causes principales sont à rechercher dans les apports en nutriments encore trop élevés, subis par le plan d'eau.

Par ailleurs, l'impact humain sur la qualité des eaux reste fort comme l'illustre l'augmentation de la concentration en chlorure, en nitrate et azote total intervenue ces 50 dernières années. Il en va de même pour ce qui concerne les micropolluants (Ortelli 2011).

Une augmentation d'azote dissout stabilisée

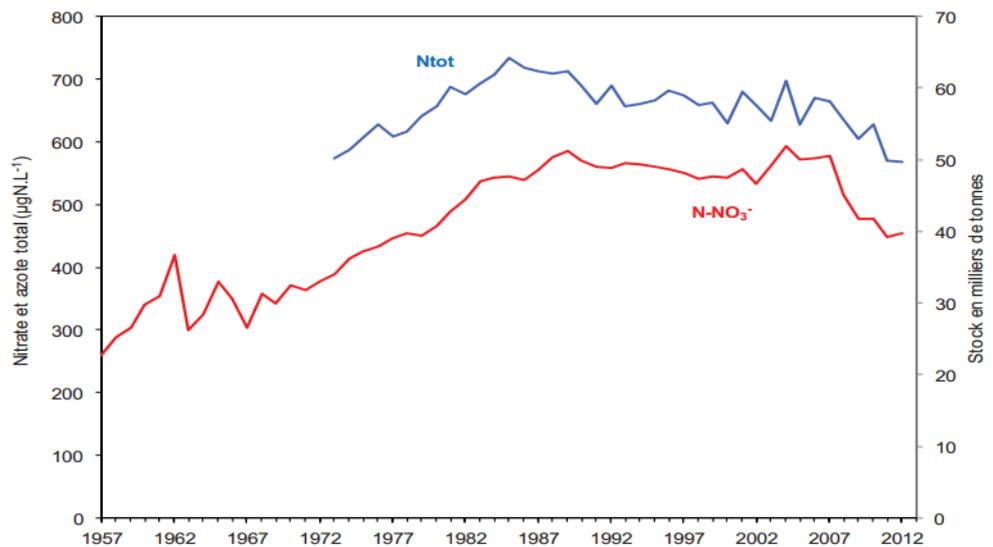


Figure 3.4 : Evolution de la teneur en nitrates du lac Léman. (Données CIPEL (Lazzarotto 2013))

Une augmentation continue de chlorure dissout

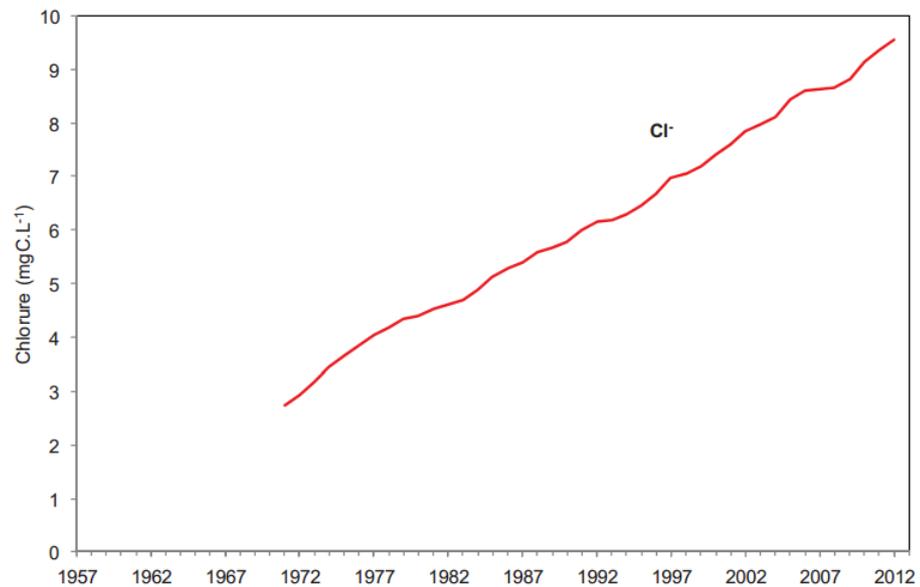


Figure 3.5 : Evolution de la teneur moyenne en chlorure du lac Léman, pondérée pour l'ensemble de la masse d'eau. (Données CIPEL, (Lazzarotto 2013))

En linéaire de rive, cette artificialisation représente 70 % (Figure 3.8), ce qui confirme les dernières estimations réalisées par la CIPEL en 2006. A noter que la partie française est dans l'ensemble moins affectée.

Plus des deux tiers des rives artificialisés

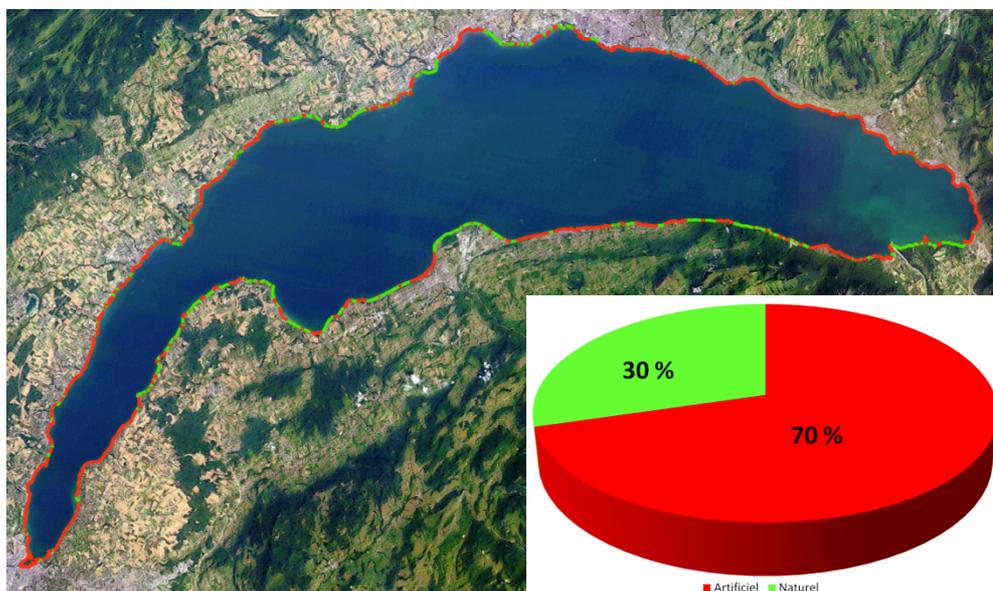


Figure 3.8 : Degré d'artificialisation des rives du lac Léman.

La répartition spatiale des habitats n'est pas uniforme : le nord-ouest comporte plus de végétation que le sud-est (Figure 3.9).

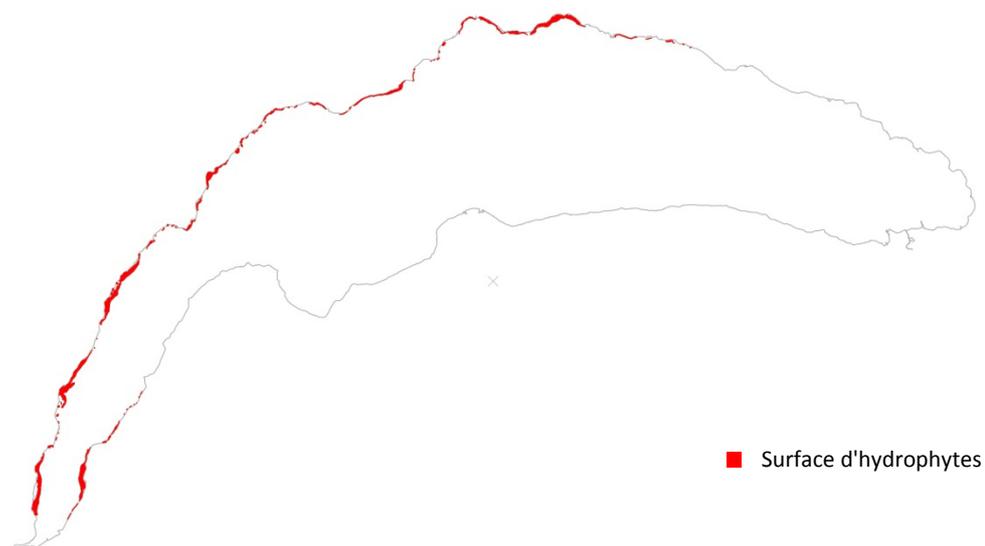


Figure 3.9 : Répartition des hydrophytes sur le Lac Léman.

De plus, il est à remarquer que les surfaces d'hélophyte (roselière) sur le Léman sont rares et en général proches d'embouchures d'affluents (Figure 3.10).

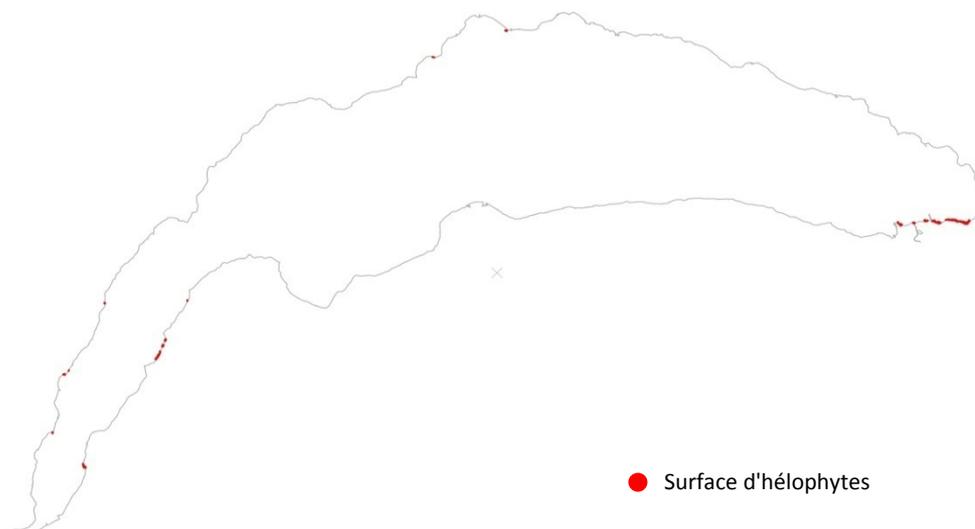


Figure 3.10 : Répartition des hélophytes sur le Lac Léman.

3.2.2 Evolution historique

Les observations de Forel (1892, 1895, 1904), Lachavanne (1975), Aquaplus (2010) et Perfetta (2011) sont donc confirmées : le littoral du Haut lac, Grand lac et de la rive sud est toujours dominé par de la grève minérale. Les hydrophytes sont en revanche plus présents sur le Petit Lac et la rive nord.

Concernant les hélophytes, leur disparition progressive (Figure 3.11) a été observée par différents gestionnaires (Raymond, com. pers.); et ce, malgré les divers travaux de protection mis en œuvre.



Figure 3.11 : Illustration de la disparition des hélophytes : exemple de la plage Excenevex (F-Rive sud). Alors que la roselière a toujours été présente, elle a aujourd'hui quasi disparu (cf. en bas à droite) (photos Commune Excenevex & Géoportail)

Cette situation est vraisemblablement à relier aux modifications de fluctuations de niveaux d'eau intervenus. En effet, au 19^{ème} siècle, avant la mise en place d'une force hydraulique industrielle à Genève en 1890 (Forel 1892, 1895, 1904), les différences de niveau du lac pouvaient atteindre 2 m entre les hautes eaux d'été et les basses eaux d'hiver (Figure 3.12).

Des variations historiques atteignant 2.0 m

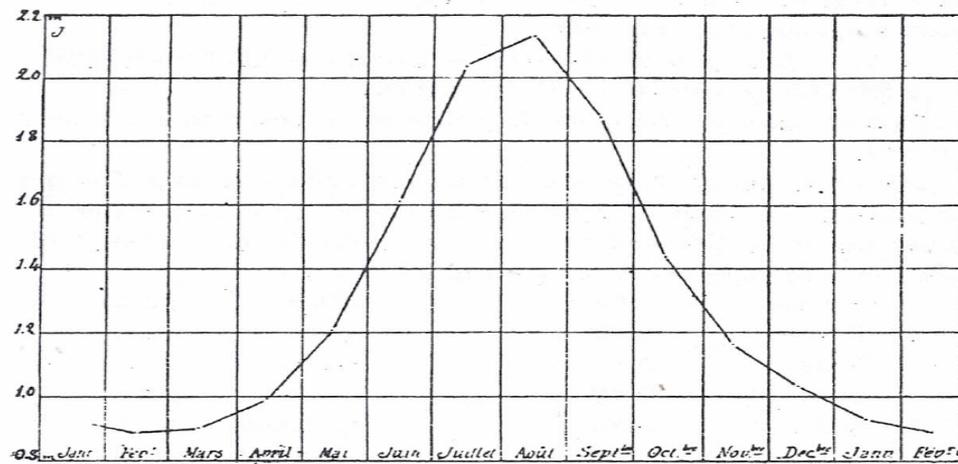


Fig. 89. Courbe normale du lac, d'après les moyennes mensuelles de 1818 à 1890- 1 mm. = 2 cm. de hauteur du lac.

Figure 3.12 : Courbe normale du lac, d'après les moyennes mensuelles de 1818 à 1890 (extrait de (Forel 1892, 1895, 1904)).

Des variations actuelles limitées à 1.0 m

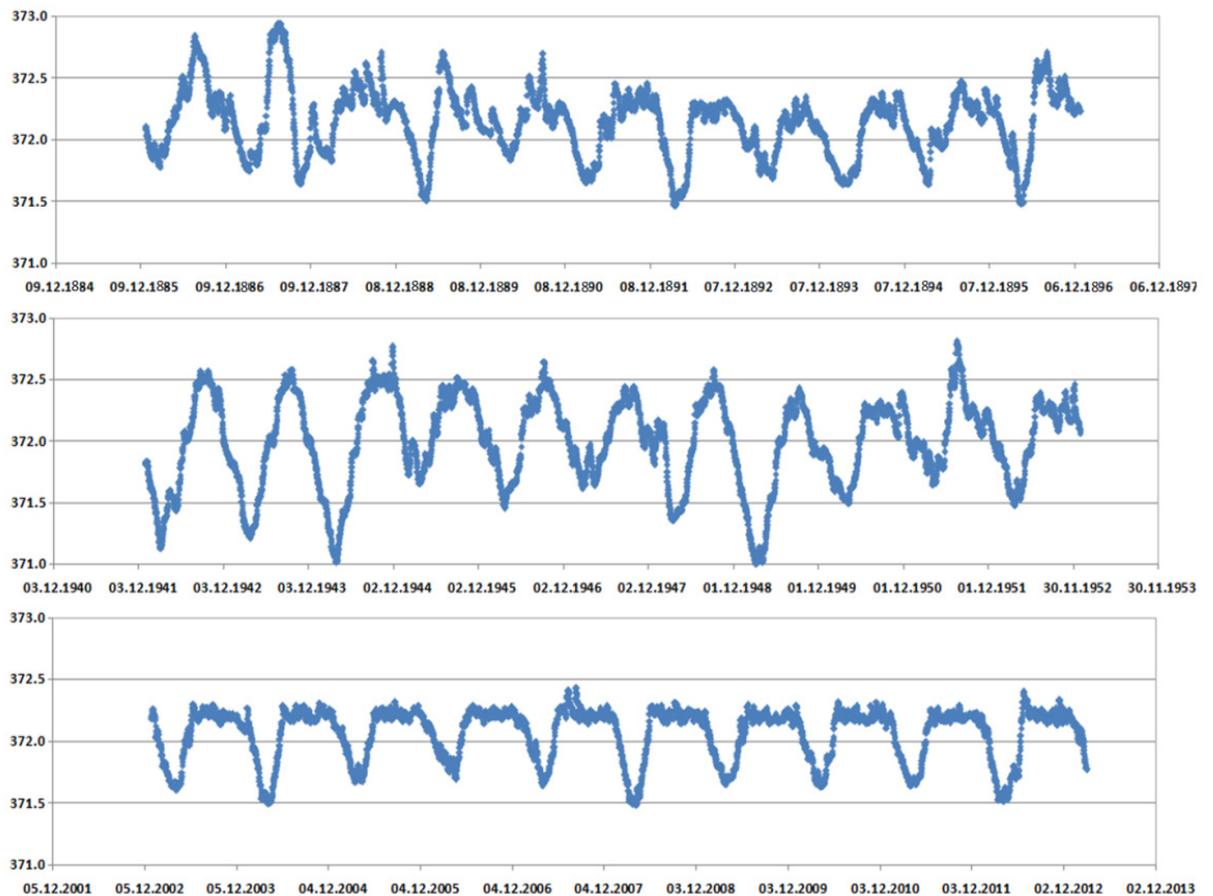


Figure 3.13 : Variation comparée du niveau du lac Léman à Genève. (données OFEG). En bas, on observe nettement les abaissements artificiels des années bissextiles à une cote voisine de 371,50.

Actuellement, le régime glaciaire est globalement conservé. Toutefois, les fluctuations saisonnières ont été réduites de moitié. En particulier, les hautes eaux en dessus 372.5 m ont été supprimées. En outre, la dernière réglementation régissant les niveaux du lac a permis de maintenir une cote minimale à 371.5 m les années bissextiles. Alors qu'après 1890, l'abaissement artificiel pouvait être plus conséquent. Enfin, les irrégularités inhérentes aux variabilités météorologiques interannuelles ont été gommées.

Ces modifications de limnimétrie ont vraisemblablement eu un impact sur la morphogénèse des habitats littoraux. Toutefois, elles demeurent faibles comparativement aux transformations lourdes subies par les lacs de Morat, Neuchâtel ou Joux (Périal et Vonlanthen 2012). C'est peut-être pourquoi la mosaïque des habitats littoraux du Léman est restée assez fidèle à celle décrite au 19^{ème} siècle.

*Une mosaïque
d'habitats littoraux
fidèle à celle du
19^{ème} siècle*

Cependant, la baisse de charge trophique en cours, l'impact sur l'intégrité des affluents et sans oublier, l'arrachage mécanique, sont probablement aussi responsables de la disparition observée des hélophytes. Des investigations plus ciblées seraient utiles pour décortiquer l'évolution de cet habitat particulier.

En résumé, le niveau du Léman est actuellement régi à l'image d'un métronome oscillant à plus ou moins 50 cm de battement autour de la cote 372.0. Cependant, le rythme très régulier imposé demeure assez proche des fluctuations naturelles. C'est vraisemblablement pour cette raison que les caractéristiques générales des habitats du littoral ont été maintenues. Malheureusement, 70% du linéaire au contact de l'eau a été artificialisé. L'intégrité physique du Léman peut donc être considérée comme fortement affectée.

3.3 Peuplement pisciaire

3.3.1 Situation actuelle

Les trois protocoles de captures ont permis de recenser un total de 23 espèces de poissons ainsi que deux espèces d'écrevisses (Tableau 3.1).

Code	Espèce		Filets		Pêche
			CEN	Verticaux	électrique
PER	Perche	<i>Perca fluviatilis</i>	7631	10404	431
GAR	Gardon	<i>Rutilus rutilus</i>	2142	695	260
ABL	Ablette	<i>Alburnus alburnus</i>	360	486	127
GOU	Goujon	<i>Gobio gobio</i>	251	102	131
BRE	Brème commune	<i>Abramis brama</i>	101	33	86
COR	Corégone	<i>Coregonus sp</i>	42	187	
LOT	Lotte	<i>Lota lota</i>	42	7	15
VAN	Vandoise	<i>Leuciscus leuciscus</i>	23	92	19
CHE	Chevesne	<i>Squalius cephalus</i>	15	39	38
BRO	Brochet	<i>Esox lucius</i>	13	10	5
TAN	Tanche	<i>Tinca tinca</i>	10	35	2
ROT	Rotengle (nord)	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	8	90	7
ROT	Rotengle (sud)	<i>Scardinius hesperidicus</i>			
TRL	Truite	<i>Salmo trutta</i>	1	24	98
BAF	Barbeau	<i>Barbus barbus</i>	2	5	3
PCH	Poisson chat	<i>Ictalurus melas</i>	4	3	
CHA	Chabot	<i>Cottus gobio</i>	4		23
EPI	Epinoche	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	4		20
BLE	Blennie fluviatile	<i>Salaria fluviatilis</i>	3		54
OBL	Omble chevalier	<i>Salvelinus umbla</i>	6		
CCO	Carpe commune	<i>Cyprinus carpio</i>		10	
LOF	Loche franche	<i>Barbatula barbatula</i>			3
OBR	Ombre	<i>Thymallus thymallus</i>			11
Effectif total poisson			10662	12312	1340
Nombre d'espèces			20	17	19
Nombre d'espèces cumulées				21	23
OCL	Ecr. américaine	<i>Orconectes limosus</i>	2	2	0
PCL	Ecr. signal	<i>Pacifastacus leniusculus</i>	116	36	0

Une complémentarité
des protocoles

Tableau 3.1: Effectifs capturés par les trois protocoles appliqués entre le 5 et le 27 septembre 2012 sur le lac Léman. A noter que devant l'impossibilité de distinguer les différentes espèces sans analyse génétique, les genres *Coregonus* et *Scardinius* ont été respectivement regroupés.

Au regard du nombre d'espèces pêchées, mais également selon la composition des populations, les trois protocoles appliqués paraissent donc complémentaires.

Les pêches électriques, en particulier, révèlent l'importance des zones littorales (<1m) pour les petites espèces (loche, chabot, épinouche, blennie) et pour les espèces inféodées au cours d'eau (truite, ombre, barbeau). A noter que les barbeaux et les truites ont été non seulement pêchés proche de l'arrivée des tributaires, mais également à plusieurs reprises en plein lac. En revanche, les ombres n'ont été capturés qu'à l'embouchure de la Versoix.

Les pêches aux filets verticaux révèlent quant à elle la très forte densité de petites perches en zone pélagique (Figure 3.14). De tous les lacs échantillonnés, cette situation est la plus extrême.

*Une densité
exceptionnelle de
juvéniles de perche
en zone pélagique*



Figure 3.14 : Illustration de la forte densité des juvéniles de perches en zone pélagique du Léman.

Les corégones capturés n'ont pas été différenciés. Des analyses morphométriques et génétiques sont en cours pour déterminer la diversité de ce groupe. Néanmoins, *a priori*, il s'agit de palée (*C. palea*) du Lac de Neuchâtel.

Comme pour les lacs de Morat, Neuchâtel et Brenet (Périal et Vonlanthen 2012) le rotengle du sud (*S. hesperidicus*) a été recensé (Figure 3.15). Ici également, des analyses sont en cours pour différencier la proportion de chaque taxon ainsi que pour cerner leur origine génétique.

Une présence confirmée du rotengle du sud

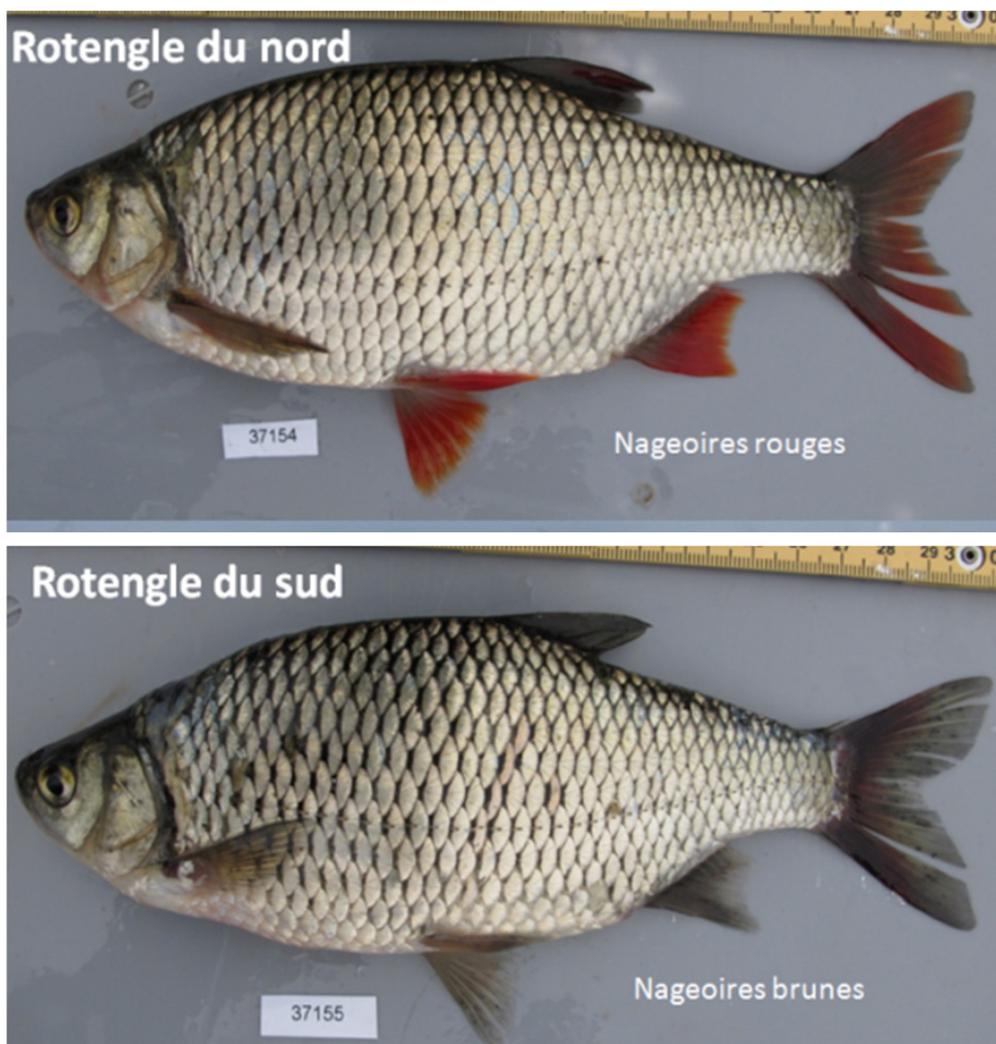


Figure 3.15 : Illustration comparative des robes des rotengles nord (en haut) et sud (en bas).

Un total de 23 espèces capturées

Au final, au stade d'avancement actuel des analyses, un total de 23 espèces a donc été capturé sur le lac Léman en septembre 2012 (Tableau 3.1).

Une collection de 473 poissons représentant ces 23 espèces a été constituée au Musée d'histoire naturelle de Berne (Tableau 3.2).

Espèce		Individus
Ablette	<i>Alburnus alburnus</i>	20
Barbeau	<i>Barbus barbus</i>	10
Blennie fluviatile	<i>Salaria fluviatilis</i>	13
Brème commune	<i>Abramis brama</i>	28
Brochet	<i>Esox lucius</i>	24
Carpe commune	<i>Cyprinus carpio</i>	7
Chabot	<i>Cottus gobio</i>	27
Chevesne	<i>Squalius cephalus</i>	29
Corégones	<i>Coregonus sp</i>	36
Epinoche	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	24
Gardon	<i>Rutilus rutilus</i>	42
Goujon	<i>Gobio gobio</i>	27
Loche franche	<i>Barbatula barbatula</i>	3
Lotte	<i>Lota lota</i>	30
Omble chevalier	<i>Salvelinus umbla</i>	3
Ombre	<i>Thymallus thymallus</i>	11
Perche	<i>Perca fluviatilis</i>	35
Poisson chat	<i>Ictalurus melas</i>	7
Rotengle (nord+sud)	<i>Scardinius sp</i>	26
Tanche	<i>Tinca tinca</i>	19
Truite	<i>Salmo trutta</i>	29
Vandoise	<i>Leuciscus leuciscus</i>	23
Total en collection	23 espèces	473

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

En outre, grâce au caractère standardisé des protocoles appliqués, il est possible de déterminer la précision des pêches réalisées en calculant les intervalles de confiance 5 et 95% (Tableau 3.3).

Espèce		min	moy	max	0,95	0,05	observé
Perche	<i>Perca fluviatilis</i>	5518,0	7547,4	10185,0	8740,3	6385,9	7556,0
Gardon	<i>Rutilus rutilus</i>	999,0	2144,3	3622,0	2903,1	1493,9	2140,0
Ablette	<i>Alburnus alburnus</i>	123,0	359,0	752,0	532,1	212,0	359,0
Goujon	<i>Gobio gobio</i>	89,0	252,6	488,0	364,0	149,0	251,0
Brème commune	<i>Abramis brama</i>	17,0	101,7	267,0	170,1	48,0	101,0
Corégones	<i>Coregonus sp</i>	13,0	38,9	65,0	53,0	27,0	39,0
Lotte	<i>Lota lota</i>	22,0	42,1	65,0	52,0	32,0	42,0
Vandoise	<i>Leuciscus leuciscus</i>	4,0	23,1	49,0	35,1	12,0	23,0
Chevesne	<i>Squalius cephalus</i>	2,0	15,1	36,0	24,0	7,0	15,0
Brochet	<i>Esox lucius</i>	2,0	12,9	33,0	21,0	5,0	13,0
Rotengle (nord+sud)	<i>Scardinius sp</i>	0,0	7,9	30,0	16,0	2,0	8,0
Tanche	<i>Tinca tinca</i>	1,0	10,1	23,0	16,0	5,0	10,0
Poisson chat	<i>Ictalurus melas</i>	0,0	4,0	20,0	12,0	0,0	4,0
Omble chevalier	<i>Salvelinus umbla</i>	0,0	6,0	19,0	12,0	1,0	6,0
Chabot	<i>Cottus gobio</i>	0,0	4,0	14,0	8,0	1,0	4,0
Epinoche	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	0,0	4,0	14,0	8,0	0,0	4,0
Blennie fluviatile	<i>Salaria fluviatilis</i>	0,0	3,0	10,0	7,0	0,0	3,0
Barbeau	<i>Barbus barbus</i>	0,0	2,0	8,0	4,0	0,0	2,0
Truite	<i>Salmo trutta</i>	0,0	1,0	5,0	3,0	0,0	1,0
Ecr. américaine	<i>Orconectes limosus</i>	0,0	2,0	8,0	5,0	0,0	2,0
Ecr. signal	<i>Pacifastacus leniusculus</i>	31,0	116,3	209,0	163,0	75,0	116,0

Tableau 3.3 : Intervalle de confiance 5 et 95 % des captures pour l'ensemble des filets CEN posés.

3.3.2 Evolution historique

Bien qu'aucun échantillonnage standard du lac Léman ayant pour dessein de déterminer la composition du peuplement ichtyologique n'ait été réalisé auparavant, force est de constater qu'un déficit en biodiversité peut être observé (Tableau 3.4).

Espèces	Code	1904	1991	2003	2012	2012	
		Forel	Pedroli et al	BAFU	ProjetLac	Pêche	
<i>Perca fluviatilis</i>	Perche	PER	1	1	1	1	
<i>Gymnocephalus cernua</i>	Grémille	GRE		<u>1</u>			
<i>Lepomis gibbosus</i>	Perche-Soleil	PES	<u>1</u>	<u>1</u>			
<i>Rutilus rutilus</i>	Gardon	GAR	1	1	1	1	
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Rotengle (Nord)	ROT	1	1	1		
<i>Scardinius hesperidicus</i>	Rotengle (Sud)	ROT			<u>1</u>		
<i>Cyprinus carpio</i>	Carpe	CCO	1	1	1		
<i>Carassius auratus</i>	Poisson rouge	CAA	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>		
<i>Carassius carassius</i>	Carassin	CAR		<u>1</u>	<u>1</u>		
<i>Tinca tinca</i>	Tanche	TAN	1	1	1	1	
<i>Abramis brama</i>	Brème commune	BRE		<u>1</u>	<u>1</u>		
<i>Alburnus alburnus</i>	Ablette	ABL	1	1	1	1	
<i>Gobio gobio</i>	Goujon	GOU	1	1	1	1	
<i>Barbus barbus</i>	Barbeau	BAF		<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	
<i>Squalius cephalus</i>	Chevesne	CHE	1	1	1	1	
<i>Leuciscus leuciscus</i>	Vandoise	VAN				<u>1</u>	
<i>Leuciscus souffia</i>	Blageon	BLN		<u>1</u>			
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	Spirilin	SPI	1	1	1		
<i>Phoxinus phoxinus</i>	Vairon	VAI	1	1	1		
<i>Salmo trutta</i>	Truite	TRF	1	1	1	1	
<i>Salmo salar</i>	Saumon	SAT	<u>1</u>				
<i>Salvelinus umbla</i>	Ombre chevalier	OBL	1	1	1	1	
<i>Salvelinus fontinalis</i>	Saumon de fontaine			<u>1</u>	<u>1</u>		
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Truite arc-en-ciel	TAC		<u>1</u>	<u>1</u>		
<i>Coregonus sp</i>	Corégones	COR		<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	
<i>Coregonus fera</i>	Féra	COR	1	disparu	disparu		
<i>Coregonus hiemalis</i>	Gravenche	COR	1	disparu	disparu		
<i>Coregonus maraena</i>	Grande Marène	COR	<u>1</u>				
<i>Coregonus albus</i>	White-Fish	COR	<u>1</u>				
<i>Thymallus thymallus</i>	Ombre	OBR	1	1	1	1	
<i>Ictalurus melas</i>	Poisson-chat	PCH		<u>1</u>	<u>1</u>		
<i>Esox lucius</i>	Brochet	BRO	1	1	1	1	
<i>Lota lota</i>	Lotte	LOT	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	
<i>Salaria fluviatilis</i>	Blennie fluviatile	BLE				<u>1</u>	
<i>Barbatula barbatula</i>	Loche franche	LOF	1	1	1	1	
<i>Gasterosteus sp</i>	Epinoche	EPI		<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	
<i>Cottus gobio</i>	Chabot	CHA	1	1	1	1	
<i>Anguilla anguilla</i>	Anguille	ANG	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>		
TOTAL espèces indigènes			18	16	16	14	5
TOTAL espèces introduites			<u>7</u>	<u>14</u>	<u>13</u>	<u>9</u>	<u>2</u>
TOTAL espèces décrites			25	30	29	23	7

Tableau 3.4 : Diversité piscicole décrite sur le lac Léman (Forel 1892, 1895, 1904), (Pedroli et al., 1991), (BAFU, 2003).

Dans le détail, Forel réalise un historique fouillé de la diversité des poissons présents ou ayant été observés dans le Léman jusqu'au début du 20^{ème} siècle (Forel 1892, 1895, 1904). Il conclut à une diversité historique de 18 espèces. A noter, qu'il ne considère pas la lotte, l'anguille, la brème et le barbeau comme espèces originelles.

Sur 18 espèces indigènes, 14 ont été répertoriées

Or, en 2012, seules 14 de ces espèces indigènes ont été inventoriées. Il manque à l'appel : le spirilin, le vairon et les deux formes de corégones indigènes (féra, gravenche), pour lesquelles les analyses génétiques en cours confirmeront ou non la disparition. Concernant le vairon, la capture d'un individu en 2010 sur la rive française (Raymond, com. pers.) est à signaler.

La situation du vairon et du spirilin apparaît préoccupante, comme sur la plupart des grands lacs périalpins par ailleurs. L'altération des affluents et du littoral en sont vraisemblablement la cause.

De plus, il est à relever que l'état des populations de truites et d'ombles sont contrastées. Pour la truite, la zone pélagique du Léman est une des plus denses de tous les grands lacs de plaine échantillonnés par le Projet lac. En revanche, l'omble chevalier est très faiblement représenté. Il en va de même de l'ombre, de la loche franche et même du chabot, qui est anormalement absent des grandes profondeurs.

Deux espèces invasives

Parallèlement, il est réjouissant de constater que sur les neuf espèces introduites, la plupart sont issues de bassins versants proches. Une espèce d'origine américaine (poisson chat) et deux espèces du sud (rotengle du sud et blennie fluviatile) ont toutefois pu être rencontrées. Concernant les écrevisses en revanche, les taxons locaux ont été remplacés par deux espèces d'outre atlantique (écr. signal et américaine).

En définitive selon l'inventaire 2012, le lac Léman a :

- 14 de ces 18 espèces indigènes encore présentes, avec une préoccupation concernant la densité faible observée de l'omble chevalier, de l'ombre et de la loche franche.
- 6 espèces introduites par des bassins versants proches (lotte, vandoise, brème commune, barbeau, épinoche, et, à confirmer, palée du lac de Neuchâtel)
- 2 espèces originaires du sud (rotengle du sud et blennie fluviatile)
- 1 espèce américaine (poisson chat) qui développe un noyau de population dans la réserve des Grangettes.
- 2 écrevisses d'outre atlantique (écr. signal et américaine) qui ont supplantées les taxons autochtones.

Au final, 3 espèces indigènes peuvent être considérées en situation critique (vairon, spirilin, omble) et 2 probablement disparues (féra et gravenche). A noter que contrairement à d'autres lacs de basse altitude, le Léman a conservé sa variété pisciaire originelle et n'a pas encore été envahi par de nombreux taxons allochtones.

3.3.3 Répartition spatiale

L'expression verticale des captures totales met en lumière une concentration des poissons entre 0 et 60 m de profondeur (Figure 3.12). En particulier, en dessus de la saturation en oxygène de la colonne d'eau.

Par ailleurs, dans la zone de 150 à 309 m, seule de la perche et de la lotte ont été capturées. Cette grande profondeur semble donc désertée à l'automne par les autres espèces indigènes décrites par Forel. En dessus, la zone pélagique est stratifiée par espèce: les juvéniles de perches ont un pic de densité vers 10 m de profondeur, les corégones à 20 m et les truites à 40 m.

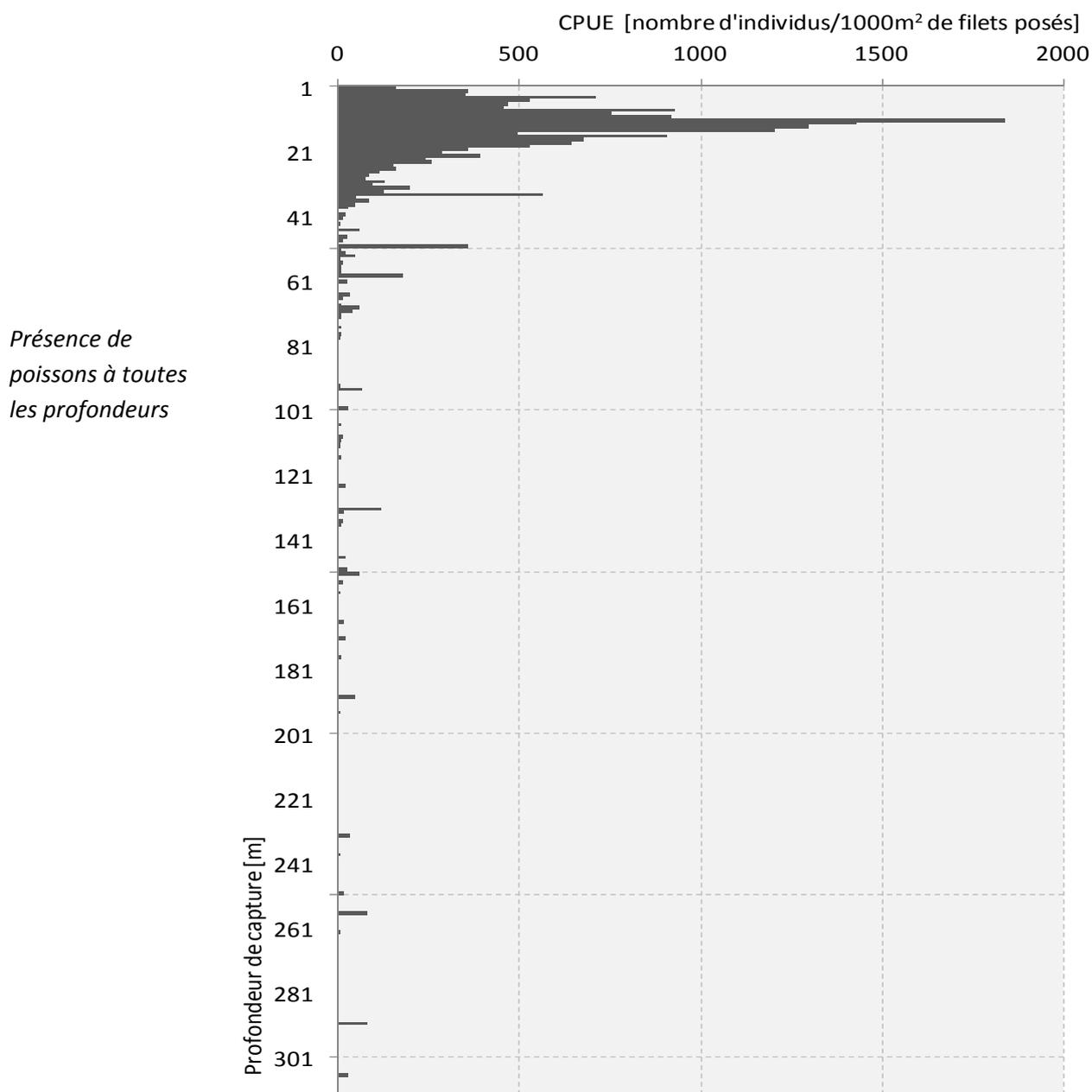
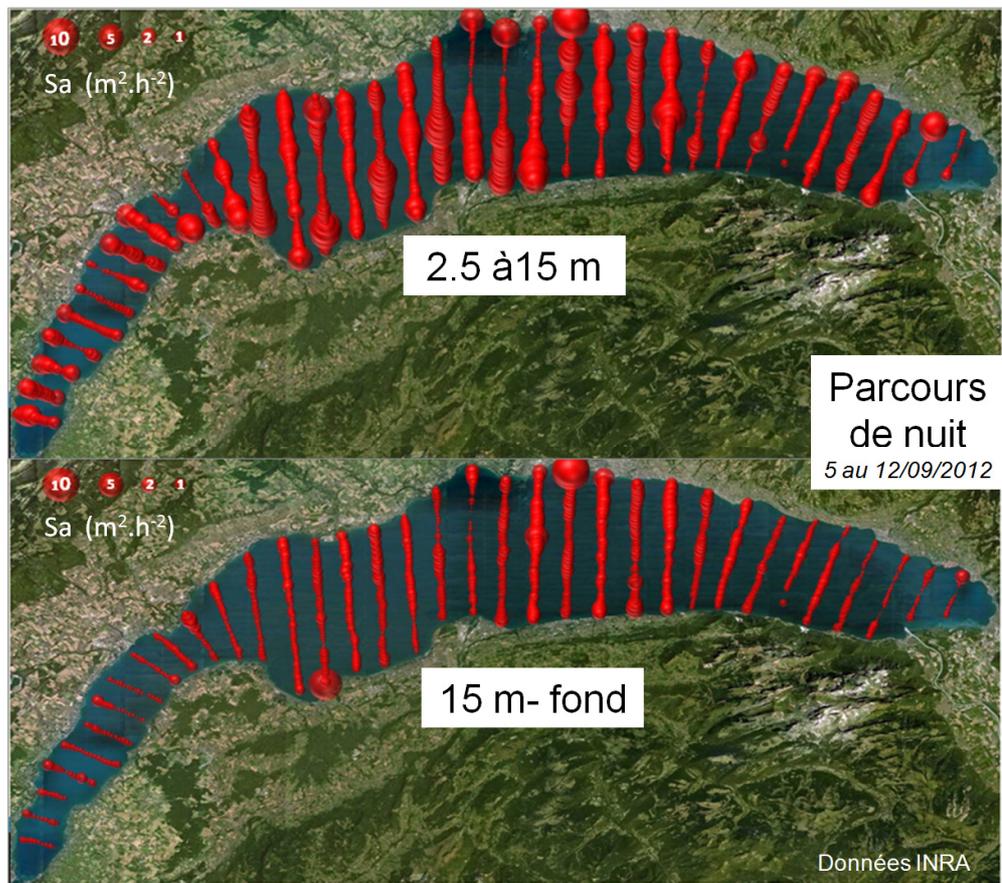


Figure 3.16 : Répartition verticale des captures tous protocoles filets confondus (CEN/Verti).

Cette distribution est confirmée par les analyses d'hydroacoustique qui montrent que les poissons, en zone pélagique, sont concentrés à faible profondeur, jusqu'à 15 m surtout (Figure 3.17). Cette situation est en outre spatialement uniforme.



Une situation actuelle différente à 1975

Figure 3.17 : Séquences d'échointégration de la couche supérieure (2.5m -15m) et de la couche inférieure (15m-fond) ($[Sa(m^2 \cdot ha^{-2})]$, Données INRA Colon & Guillard).

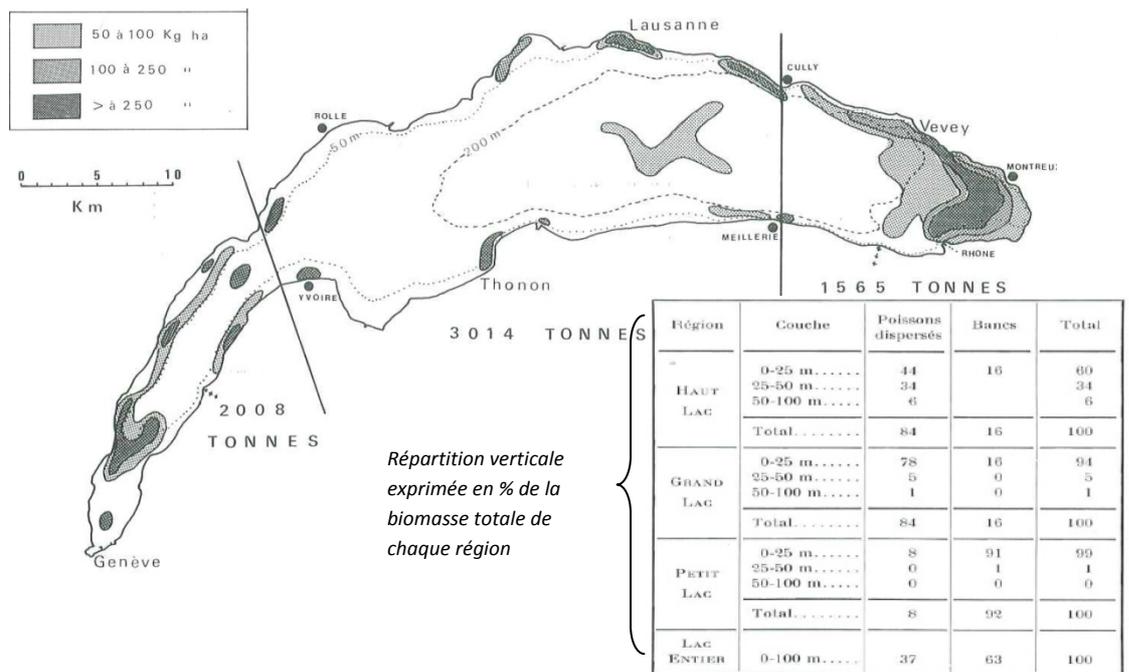


Figure 3.18 : Répartition des densités et biomasses observées lors de la campagne hydroacoustique du 7 au 10 octobre 1975 (Marchal 1977)

*Le centre du plan
d'eau à nouveau
colonisé*

Verticalement dans le colonne d'eau, la situation était identique en 1975 avec 60 à 99 % de la biomasse concentrée entre 0 et 25 m. En revanche, la répartition spatiale des poissons parmi le plan d'eau semble avoir évoluée. En 1975, la biomasse était très inégalement répartie puisque les zones à fonds inférieurs à 100 m l'abritaient à plus de 80 %. En outre, les poissons étaient concentrés le long des talus, en particulier sur le Petit lac (Marchal 1977).

Actuellement, force est de constater que la répartition est plus uniforme et homogène et que surtout la grande zone pélagique centrale n'est plus désertée (Figure 3.17).

D'un point de vue géographique à l'image de la truite et des corégones (Figure 3.19), la présence des espèces est assez uniformément répartie au travers du Léman.

Répartition également uniforme des poissons les plus communs

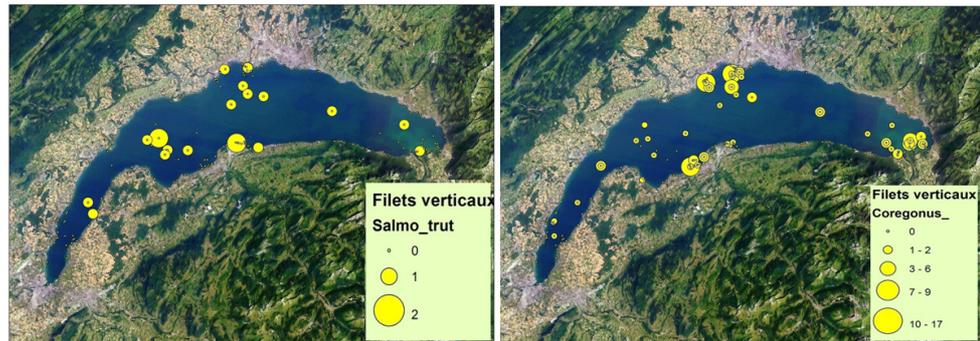


Figure 3.19 : Répartition géographique des captures de truites et de corégones par le protocole dit des filets verticaux.

Même la blennie fluviatile est présente sur tout le pourtour du lac (Figure 3.20). En revanche, le chabot semble inféodé à quelques affluents de la moitié ouest, le brochet essentiellement au Petit-lac et le poisson chat limité à la réserve des Grangettes.

Brochet lié à la présence de végétation dans le Petit lac

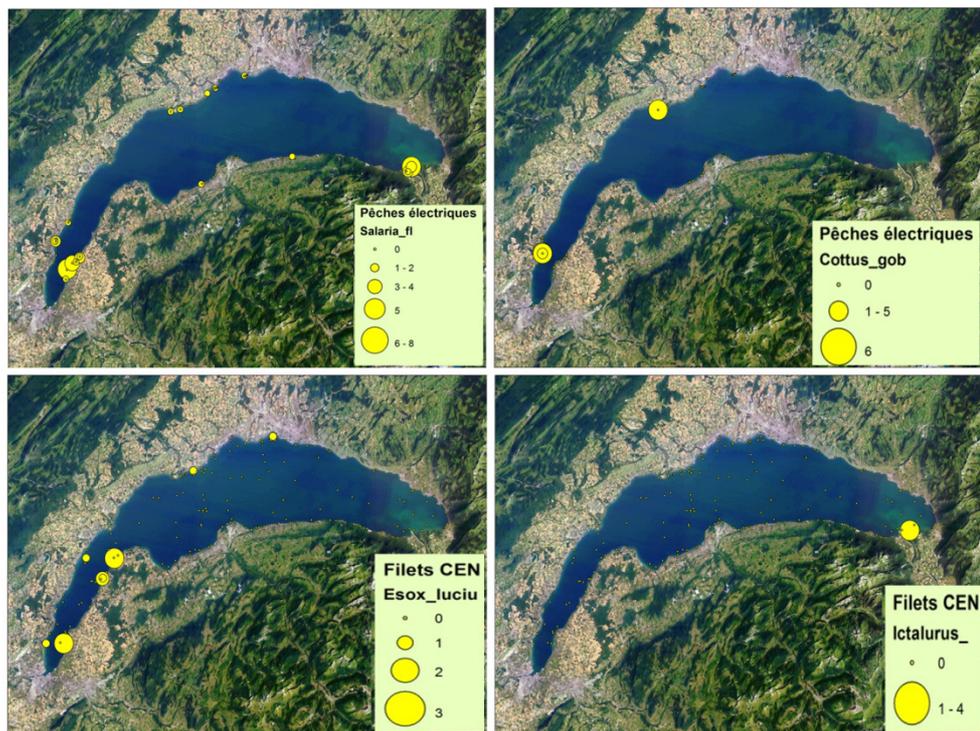


Figure 3.20 : Répartition géographique des captures de blennie fluviatile, de chabot, de brochet et de poisson chat.

3.3.4 Rôle des habitats

Affluent & végétation
= berceau de
biodiversité

Dans le détail, la distribution des espèces capturées dans le littoral met en évidence l'importance de la structure de l'habitat. En particulier, l'embouchure des affluents et la végétation vivace (hélophyte et hydrophyte) peuvent être considérées comme « le berceau de la biodiversité du lac ». On rencontre dans ces milieux, l'ensemble de la variété des espèces observées, sauf l'omble chevalier qui lui, n'a été capturé qu'en profondeur (Figure 3.21). A noter qu'en revanche, l'effluent, la rade de Genève, est particulièrement pauvre en variété d'espèces.

Espèce	Affluent		Effluent		Hélophyte		Hydrophyte		Branchage		Bloc		Galet		Galet & Gravier		Sable		Dalle		Fond nu		Bloc artificiel		Dalle artificielle	
	protocole	filet	elec	filet	elec	filet	elec	filet	elec	filet	elec	filet	elec	filet	elec	filet	elec	filet	elec	filet	elec	filet	elec	filet	elec	
<i>Perca fluviatilis</i>		172	1153	200	6	9	21	135	47	16		306	26	117	3	150	4	30	159	250		186	484	101	56	
<i>Rutilus rutilus</i>		100	156	10		19		120	66	16		89		28	6	92	145	20	85	92	100	93	210	208		
<i>Gobio gobio</i>		50	35				10	86		22		3	7	38	307	21	37	20		33		1	2			
<i>Alburnus alburnus</i>		25	93						5	537				5	6	9	29		12			3		30		
<i>Squalius cephalus</i>		20	76			9	15	9	2	16		9	7	18		6	29	10	24	10			20	6		
<i>Scardinius sp</i>		19				96	15	9	7	91		3				6				4		28	2	24		
<i>Tinca tinca</i>		10				3		15	5	5		6		8		18			24	4		6				
<i>Salmo trutta</i>		10	389			3	10			5		3								2			4			
<i>Cyprinus carpio</i>		3				9								3						10						
<i>Barbatula barbatula</i>			1											3		4										
<i>Coregonus sp</i>								3																		
<i>Cottus gobio</i>			85																							
<i>Esox lucius</i>			14			3	5		5			3						10		2						
<i>Thymallus thymallus</i>			14																							
Diversité autochtone (selon Forel, 1904)		13		2		9		9		8		8		8		8		5	5		9		8		6	
<i>Leuciscus leuciscus</i>		78	18			9		28	5			23		10		37	12	10	61	6		10		6		
<i>Abramis brama</i>		8	42			9	5	18	9	22	12	9		3		3	298	10		10		4	2			
<i>Barbus barbus</i>		5	3											3		6							2			
<i>Gasterosteus sp</i>			87						31																	
<i>Ictalurus melas</i>						6				5																
<i>Lota lota</i>			17							12		7														
<i>Salaria fluviatilis</i>			33				5	2		134		7		40		12						6		67		
Diversité allochtone (selon Forel, 1904)		6		0		4		4		4		4		4		4		2	1		2		4		2	
Diversité totale		19		2		13		13		12		12		12		12		7	6		11		12		8	

Donnée en CPUE 1000m² filets verticaux posés ou surface pêchée

Figure 3.21 : Répartition des captures par type d'habitats littoraux. (Méthode filets verticaux littoraux et pêche électrique)

3.4 Comparatif à d'autres lacs

3.4.1 Structure comparée des populations des espèces les plus communes.

Les cohortes sont proportionnellement bien équilibrées pour les corégones et les gardons. En revanche, la population de perche révèle une faible proportion d'individus âgés de plus de 1 an (Figure 3.22).

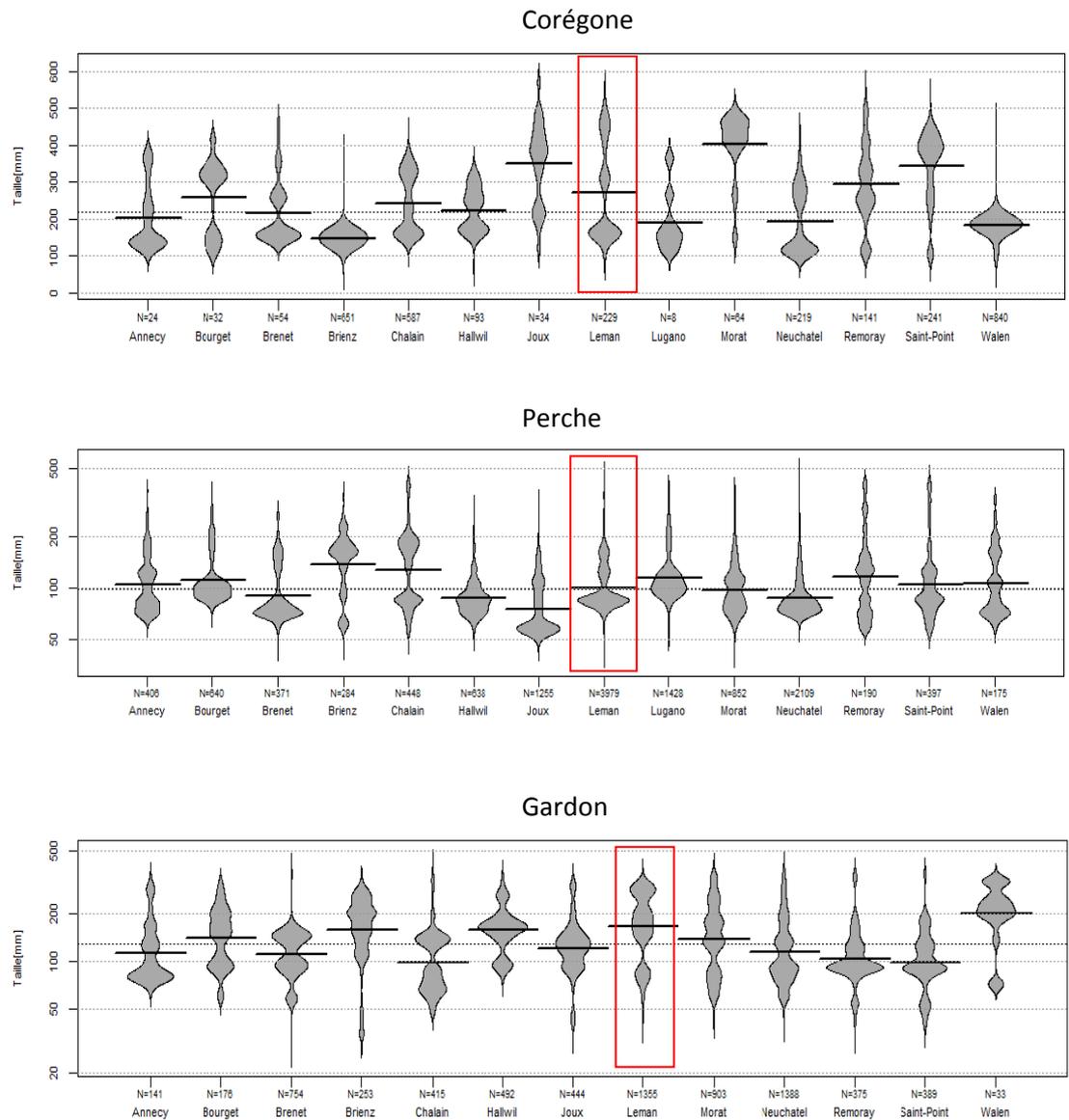


Figure 3.22 : Structure des populations comparées de quelques espèces les plus communes.

3.4.2 Rendement pêche comparé:

A titre de comparaison, selon le protocole CEN, le lac Léman possède une biomasse piscicole moyenne (Figure 3.23).

Un lac moyennement productif

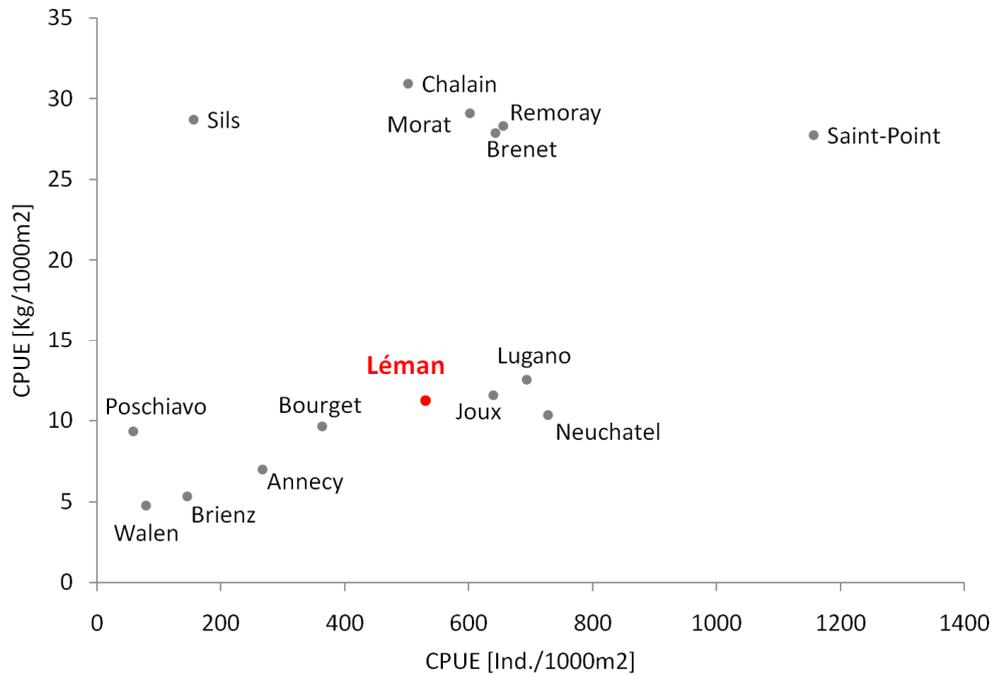


Figure 3.23 : Rendement de pêche comparés, toutes espèces confondues, en application du protocole CEN de la Directive cadre européenne sur l'eau (prEN14757, 2005).

Un lac dominé par la perche

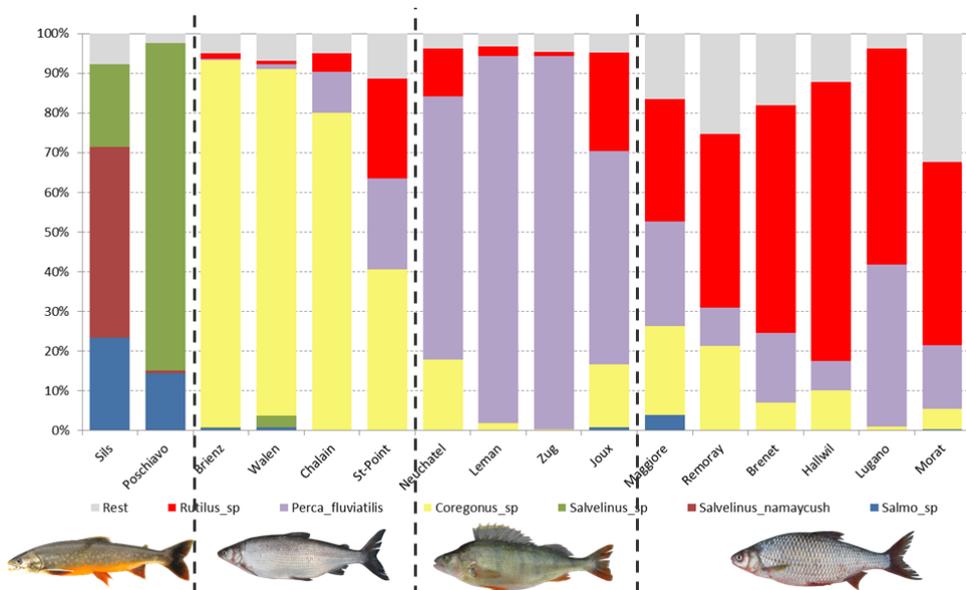


Figure 3.24 : Peuplements lacustres comparés à l'aide du protocole dit des filets verticaux, corrigés par la proportion dans le plan d'eau de chaque habitat (pôle d'attraction) présent.

D'un point de vue de la composition de son peuplement, le Léman peut être considéré actuellement comme un plan d'eau dominé par la perche (Figure 3.24).

3.5 Gestion halieutique

3.5.1 Situation actuelle

Les trois principales espèces capturées par les pêcheurs du Léman en 2012 sont le corégone, la perche et le brochet (Figure 3.26). Il est important de souligner que la statistique de la pêche ne distingue que 7 des 23 espèces dont la présence a été confirmée par l'échantillonnage pisciaire.

Seules 7 espèces déclarées

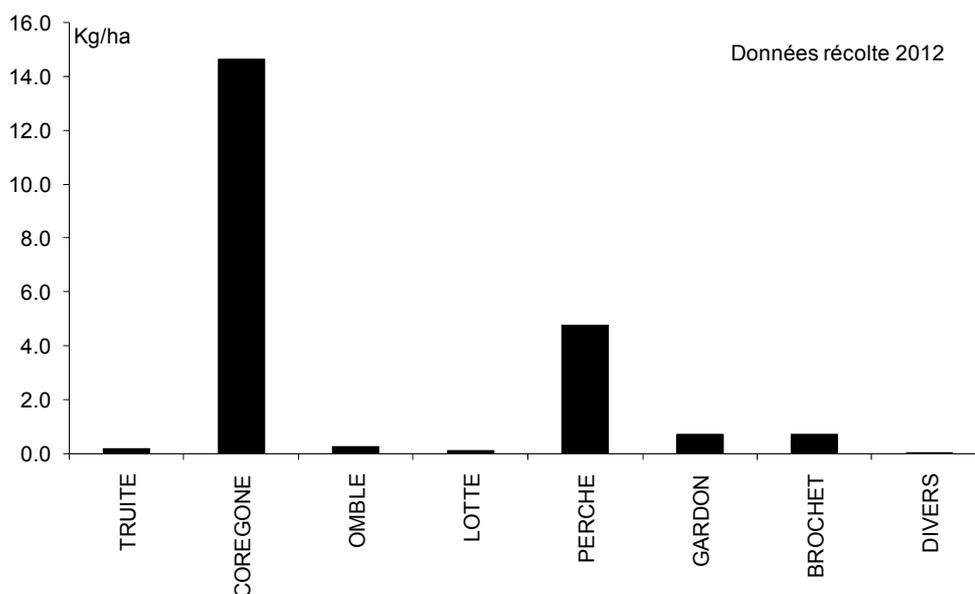


Figure 3.25 : Statistique halieutique pêche professionnelle et amateur cumulée du Lac Léman en 2012. (données PAP Léman)

A l'échelle d'autres grands lacs alpins du pays, les captures cumulées de la pêche professionnelle des espèces prisées restaient en 2011 à un niveau moyen (Figure 3.26). Précisons toutefois que la variation de pression de pêche d'un lac à l'autre est inconnue et qu'en conséquence, ces chiffres sont à considérer avec réserve.

Une récolte de pêche moyenne à l'échelle nationale

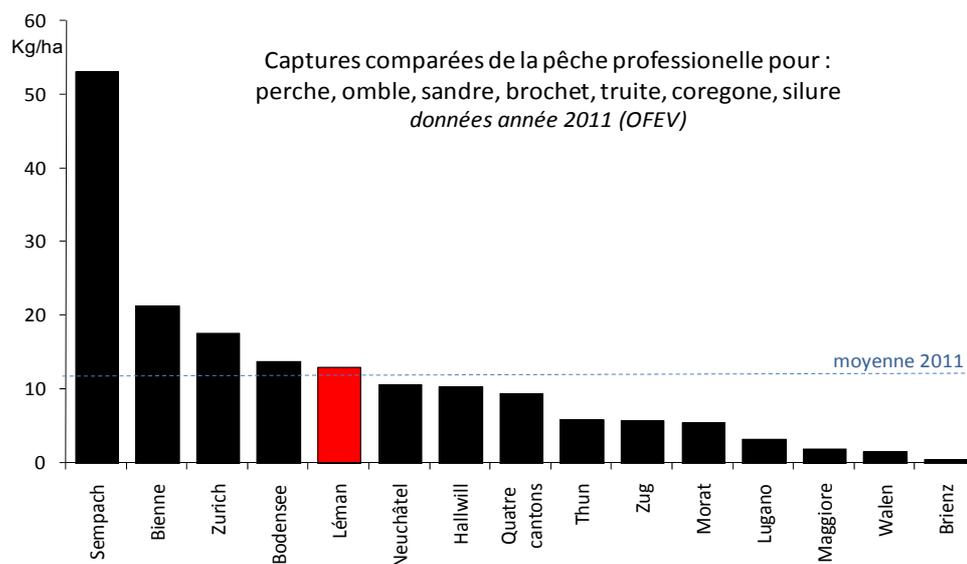


Figure 3.26 : Statistiques halieutiques comparées des lacs en 2011 pour les espèces les plus recherchées sur territoire suisse. (Données Cantons & OFEV).

3.5.2 Situation historique

Selon les données disponibles, la récolte de la pêche a atteint son apogée à la fin des années 70 (Figure 3.27). La tendance actuelle déjoue toutefois toutes les statistiques. La teneur en phosphore n'est donc pas mécaniquement corrélée à la quantité de poissons prélevée par la pêche.

Une récolte de pêche pas forcément corrélée à la charge en phosphore

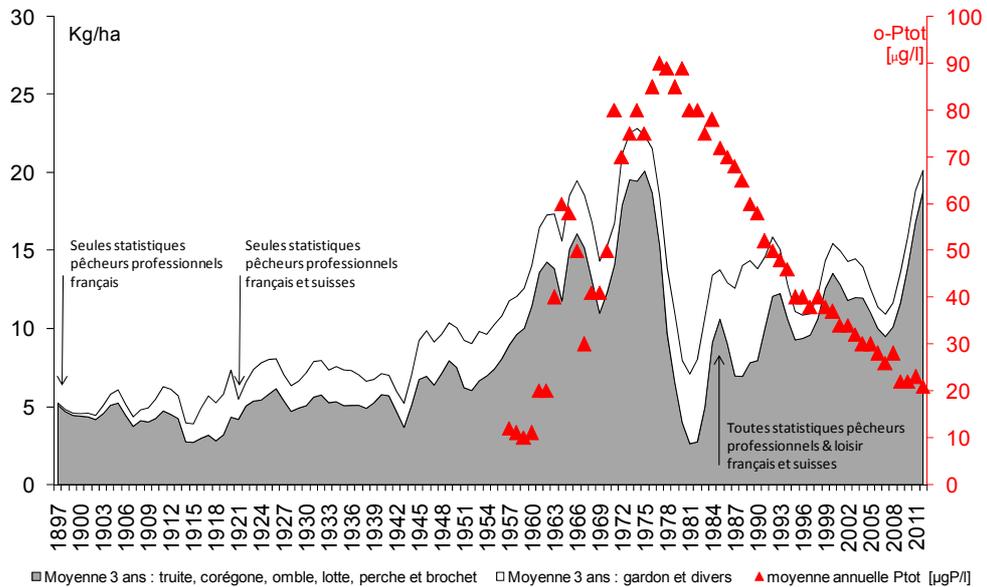


Figure 3.27 : Evolution des statistiques halieutiques (pêche de loisir et professionnelle cumulée) du Lac Léman (données PAP Léman / CIPEL).

Le détail des captures met en lumière trois périodes distinctes (Figure 3.28):

- en début et à la fin des fortes teneurs en phosphore, la perche constituait l'essentiel du panier du pêcheur.
- au paroxysme de la pollution, le gardon avait pris des proportions fortes dans la récolte de pêche
- actuellement, le corégone supplante de loin toutes les autres espèces capturées.

Un effort de pêche inconnu

Cependant, les variations d'efforts de pêche au fil du temps n'étant pas connues, il convient également de considérer ces diverses tendances avec réserve. Néanmoins, le lac à salmonidés (corégones, truite et omble) décrit par Forel et ses contemporains (Forel 1892, 1895, 1904) semble "reprenre des couleurs". A l'exception de l'omble chevalier dont les captures sont redescendues à un bas niveau ces dernières années (Figure 3.29)

De nombreuses variations de récolte de pêche

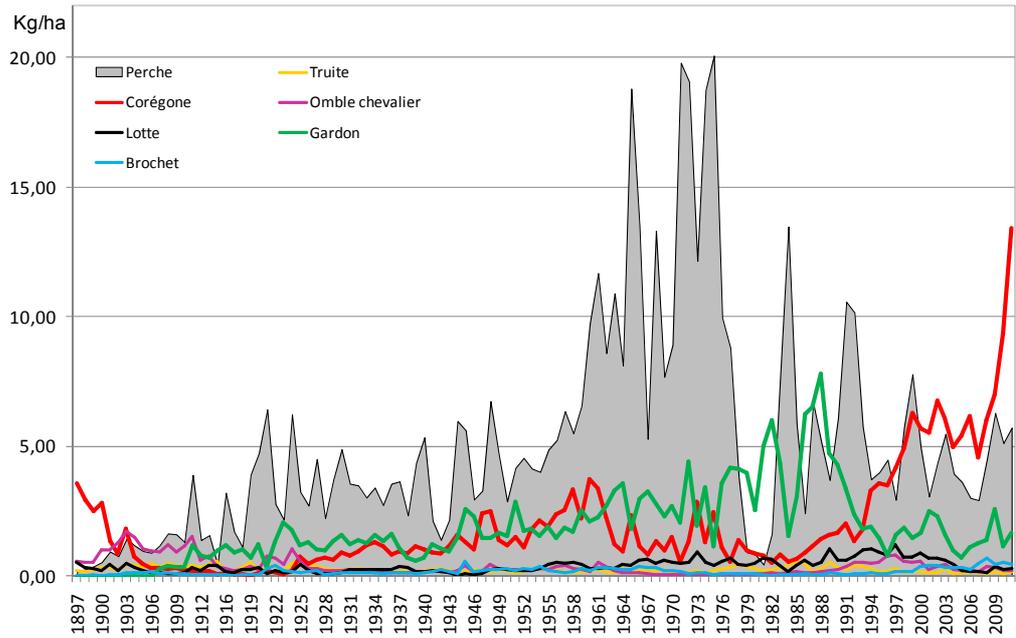


Figure 3.28 : Evolution de la récolte des principales espèces capturées par la pêche dans le Léman (données PAP Léman).

Une baisse ancienne des captures d'omble chevalier

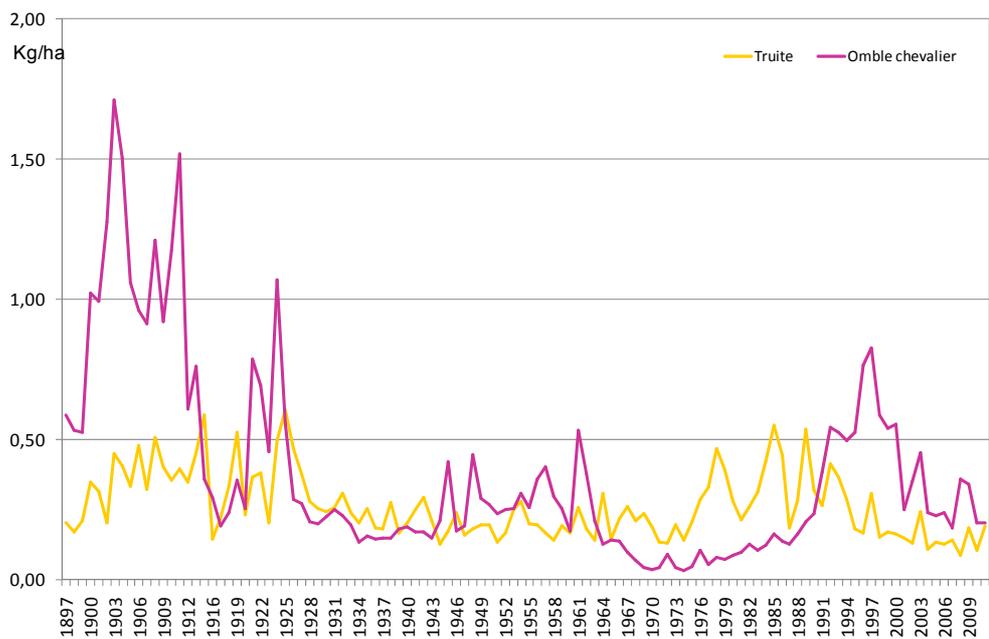


Figure 3.29 : Détail de l'évolution de la récolte des truites et des ombles chevalier par la pêche dans le Léman (données PAP Léman).

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 septembre 2012 révèle le caractère très sélectif de la pêche. Les corégones constituent l'essentiel des captures des pêcheurs professionnels et la perche semble sous exploitée.

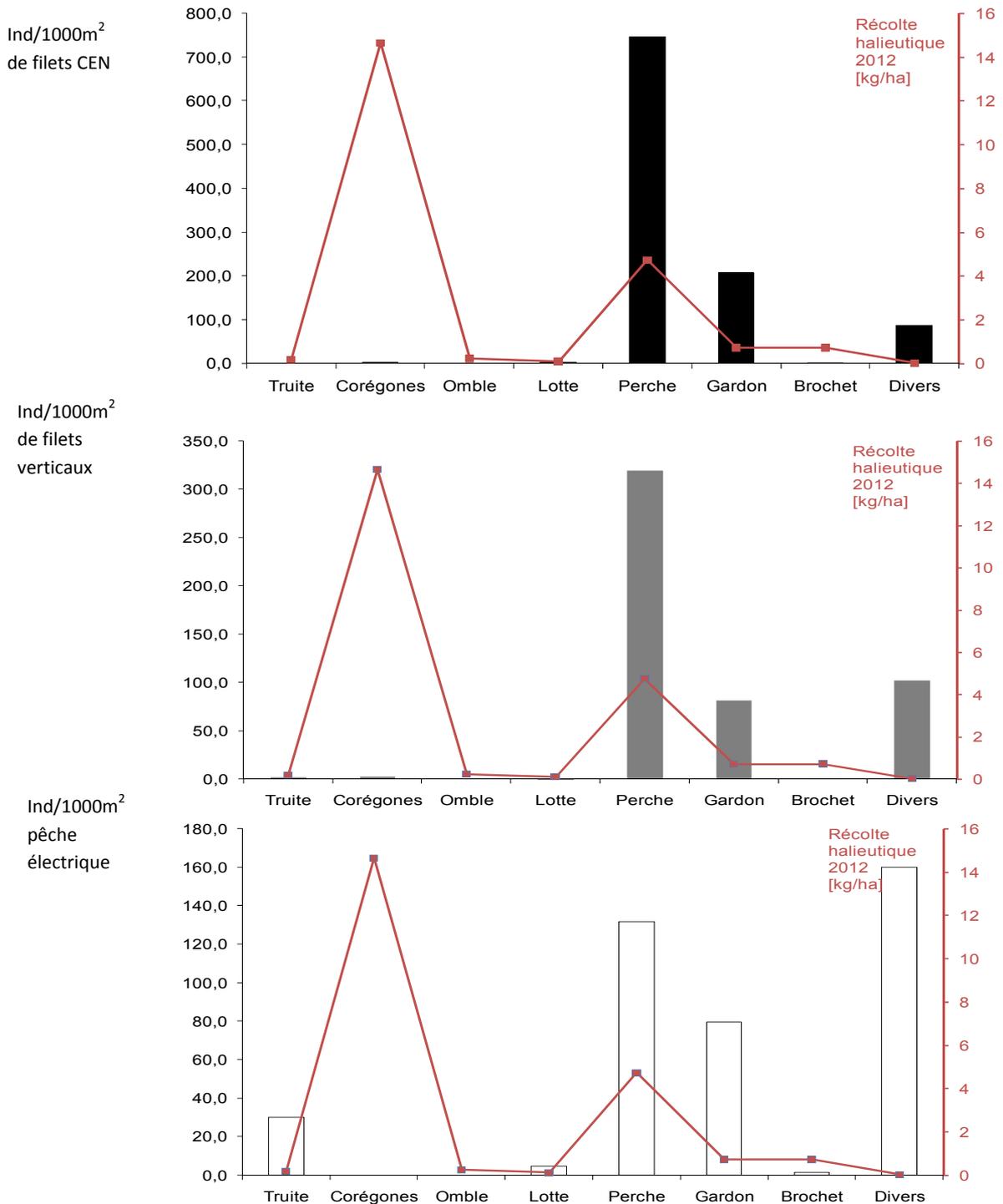


Figure 3.30 : Estimation des proportions relatives de chaque espèce en 2012, déterminée à partir des trois protocoles d'inventaire réalisés et comparée à la récolte halieutique déclarée en 2012 (pêche de loisir, professionnelle, suisse et française cumulées, données PAP Léman).

Malgré cette pression de pêche très ciblée, la législation en vigueur ne semble pas avoir une influence sur la structure des populations. En effet, grâce aux filets multi-maillages utilisés (5 à 60 mm) au sein du Projet Lac, les captures de chaque maille pour les espèces les plus communes et à chaque taille d'individu peuvent être connues (Figure 3.31).

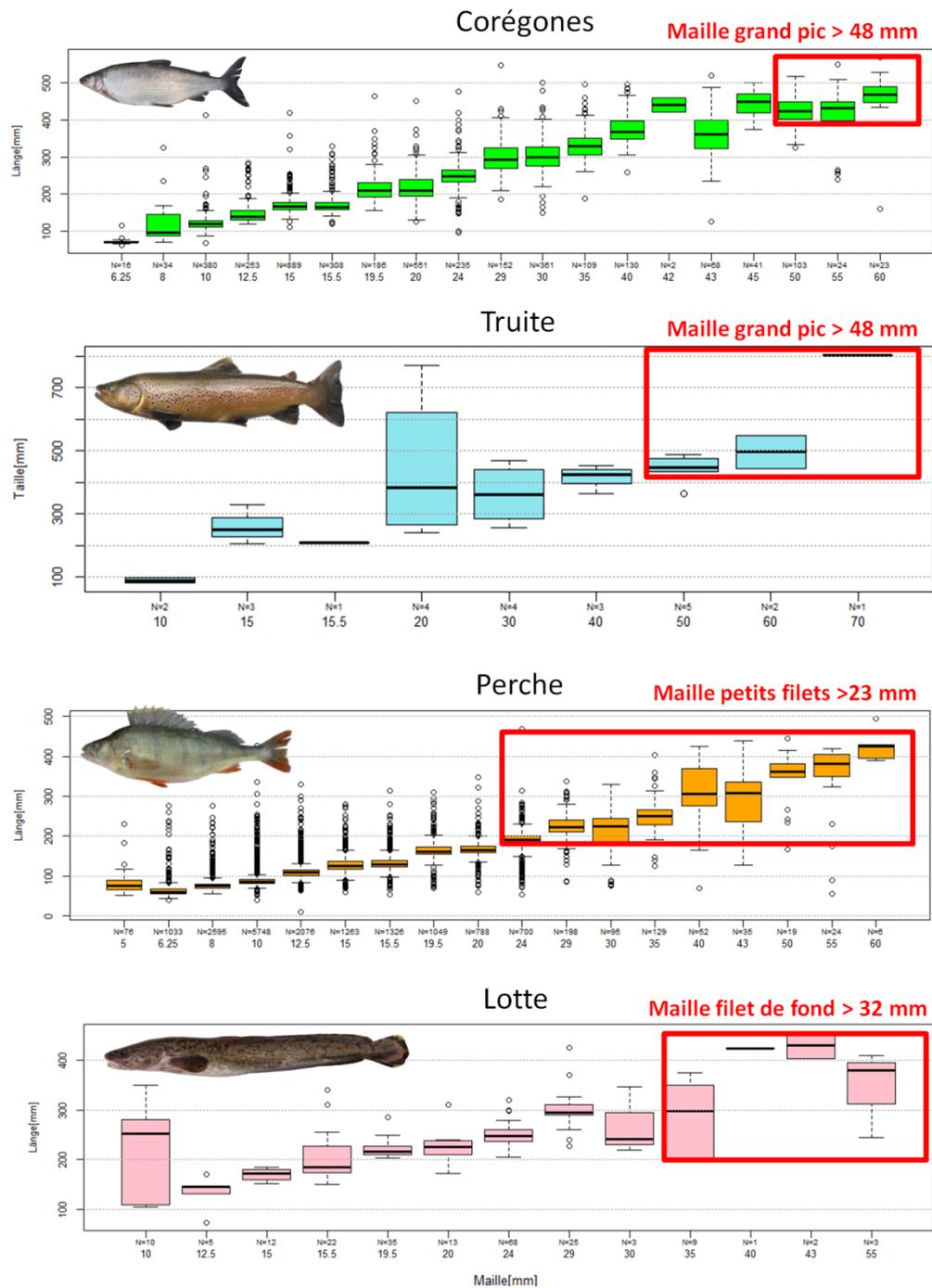


Figure 3.31 : Taille des individus capturés au sein du Projet Lac en fonction des mailles de filets utilisés.

Il est donc possible de vérifier si la pression de pêche effectuée par les professionnels avec des mailles supérieures à 23 mm a un impact sur la structure des populations.

Aucun impact direct sur les structures de populations

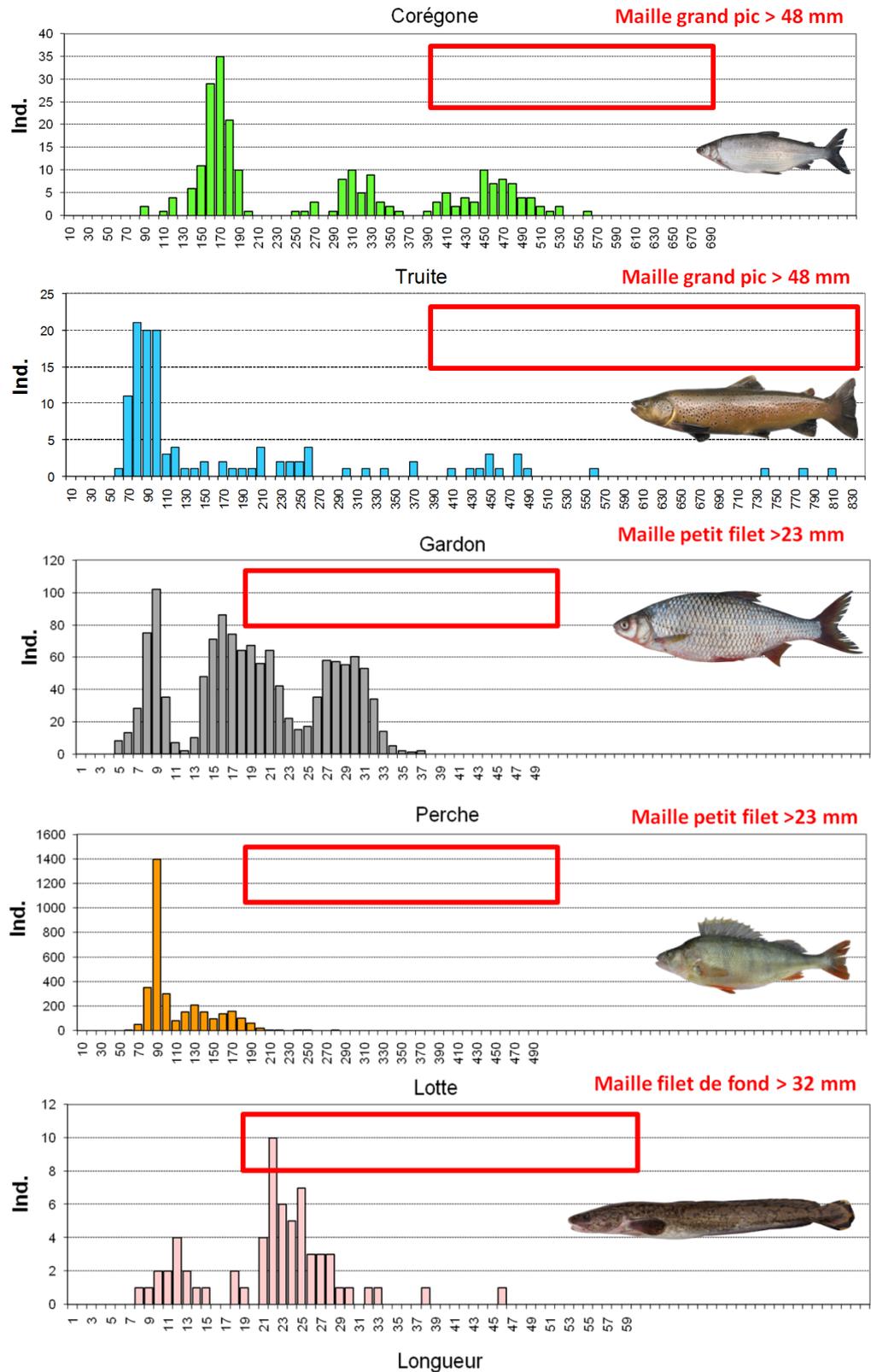


Figure 3.32 : Répartition de chaque classe de taille pour chaque espèce en sur le Léman en 2012 déterminée à partir des pêches aux filets CEN et verticaux.

*Une exploitation
a priori durable*

Or, il apparaît qu'aucune relation directe ne peut être réalisée. A l'inverse, pour la perche, la plupart des individus ne sont pas capturés car trop petits pour se mailler dans les filets des professionnels. Au Léman, ce sont les perches de plus d'un an (de taille supérieure à 150 mm) qui sont traditionnellement exploitées et travaillées pour être vendues sous forme de filets.

Parallèlement, les corégones subissent bel et bien une pression de pêche dès 40 cm, mais conservent une structure de population équilibrée. Il est encore important de préciser que pour les espèces communes (perches, corégones, truite, gardon, lotte), le recrutement semble fonctionnel. Ainsi la densité d'adultes et le déroulement correct de la reproduction dans le plan d'eau paraissent actuellement suffisants pour renouveler les populations, ou à défaut, les actions de repeuplement réalisées s'y substituent (Champigneulle 2012). En définitive, en l'état, l'exploitation des stocks est, *a priori*, durable.

Néanmoins, le devenir de la population d'omble chevalier est préoccupant. Les résultats du présent inventaire dévoilent que cette espèce est en faible densité alors que l'intérêt de la pêche pour ce poisson est important. Parallèlement, les travaux récents de marquage (Champigneulle 2012) ont montré que la récolte de pêche était fortement liée aux activités de rempoissonnement. Ainsi, la productivité naturelle du Léman en omble chevalier semble perturbée, tout en étant soumise à un intérêt économique certain. La pérennité de l'omble sauvage du Léman pourrait en conséquence être en danger.

4 Synthèse et Conclusion

4.1 Diagnose écologique

Une diversité indigène encore présente

En 2012, Le lac Léman possède encore la plupart des espèces originelles décrites par la littérature. Néanmoins, certains taxons se sont raréfiés ou auraient disparu. En effet, malgré près de 900 actions de pêche, aucun individu de spirilin et de vairon n'a pu être capturé. Et moins de dix exemplaires de loche franche et d'omble chevalier ont été échantillonnés. D'une manière générale, les poissons inféodés au cours d'eau sont peu nombreux au sein du plan d'eau, à part la truite dont l'abondance observée est ici une des plus fortes de tous les lacs de plaine échantillonnés par le Projet lac. De plus, les grandes profondeurs apparaissent quasiment désertées en période de stratification. Malgré 9877 m² de filets posés dans l'hypolimnion profond (tout protocole confondu), seuls 42 individus ont été capturés entre 150 et 309m. Il s'agissait exclusivement de perche et de lotte.

Une situation actuelle encore problématique

Cette situation est similaire à celle observée en 1975 par hydroacoustique (Marchal 1977) : les poissons sont concentrés sur la partie supérieure de la colonne d'eau, en particulier dans la zone saturée en oxygène. Cependant spatialement, la situation semble s'être améliorée depuis cette époque polluée. Le centre du lac est à nouveau habité. La composition du peuplement diffère néanmoins des descriptifs du 19^{ème} siècle réalisés par Forel et ses contemporains (Fatio 1890, Forel 1892, 1895, 1904). Le Léman est aujourd'hui dominé par la perche alors que jadis le corégone, l'omble et la truite constituaient une majorité.

Les causes les plus probables à ce constat sont les suivantes :

- **Une atteinte au fonctionnement du plan d'eau et au changement des pratiques de la pêche au début du 20^{ème} siècle** : l'après première guerre correspond à la disparition de la gravenche et de la féra dans le Léman (Büttiker 2005), attribuée à l'époque à un problème de surpêche (Laurent 1972). Au même moment, force est de constater que les captures d'ombles ont également diminué grandement. La désertion de la zone profonde semble donc dater de cette époque. Un changement important du plan d'eau a dû vraisemblablement intervenir. La modernisation des forces hydrauliques à Genève en 1890, les premières atteintes aux affluents par des travaux de génie civil, la construction des premiers barrages, la transmission de pathogènes issus des pratiques de pisciculture ou encore une contamination toxique liée ou non au conflit se sont certainement additionnées à la problématique de surpêche décrite et causée par l'invention du grand filet dit "pic" à la fin du 19^{ème} siècle (Forel 1892, 1895, 1904). Des témoignages d'époque relatent, par ailleurs, qu'épisodiquement beaucoup de corégones s'échouaient moribonds sur les plages et pouvaient facilement être capturés (B. Vauthier, com. pers.). Hiérarchiser quels sont les dysfonctionnements responsables de cet état de fait est aujourd'hui difficile. Cependant, le constat est clair, le Léman a perdu, au cours du 20^{ème} siècle, son statut de lac à salmonidés.

Une première atteinte en début du 20^{ème} siècle

*Une qualité d'eau
toujours
préoccupante*

- **Une dégradation de la qualité des eaux** : dès 1950, la pollution organique grandissante a favorisé le développement de la perche, puis des cyprinidés. De plus, une désoxygénation récurrente des fonds est apparue (Lazzarotto 2013). Les poissons se sont concentrés en surface et sur les talus. La zone pélagique centrale a été progressivement désertée (Marchal 1977). La situation actuelle est meilleure mais demeure problématique : la colonne d'eau perd vite de la saturation en oxygène, et des phases de faible oxygénation des grands fonds sont toujours observées. La charge organique actuelle est donc encore trop forte. De plus, le plan d'eau souffre de l'augmentation d'autres substances polluantes (nitrate, micropolluants, etc.) (Ortelli 2011). La mauvaise qualité d'eau peut donc être tenue en partie responsable des changements intervenus au sein du peuplement de poissons.

*Un littoral
artificialisé*

- **Une intégrité physique du littoral affectée** : Actuellement, 70 % des rives du Léman sont artificialisées, soit renforcées (béton, palplanches, ...), soit consolidées avec des cordons de blocs de protection. Cette atteinte a forcément affecté les espèces du littoral et les zones de frayère privilégiées, que l'on trouve sur le rivage.

*Processus de
réajustement
engagé*

En définitive, l'industrialisation s'additionnant à la surpêche de la fin du 19^{ème} siècle, la forte pollution organique des années 1950 à 1980 et l'artificialisation progressive des rives sont les principales causes de perturbation du peuplement pisciaire du lac Léman. A présent, le plan d'eau semble se réajuster petit à petit en termes de charge en phosphore. Néanmoins, la situation n'est pas encore optimale et d'autres soucis de qualité d'eau demeurent. Par chance, le faible nombre d'espèces invasives observées laisse l'espoir d'un retour progressif à la normale.

4.2 Exploitation halieutique

*Projet lac =
données
standardisées*

Avant toute chose, il est important de préciser que malgré plus de 890 actions de pêche, les prélèvements de poisson (842 kg au total) sont infimes par rapport à la récolte halieutique déclarée en 2012 (1192 tonnes). Cette technique pertinente d'échantillonnage multi-protocolaire est donc supportable pour le peuplement lacustre et procure des résultats reproductibles, qui auront l'avantage de constituer un outil de gestion essentiel. Une base de données, unique en Suisse, permettra à terme de mener à bien un suivi de la qualité des plans d'eau, à partir de leur ichtyofaune. La valeur de cette information est donc supérieure à celle issue des statistiques de récolte de pêche non standardisées et toujours biaisées par des intérêts économiques.

*Une récolte
actuelle qui
reste moyenne*

Toutefois, les chroniques halieutiques ont le mérite de constituer les seuls témoins chiffrés de l'évolution des espèces cibles de la pêche. Or, historiquement, le Léman était prisé pour ses salmonidés : corégone, truite, omble chevalier. Cependant au 20^{ème} siècle jusqu'au paroxysme de pollution organique, la perche devint le poisson le plus capturé. Ensuite sur une courte période, on pêcha beaucoup de gardons et finalement depuis les années 2000, les corégones, pour lesquels la pêche est actuellement toujours en forte croissance. Cependant, à l'échelle nationale la récolte globale du Léman reste moyenne.

Il est encore intéressant de constater que les proportions de poissons dans le panier des pêcheurs ne sont pas forcément représentatives du peuplement en place. Par exemple, alors qu'en 2012 le corégone constitue de loin la biomasse majoritaire pêchée, ils sont supplantés en nombre par la perche, dont les alevins pullulent en zone pélagique en période estivale. Enfin, la pêche concentre son intérêt sur des espèces économiquement intéressantes. Ainsi, bien que le brochet et le gardon soient capturés en même quantité dans le plan d'eau, leur densité est différente. Il est donc important de considérer avec réserve les statistiques de la pêche pour statuer sur l'état de conservation d'une population. Et ce, d'autant plus, que l'effort de pêche n'est pas précisément renseigné, ce qui est par ailleurs le cas sur le Léman.

*Une pêche
durable*

Enfin, il est à signaler qu'aucun impact de la pêche sur la structure des populations de poissons ne peut être clairement relevé. En conséquence, la pêche semble durable et n'affecte apparemment pas le développement des espèces les plus communes.

4.3 Conclusion

*Projet Lac versus
statistique de pêche
= observations
cohérentes*

Des similitudes entre les enseignements mis en évidence par le Projet Lac et les hypothèses pouvant être émises par l'analyse des captures sont à relever :

- un changement est intervenu à l'époque de la première guerre mondiale au sein du plan d'eau.
- les espèces inféodées aux grandes profondeurs se sont raréfiées depuis plus d'un siècle. En particulier, si les actions de repeuplement semblent avoir donné une bouffée d'oxygène à l'omble chevalier dans les 1990, force est de constater aujourd'hui que sa récolte est retombée à un très bas niveau malgré la relative constance du soutien (Champigneulle 2012).
- la forte pollution organique a favorisé la perche, puis les cyprinidés au détriment des salmonidés.
- Actuellement, le Léman a l'air de s'améliorer : le corégone est redevenu la première espèce capturée et le centre du plan d'eau est à nouveau peuplé. Néanmoins, globalement les rendements de pêche demeurent moyens à l'échelle nationale.

*Une qualité d'eau
qui reste
problématique*

En conclusion, bien que l'artificialisation des rives à 70 % ait assurément une part de responsabilité, la qualité d'eau joue un rôle primordial sur l'état de conservation du peuplement pisciaire du Léman. Juguler la pollution organique était un bon objectif initial qui n'est que partiellement atteint : reste aujourd'hui à identifier les polluants émergents, quantifier leurs effets et rechercher des solutions pour les réduire.

5 Perspectives :

5.1 Recommandations environnementales

*Une restauration
du littoral à
engager*

Il convient en toute logique de poursuivre, voire d'intensifier les efforts en matière d'épuration et de limitation des intrants d'origine agricole, industrielle et domestique, afin que le lac tende à retrouver sa qualité d'eau d'antan, mais aussi pour que la faible oxygénation récurrente des couches profondes soit enrayerée. Parallèlement, la sauvegarde et la restauration morphologique des zones littorales doivent débiter. Il est grand temps de prendre conscience de l'importance de la ceinture d'habitats littoraux structurés pour les écosystèmes lacustres. La rade de Genève semble en particulier souffrir de son artificialisation. L'embouchure des affluents, les hélophytes et les hydrophytes sont à prioriser, car ils constituent le berceau de la biodiversité pisciaire du lac. Cette politique devrait également inclure une réflexion sur la pertinence de l'automatisation métronomique actuelle du régime hydrologique et ses effets sur l'écosystème. Elle pourrait, par exemple, être couplée aux projets nationaux de revitalisation qui sont en cours de développement sur les cours d'eau.

5.2 Recommandations halieutiques

Il est nécessaire de préciser que l'objectif premier de cette étude sur le peuplement pisciaire du lac Léman n'a pas de vocation halieutique. Cependant, il appert que l'exploitation actuelle semble durable. Néanmoins, afin de profiter de l'immense stock de perchettes présent en plein lac, une piste en faveur d'une modification de réglementation pourrait être suivie. Cette dernière n'engage que les auteurs de l'étude et devra, pour autant qu'elle soit retenue par les gestionnaires, être discutée en détail avec les instances de la pêche.

La pêche des jeunes perches pourra être à promouvoir

Il s'agirait de favoriser le prélèvement des perches dès les plus jeunes stades. La perte de biomasse pour la récolte halieutique, issue des mortalités récurrentes des juvéniles intervenant généralement durant leur premier hiver, serait ainsi réduite tout en limitant la pression de pêche sur les adultes. La robustesse des populations s'en trouverait vraisemblablement améliorée. De plus, les poissons à croissance lente ne seraient plus autant favorisés. Dans les faits et compte tenu des gradients de captures calculés (Figure 5.1), une maille de filet entre 9 et 11 mm pourrait être suggérée. Elle permettrait d'attraper les perchots de l'année au fil des saisons. Ce transfert partiel de pression de pêche assurerait aussi une meilleure stabilité des rendements d'une année à l'autre.

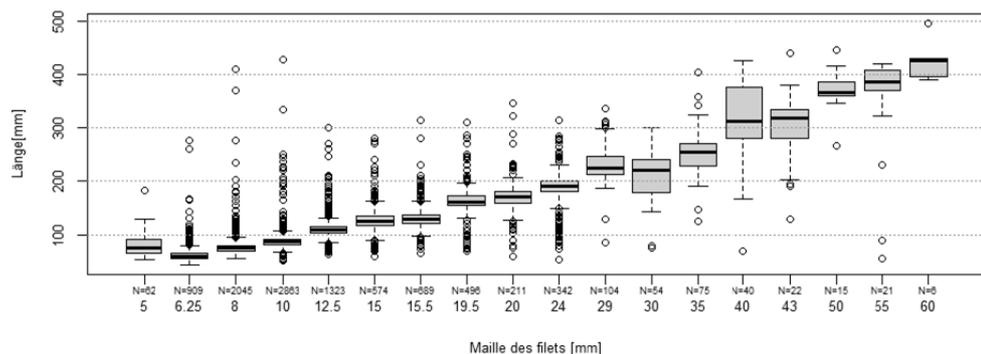


Figure 5.1 : Gradient de taille de captures pour chaque maille de filet calculé pour la perche.

Enfin, comme c'est le cas sur plusieurs plans d'eau helvétiques, il serait fort utile d'intégrer une estimation précise de l'effort de pêche aux statistiques de capture. Cette valeur précieuse permettrait de calculer des CPUE qui nous renseigneraient d'avantage sur l'évolution des stocks des espèces recherchées par les pêcheurs. Cette réflexion est d'ores et déjà engagée pour l'effort de pêche concernant le coregon et mériterait d'être étendue à d'autres espèces.

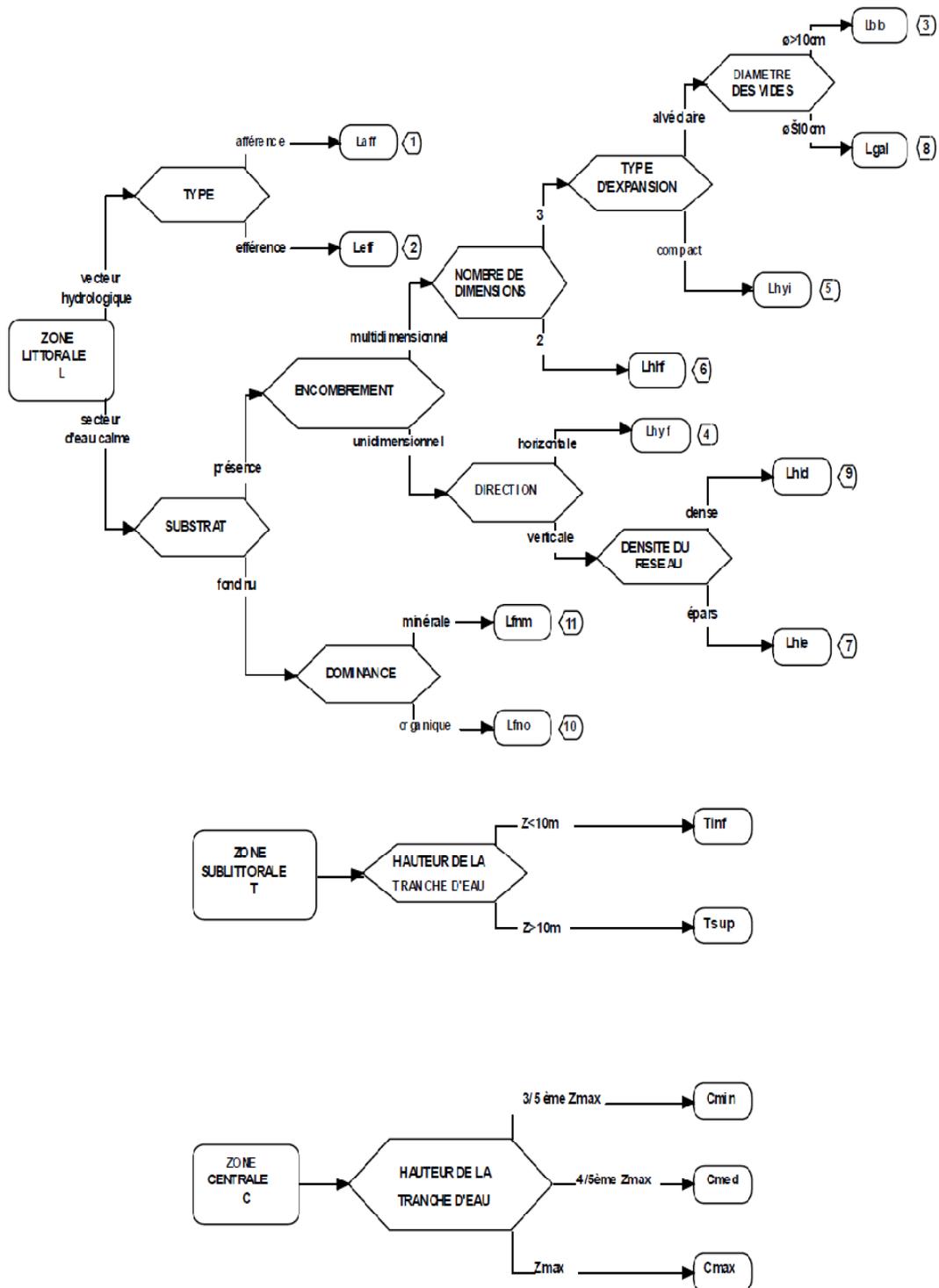
6 Bibliographie

- Aquaplus (2010). Etude de la végétation macrophytique du Léman. CIPEL: 48 p. + annexes.
- Bolard, A. (2010). Evaluation des capacités biogènes de la zone littorale du lac Léman (74) : des mosaïques d'habitats aux communautés benthiques et piscicoles.
- Büttiker, B. (2005). "Evolution de la faune piscicole et astascicole, ainsi que de la pêche dans le Lac Léman." *Archive des sciences* 58: 183-192.
- Champigneulle, A. (2012). "Projet franco-suisse «truite-omble-corégone » au Léman. Rapport Final." Commission internationale de la pêche dans le Léman.
- Degiorgi, F., Raymond, J.C, Grandmottet, J-P, et Rivier B. (2001). Echantillonnage de l'ichtyofaune lacustre: engin passifs et protocole de prospection. *Gestion piscicole des grands plans d'eau*. Paris, INRA: 151-182.
- Degiorgi, F., Raymond, J.-C, (2000). Utilisation de l'ichtyofaune pour la détermination de la qualité globale des écosystèmes d'eau courante. *C. S. d. I. Pêche*: 219 p.
- Fatio, V. (1890). Faune des vertébrés de la Suisse. Poissons. Geneve.
- Forel, F.-A. (1892, 1895, 1904). Le Léman Monographie limnologique, Tome I, II & III, Slatkine Reprints.
- Guillard, J., E. Marchal (2001). L'hydroacoustique, méthode d'étude de la distribution spatiale et de l'abondance des peuplements pisciaires lacustres. *La gestion piscicole des grands plans d'eau*. Paris, INRA: 215-239.
- Lachavanne, J.-B. (1975). Les macrophytes du Léman, CIPEL: 147 p.
- Laurent, P. (1972). "Lac Léman, Effects of exploitation eutrophication and introductions on the salmonid community. ." *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 29: 867-875.
- Lazzarotto, J. Q., P; Klein, A (2013). Rapport sur les études et recherches entreprises dans le bassin lémanique : campagne 2012. Nyon, CIPEL: 45.
- Marchal, E. L. (1977). cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol vol XI,(n°1): 3-16.
- Ortelli, D. E., P; Rapin, F; Ramseier, S (2011). Métaux et micropolluants organiques dans les rivières et les eaux du Léman 23.
- Perfetta, J. (2011). Etude de la végétation macrophytique du Léman, CIPEL: 2 p.
- Périat, G., Vonlanthen, P. (2012). Etude du peuplement pisciaire du lac de Morat, Joux, Brenet et Neuchâtel . Kastanienbaum, Eawag, rapports internes.
- Raymond J.C, Bolard A., Persat H. (2010). Premier signalement de *Salaria fluviatilis* dans le lac Léman. *Cybiurn*, 34(4): 401-402.

7 Annexes :

7.1 Illustration cartographique des habitats

7.1.1 Schéma directif de division et codification de l'espace lacustre (Degiorgi et al. 2001)



7.2 Liste des figures

Figure 2.1 : Illustration de l'échantillonnage piscicole en période de stratification estivale extrême (dessin : M. Goguilly).....	5
Figure 2.2 : Positionnement géographique des 890 actions de pêche réalisées entre le 5 et le 27 septembre 2012.	5
Figure 3.1 : Situation de la colonne d'eau du Léman le 28.8.2012, soit une semaine avant le début des inventaires pisciaires. (données CIPEL (Lazzarotto 2013)).....	7
Figure 3.2 : Evolution des teneurs en phosphore total dans le lac Léman selon classification.....	8
Figure 3.3 : Evolution de l'oxygénation des fonds du lac Léman. (Données CIPEL, (Lazzarotto 2013)).....	8
Figure 3.4 : Evolution de la teneur en nitrates du lac Léman. (Données CIPEL (Lazzarotto 2013)).....	9
Figure 3.5 : Evolution de la teneur moyenne en chlorure du lac Léman, pondérée pour l'ensemble de la masse d'eau. (Données CIPEL, (Lazzarotto 2013)).....	9
Figure 3.6 : Variété des habitats structurés du littoral du lac Léman.....	10
Figure 3.7 : Extrait de la carte des habitats littoraux du lac Léman.....	10
Figure 3.8 : Degré artificialisation des rives du lac Léman.....	11
Figure 3.9 : Répartition des hydrophytes sur le Lac Léman.	11
Figure 3.10 : Répartition des hélrophytes sur le Lac Léman.	12
Figure 3.11 : Illustration de la disparition des hélrophytes : exemple de la plage Excenevex (F-Rive sud). Alors que la roselière a toujours été présente, elle a aujourd'hui quasi disparue (photos Commune Excenevex & Géoportail).....	12
Figure 3.12 : Courbe normale du lac, d'après les moyennes mensuelles de 1818 à 1890 (extrait de (Forel 1892, 1895, 1904))......	13
Figure 3.13 : Variation comparée du niveau du lac Léman à Genève. (données OFEG). En bas, on observe nettement les abaissements artificiels des années bissextiles à une cote voisine de 371,50.	13
Figure 3.14 : Illustration de la forte densité des juvéniles de perches en zone pélagique du Léman.	16
Figure 3.15 : Illustration comparative des robes des rotengles nord (en haut) et sud (en bas).	17
Figure 3.16 : Répartition verticale des captures tous protocoles filets confondus (CEN/Verti).	21
Figure 3.17 : Séquences d'échointégration de la couche supérieure (2.5m -15m) et de la couche inférieure (15m-fond) ($[Sa(m^2 \cdot ha^{-2})]$, Données INRA Colon & Guillard).	22
Figure 3.18 : Répartition des densités et biomasses observées lors de la campagne hydroacoustique du 7 au 10 octobre 1975 (Marchal 1977).....	22
Figure 3.19 : Répartition géographique des captures de truites et de corégones par le protocole dit des filets verticaux.....	24
Figure 3.20 : Répartition géographique des captures de blennie fluviatile, de chabot, de brochet et de poisson chat.	24

Figure 3.21 : Répartition des captures par type d'habitats littoraux. (Méthode filets verticaux littoraux et pêche électrique)	25
Figure 3.22 : Structure des populations comparées de quelques espèces les plus communes.....	26
Figure 3.23 : Rendement de pêche comparés, toutes espèces confondues, en application du protocole CEN de la Directive cadre européenne sur l'eau (prEN14757, 2005).	27
Figure 3.24 : Peuplements lacustres comparés à l'aide du protocole dit des filets verticaux, corrigés par la proportion de chaque habitats présent.	27
Figure 3.25 : Statistique halieutique pêche professionnelle et amateur cumulée du Lac Léman en 2012. (données PAP Léman)	28
Figure 3.26 : Statistiques halieutiques comparées des lacs en 2011 pour les espèces les plus recherchées sur territoire suisse. (Données Cantons & OFEV). ..	28
Figure 3.27 : Evolution des statistiques halieutiques (pêche de loisir et professionnelle cumulée) du Lac Léman (données PAP Léman / CIPEL).	29
Figure 3.28 : Evolution de la récolte des principales espèces capturés par la pêche dans le Léman (données PAP Léman).	30
Figure 3.29 : Détail de l'évolution de la récolte des truites et des ombles chevalier par la pêche dans le Léman (données PAP Léman).	30
Figure 3.30 : Estimation des proportions relatives de chaque espèce en 2012, déterminée à partir des trois protocoles d'inventaire réalisés et comparée à la récolte halieutique déclarée en 2012 (pêche de loisir, professionnelle, suisse et française cumulées, données PAP Léman).	31
Figure 3.31 : Taille des individus capturés au sein du Projet Lac en fonction des mailles de filets utilisés.	32
Figure 3.32 : Répartition de chaque classe de taille pour chaque espèce en sur le Léman en 2012 déterminée à partir des pêches aux filets CEN et verticaux.	33
Figure 5.1 : Gradient de taille de captures pour chaque maille de filet calculé pour la perche.	39

7.3 Liste des tableaux

Tableau 3.1: Effectifs capturés par les trois protocoles appliqués entre le 5 et le 27 septembre 2012 sur le lac Léman. A noter que devant l'impossibilité de distinguer les différentes espèces sans analyse génétique, les genres <i>Coregonus</i> et <i>Scardinius</i> ont été respectivement regroupés.....	15
Tableau 3.2 : Liste des espèces collectionnées par le Musée d'histoire naturel de Berne.	18
Tableau 3.3 : Intervalle de confiance 5 et 95 % des captures pour l'ensemble des filets CEN posés.	18
Tableau 3.4 : Diversité piscicole décrite sur le lac Léman (Forel 1892, 1895, 1904), (Pedroli, et al., 1991), (BAFU, 2003).	19