

PREMIÈRE ESTIMATION DE LA POPULATION PISCICOLE DU LAC LÉMAN PAR ÉCHOINTÉGRATION

Émile MARGHAL* et Pierre J. LAURENT**

*O.R.S.T.O.M., Centre Océanologique de Bretagne, 29273 Brest

**I.N.R.A., Station d'Hydrobiologie Lacustre, F 74203 Thonon

RÉSUMÉ

L'emploi d'un échointégrateur a permis de procéder à une première estimation de la biomasse des poissons (entre 6500 et 7500 tonnes) présents dans le Léman en octobre 1975.

La répartition très particulière des poissons, en majorité regroupés en bancs sur la rive suisse et dans le Petit lac (partie ouest), a été confirmée par les résultats des pêches commerciales.

*Compte tenu de la production possible de cette biomasse, une tendance à la surexploitation, notamment de la perche (*Perca fluviatilis*) semble se manifester.*

La méthode paraît particulièrement bien adaptée à une étude écologique et à une évaluation quantitative au moins relative de la biomasse.

ABSTRACT

Preliminary evaluation of the fish population of lake Lemman by echointegration methods.

A first evaluation of the fish biomass present in lake Lemman in october 1975 (between 6500 and 7500 tons) has been done using an echointegrator.

The very peculiar distribution of the fish, most of them being concentrated in schools on the swiss bank and in the « Small Lake » (western part) has been confirmed by the results of commercial fisheries.

*Taking into account the possible production of this biomass, an overexploitation trend, particularly for the perch (*Perca fluviatilis*), is suspected.*

The method seems to be rather well adapted to an ecological study and to a quantitative — at least relative — evaluation of the biomass.

AVANT-PROPOS

Une aide financière de la D.G.R.S.T. (contrats 75.7.0436.437.438) et le prêt du matériel de détection et d'échointégration par le C.N.E.X.O. ont rendu cette étude possible. Le travail lui-même a pu être mené à bien grâce à la participation de V. LEPHILIPPE, électronicien de l'O.R.S.T.O.M. et à la collaboration

de tout le personnel technique de la station de Thonon, en particulier de A. ORAND, ingénieur.

INTRODUCTION

On sait depuis une dizaine d'années que la production annuelle du phytoplancton est d'environ 2.400.000 tonnes (CHASSAING *et al.* 1975). Par

ailleurs les statistiques tenues par les états riverains nous apprennent que la pêche professionnelle retire annuellement entre 1000 et 1500 tonnes de poisson (tabl. X). Mais on ignorait jusqu'à présent l'importance du stock de poisson de ce grand lac (582 km² de superficie).

Pour combler cette lacune et pour la première fois en Europe à notre connaissance, nous avons fait appel à des méthodes acoustiques qui nous ont permis d'obtenir une première estimation de la biomasse de poissons présents dans le lac au mois d'octobre 1975.

PRINCIPE DE LA MÉTHODE

Le principe général de la méthode est basé sur les propriétés de diffusion et de réflexion acoustiques des poissons.

Un certain nombre d'observations ont montré que la réponse acoustique d'un volume contenant plusieurs poissons était proportionnelle à ce nombre de poissons, donc à la densité en nombre. Par ailleurs, la réponse acoustique d'un poisson, toutes choses étant égales par ailleurs, est proportionnelle au poids de ce poisson.

On voit qu'en définitive la réponse acoustique provenant d'un volume contenant des poissons sera proportionnelle à la densité en poids de poissons.

Le sondeur utilisé possède une fonction qui corrige automatiquement la perte d'intensité acoustique due à sa dispersion depuis la source, ce qui entraîne comme conséquence la transformation virtuelle du cône acoustique en un cylindre et la possibilité d'intégrer les réponses acoustiques, en ramenant les densités en volume à des densités par unité de surface.

Le problème se ramène alors à celui d'un échantillonnage, en l'occurrence constitué par des émissions discontinues mais régulières le long d'un parcours et d'un étalonnage du système.

ÉQUIPEMENT UTILISÉ

Pour réaliser les campagnes de prospection on disposait d'une vedette de pêche de type « OSTREA », le KREITMAN II (photogr. 1) appartenant à la Station d'Hydrobiologie de Thonon et dont les caractéristiques principales sont :

Longueur : 8,50 m
Tirant d'eau : 0,70 m
Moteur : diesel 80 CV

Sur cette embarcation de dimensions relativement



Photogr. 1. — Vedette « KREITMAN II » au cours d'une station d'étalonnage. La potence amovible supporte la base du sondeur et la cage en filet (non visible).

modestes il a été cependant possible d'installer le matériel de détection acoustique et de traitement électronique (photogr. 2) qui comprenait :

Un sondeur SIMRAD EK 120 (120 KHZ)
Un intégrateur d'échos SIMRAD QM MK II
Un oscilloscope et divers appareils de contrôle et de mesures HEWLETT-PACKARD

La base du sondeur (transducteur en céramique de 10 cm de diamètre) était fixée sur le côté de la coque très en avant. Elle était immergée d'environ 50 cm.

ÉTALONNAGE

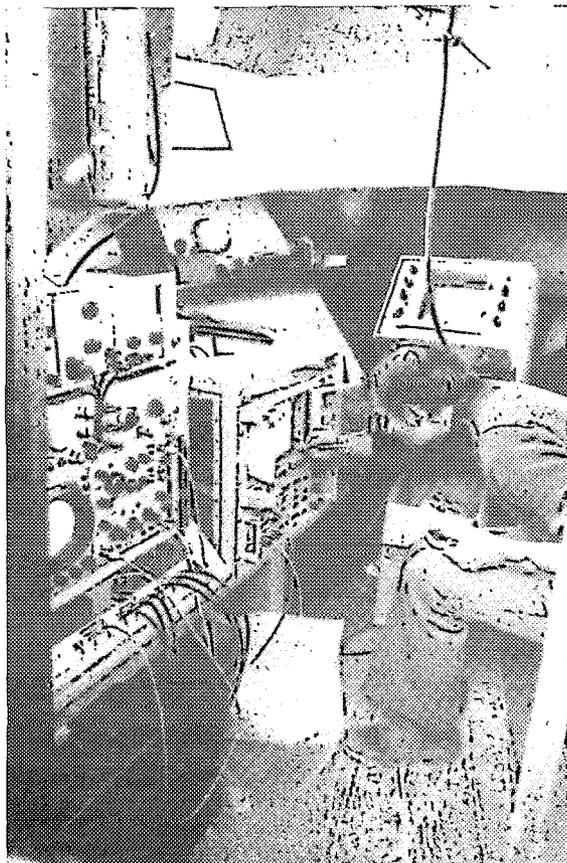
1. Étalonnage acoustique. Performances du sondeur.

Les performances du sondeur ont été déterminées à l'aide d'un hydrophone SIMRAD LC 32 étalonné et contrôlé en septembre 1974 à une température de 15 °C voisine de celle du lac.

La méthode utilisée est décrite notamment dans le bulletin n° 6 édité par SIMRAD (1969).

Les principaux résultats trouvés ont été :
Niveau d'émission :

pleine puissance : SL : 118,7 (d B // 1 μ bar réf. 1 m)



Photogr. 2. — Installation des appareils de sondage et d'échointégration sur la vedette. On remarque le sondeur au fond, l'intégrateur au milieu et les appareils de contrôle en premier plan.

puissance : $\frac{\langle 1 \rangle}{10}$: SL : 113,7 (d B // 1 μ bar réf. 1 m)

Tension maximum de réponse :

VR = - 14,4 (d B // 1 volt par μ Bar)

Performances émission/réception :

pleine puissance : SL + VR = 104,3 d B

puissance $\frac{\langle 1 \rangle}{10}$: SL + VR = 99,3 d B

On a également utilisé une cible de référence constituée par un flotteur sphérique en matière plastique. Son index de réflexion T est égal à :

$$T \text{ dB} = 10 \log \frac{\sigma}{4\pi} \quad (1)$$

La section diffusante σ est ici égale à πR^2 ou $\frac{\pi D^2}{4}$

$$\text{d'où} \quad T \text{ dB} = 10 \log \frac{D^2}{16} \quad (2)$$

R et D étant rayon et diamètre de la sphère exprimés en mètres.

Connaissant l'index de réflexion de la cible, on peut facilement calculer les performances de l'ensemble émetteur-base-récepteur en émettant dessus et en mesurant le niveau de réponse.

Ici D = 0,129 m et T = - 29,8 d B

on a trouvé :

$$\begin{aligned} \text{SL} + \text{VR} \text{ pleine puissance} &= 104,8 \text{ d B} \\ \text{SL} + \text{VR} \langle 1 \rangle &= 100,7 \text{ d B} \\ &\frac{10}{10} \end{aligned}$$

A la puissance $\frac{1}{10}$ on note une différence de 1,4 d B

avec les mesures directes à l'hydrophone, alors qu'il n'y a que 0,5 d B à pleine puissance, ce qui peut provenir d'une certaine saturation de la base.

2. Étalonnage direct avec des poissons.

Cet étalonnage est essentiel car c'est à partir de celui-ci que les valeurs relatives de mesures de biomasse pourront être transformées en valeurs absolues.

PRINCIPE

Le bateau étant à l'ancre, on dispose sous la base du sondeur une cage en filet dans laquelle on introduit un nombre connu de poissons. La densité de poissons, en nombre et poids, est donc connue. Si l'on émet avec le sondeur et que l'on intègre les échos reçus pendant des périodes de temps correspondant à une certaine distance de référence à une vitesse donnée, alors la sortie de l'intégrateur sera proportionnelle à la densité en poids de poisson (méthode décrite par K. JOHANNESSON et G. LOSSE, 1973). Cette sortie est reliée à un enregistreur graphique gradué en millimètre par l'intermédiaire d'un stylet.

La constante C d'intégration représentera le poids de poisson par unité de surface par mm de déviation du stylet pour une distance de référence et des réglages donnés.

$$C = \frac{N \times \bar{P} \times h}{V \times M}$$

où : N = nombre de poissons

\bar{P} = poids moyen d'un poisson (en grammes)

h = hauteur de la couche intégrée (1 mètre)

V = volume de la cage (en mètres cubes)

M = déviation totale en mm du stylet de l'enregistreur (intégration)

Ici le temps de référence est de 5 minutes ce qui correspond à une distance de 1 km à la vitesse de 12 km/h. La constante est alors exprimée en g/m² ou ce qui revient au même en t/km², par mm

d'enregistrement de l'intégrateur, pour une distance de 1 km.

MESURES

Sept séries de mesures ont été faites sur trois espèces (tabl. I) :

- la perche, *Perca fluviatilis*
- la truite, *Salmo gairdneri*
- le gardon, *Rutilus rutilus*

TABLEAU I

Résultats des mesures de la constante d'intégration sur des poissons maintenus dans une cage en filet.

N°	Espèces	Poids moyen	Nombre	C moyen
1	Perches.....	13,2	41	1,8
2	Truites.....	14,0	87	2,8
3	Gardons.....	500	6	1,4
4	Gardons.....	120	17	1,8
5	Truites.....	425	10	2,1
6	Perches.....	13,2	71	1,8
7	Truites.....	425	10	2,3
Moyenne des C.....				2,0

En fait cette méthode qui paraît simple, nécessite que de nombreuses conditions soient remplies pour donner de bons résultats : bon état des poissons, comportement normal et répartition au hasard en sont les plus importantes mais rarement satisfaites, sans parler de l'absence de vagues et de courant.

On a eu l'occasion d'observer le comportement du poisson « en cage » avec une caméra de télévision lors d'une des expériences. Les poissons étaient des truites de pisciculture; elles avaient une tendance très marquée à se tenir dans le haut de la cage et de plus inclinées. Seule une observation attentive de l'image télévisée et de l'oscilloscope a permis d'estimer au plus juste le nombre de poissons participant réellement à la réponse acoustique. L'observation par télévision est en tout cas certainement la meilleure méthode de contrôle car elle perturbe moins le comportement du poisson que la présence de plongeurs.

Les espèces les plus importantes numériquement dans le lac sont les perches et les gardons. Elles paraissent avoir une réponse assez semblable. Les truites pourraient par contre avoir une réponse plus faible (constante plus élevée), mais compte tenu du nombre restreint de mesures nous avons préféré adopter pour l'ensemble des espèces la valeur moyenne calculée.

MÉTHODE DE PROSPECTION

En l'absence d'informations antérieures sur le degré d'homogénéité de la population piscicole du lac on ne pouvait que choisir une grille d'observations arbitraire basée sur des considérations de temps disponible, de précision de la navigation, de rapidité de couverture de la totalité du lac.

Il était bien préférable de ne travailler que de jour, les conditions de navigation et de travail nocturnes n'étant guère satisfaisantes. Au cours d'une sortie de comparaison on n'a pas observé de variation significative de la biomasse totale détectée entre le jour et la nuit, ce qui nous a permis de nous limiter aux sorties diurnes.

On a estimé qu'un parcours en grecques avec radiales Nord-Sud (et inversement) dans la plus grande partie du lac et Est-Ouest (et inversement) dans la partie ouest du lac était le mieux adapté. L'équidistance des radiales a été choisie de deux kilomètres ce qui paraît raisonnable compte tenu des impératifs mentionnés et permet de couvrir le lac en quatre journées. Il y avait en tout 34 radiales, le parcours côtier entre les radiales suivait une ligne brisée pour couvrir au mieux cette zone (fig. 1). La vitesse choisie était de 12 km/heure pour les zones du large, 9 km/heure pour la bande côtière. Les intervalles de temps d'intégration étaient de 5 minutes.

Le sondeur utilisé ne corrige la diminution de l'intensité acoustique avec la profondeur que pour les cent premiers mètres. C'est donc uniquement la couche de 0 à 100 m qui a été intégrée. Cependant l'observation au sondeur des couches plus profondes a montré que celles-ci étaient pratiquement vides de poissons.

Une autre limitation de la méthode tient à ce que les poissons situés sur le fond ou à son proche voisinage (à moins de 25 cm avec la durée d'émission utilisée) ne sont pas décelables, et donc ignorés. Quand le fond est tourmenté ou fortement incliné, son écho est affaibli et il peut être nécessaire d'arrêter l'intégration à une certaine distance du fond, de l'ordre du mètre. Il y a donc une sous-évaluation certaine des poissons benthiques. Ceux-ci ne paraissent cependant pas constituer une biomasse importante.

Enfin la frange littorale (fonds inférieurs à 5 m environ) et la couche superficielle ne sont pas prospectées : en effet, la base du sondeur était située à environ 50 cm sous la surface et les 3 m en-dessous ne sont pas enregistrés pour des raisons techniques. Les observations à vue près de la côte et en surface, celles effectuées au sondeur dans les couches immédiatement sous-jacentes, confirment les connaissances antérieures sur la répartition des poissons à cette époque de l'année et permettent d'estimer que la

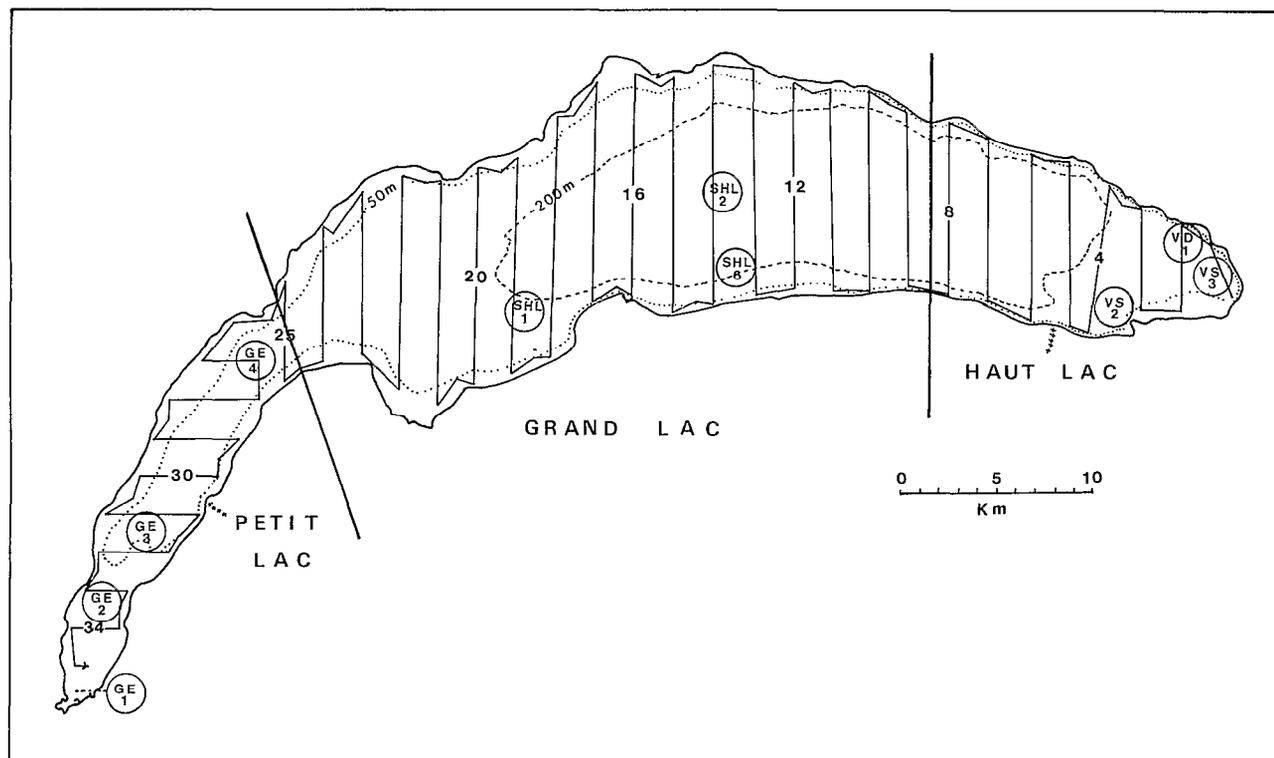


Fig. 1. — Divisions géographiques, parcours durant la campagne LÉMAN I et position des stations de prélèvement citées (Commission Internationale).

biomasse non déteclée, superficielle et còtière, devrait être de peu d'importance.

Une première campagne de prospection (LÉMAN I) s'est déroulée selon ce schéma du 7 au 10 octobre. Il était prévu de refaire cette prospection une seconde fois pour tester la sécurité de la méthode et éventuellement déceler les déplacements des poissons. Une panne de sondeur et de mauvaises conditions météorologiques n'ont pas permis de réaliser entièrement ce programme. On a dû se borner à une deuxième prospection de la partie ouest (Petit Lac) le 18 octobre. Mais compte tenu du fait que la majeure partie du poisson avait été trouvée près de la còte, seule la bande còtière (inférieure à 50 m de profondeur) a été prospectée selon un parcours dit en dents de scie. Cette prospection a été appelée LÉMAN II.

Quelques autres petites sorties ont eu lieu à proximité de Thonon.

RÉSULTATS DE LA PROSPECTION ACOUSTIQUE

L'intégration des échos sur une distance, ou pendant une durée de référence constitue l'informa-

tion de base sur la densité des poissons. On peut ensuite utiliser différentes méthodes pour regrouper ces informations et extrapoler les densités observées le long d'un parcours à des portions de surface dont l'ensemble couvrira la totalité de la région prospectée. Une méthode que nous utilisons fréquemment en mer sur les plateaux continentaux consiste à ne prendre en considération que les informations fournies par les radiales, en négligeant les autres parcours. Les radiales étant équidistantes, l'échantillon ainsi obtenu est homogène pour l'ensemble du plateau, ou pour d'éventuelles subdivisions, pourvu que les facteurs agissant sur la distribution des poissons ne varient pas trop brusquement, ce qui est généralement le cas. Les résultats obtenus par cette méthode sont donnés globalement à la fin de ce chapitre sous le nom de « méthode par radiales ». Nous avons préféré utiliser une autre méthode qui ne néglige pas l'information contenue dans les parcours inter-radiales. En effet, ces zones còtières sont généralement très étroites et présentent une distribution très hétérogène, ce qui est le cas habituel avec des poissons en bancs. Elles nécessitent donc un nombre accru d'échantillons par rapport aux zones plus homogènes et de plus grande étendue. Le lac a été stratifié en régions géographiques d'une

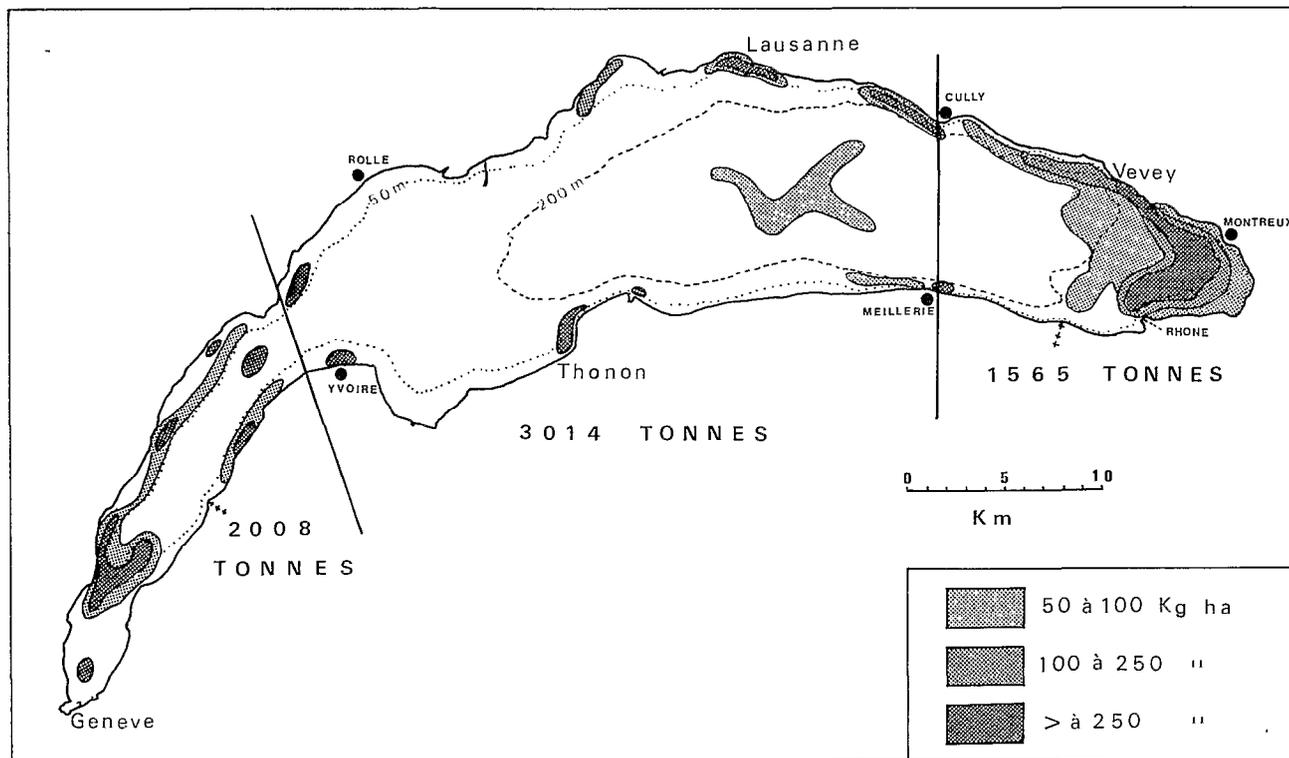


Fig. 2. — Répartition des densités et biomasses durant LEMAN I (7-10 octobre 1975).

TABEAU II

Biomasses et densités en poissons dans les différentes régions du lac. Les zones bathymétriques sont définies par rapport à la profondeur du fond.

Région	Zone bathymétrique	Bio-masse en tonnes	Densité en kg/ha	Superficie en km ²
HAUT LAC	inférieure 100 m...	744	248	30
	100 à 200 m.....	644	174	37
	supérieure 200 m...	177	34	52
	Total ou moyenne.	1 565	132	119
GRAND LAC	inférieure 100 m...	2 792	198	141
	100 à 200 m.....	69	8	86
	supérieure 200 m...	153	10	153
	Total ou moyenne.	3 014	79	380
PETIT LAC	inférieure 50 m....	1 633	314	52
	supérieure 50 m....	375	121	31
	Total ou moyenne.	2 008	242	83
LAC ENTIER	Total ou moyenne.	6 587	113	582

TABEAU III

Répartition verticale de la biomasse exprimée en pourcentage de la biomasse totale de chaque région. On a indiqué de la même manière la répartition entre bancs et poissons dispersés.

Région	Couche	Poissons dispersés	Bancs	Total
HAUT LAC	0-25 m.....	44	16	60
	25-50 m.....	34		34
	50-100 m.....	6		6
	Total.....	84	16	100
GRAND LAC	0-25 m.....	78	16	94
	25-50 m.....	5	0	5
	50-100 m.....	1	0	1
	Total.....	84	16	100
PETIT LAC	0-25 m.....	8	91	99
	25-50 m.....	0	1	1
	50-100 m.....	0	0	0
	Total.....	8	92	100
LAC ENTIER	0-100 m.....	37	63	100

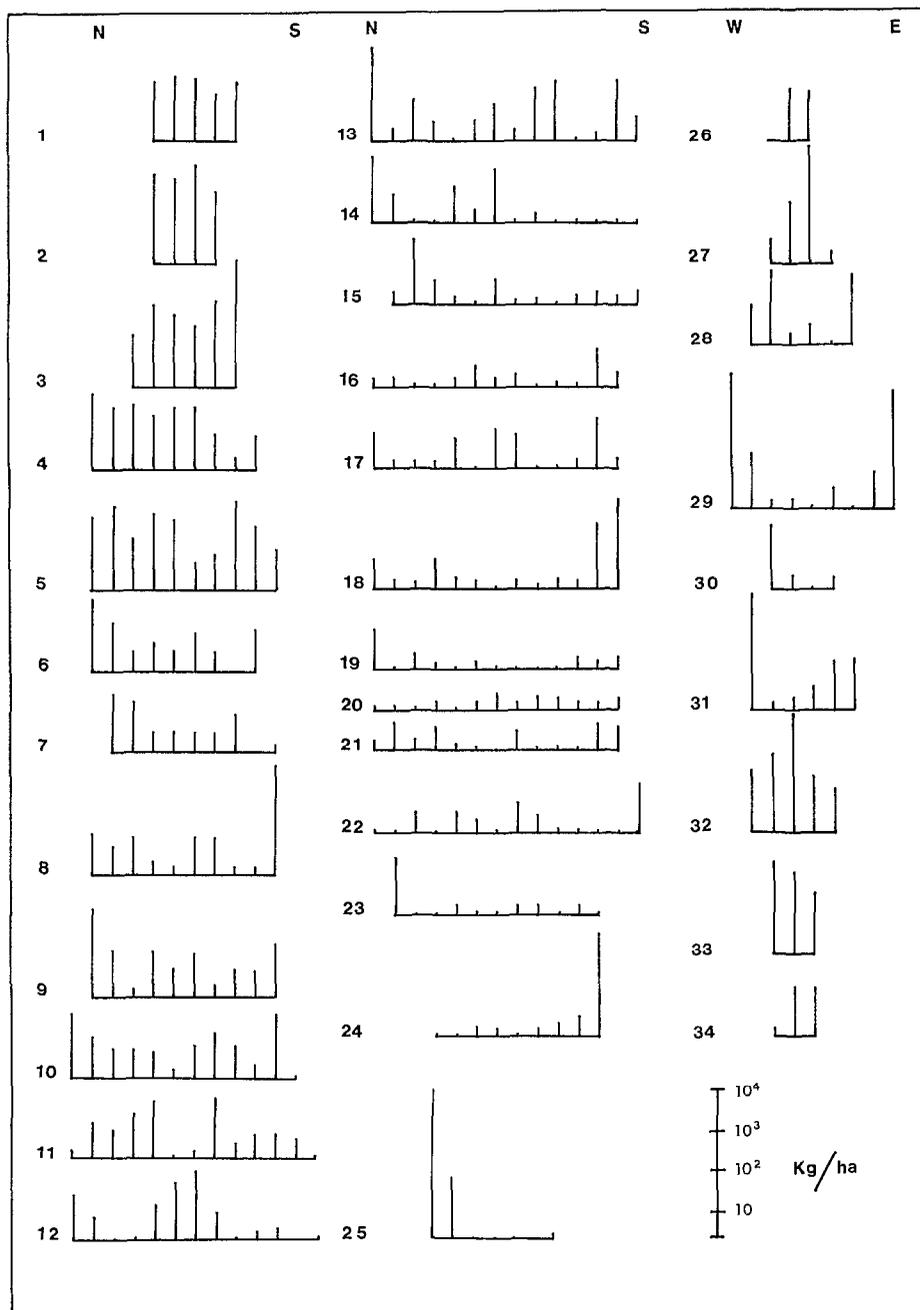


Fig. 3. — Densités observées sur chaque radiale. Échelle logarithmique.

part, en zones bathymétriques d'autres part. A l'intérieur de chaque sous-strate ainsi définie on a calculé une valeur moyenne de densité, la surface correspondante par planimétrie, puis la biomasse par le produit de ces deux grandeurs.

Le lac Léman est séparé traditionnellement en trois régions nommées :

- Haut Lac, pour la partie est jusqu'à une ligne joignant Meillerie à Cully;
- Grand-Lac, de cette limite à la barre d'Yvoire;
- Petit-Lac, vers l'ouest jusqu'à Genève.

Si ces régions ont des limites quelque peu arbitraires notamment entre Haut et Grand-Lac, elles paraissent cependant suffisamment bien individualisées pour servir de strates « géographiques ».

Les principaux résultats sont présentés sous forme de figures et de tableaux. Sur la figure 2 ont été tracés un certain nombre d'isolignes de densité ou biomasse par unité de surface, délimitant quatre niveaux de concentration qui permettent de se rendre compte facilement de la répartition générale de la biomasse. La figure 3 présente les densités réellement observées sur chaque radiale. Chaque valeur, exprimée en unité logarithmique, correspond à une intégration pendant cinq minutes; l'extrême variabilité de la distribution apparaît nettement sur cette représentation. Dans le tableau II ont été portées les valeurs de la biomasse totale en poissons et des densités moyennes de la couche échantillonnée (maximum 100 mètres) selon des zones bathymétriques pour chaque région du lac. Pour le Haut et le Grand-Lac trois zones ont ainsi été définies en fonction de la profondeur du fond, leurs limites étant constituées par les verticales des isobathes 100 et 200 m. Pour le Petit-Lac, où la profondeur n'atteint nulle part 100 m, deux zones seulement ont été considérées, séparées par l'isobathe 50 m. Pour chaque strate, la superficie a été également indiquée. Le tableau III présente en pourcentage la répartition verticale de la biomasse totale en poissons de chaque région. Cette répartition a été faite en trois couches, de la surface à la profondeur maximale de 100 m, limite de l'intégration des échos. En outre, les détections ont été classées en deux catégories, poissons dispersés et bancs, exprimées de la même façon.

1. Haut-Lac.

La répartition des poissons est assez homogène dans tout le fond du lac, avec cependant une couche de densité élevée proche du débouché du Rhône radiale 3). En parcourant le lac vers l'ouest on note une diminution de la densité surtout sensible dans les trois radiales les plus occidentales (6, 7, 8) où la profondeur augmente. La valeur élevée du sud de la radiale 8 correspond à des bancs. La couche de surface (0-25 m) est celle où l'on a rencontré les plus fortes densités, et la seule où se trouvaient des bancs, à une profondeur moyenne de 20 m. La couche intermédiaire abritait une fraction importante de la biomasse.

2. Grand-Lac.

Dans cette partie du lac, la répartition des poissons est beaucoup moins homogène. La biomasse estimée dans la partie centrale (fonds supérieurs à 100 m) est très faible. La densité moyenne indiquée pour les fonds inférieurs à 100 m n'a pas grande signification : en effet, 66 % de cette biomasse a été trouvée

concentrée sous une surface de quelques km² très proche du Petit-Lac (devant Rolle, radiale 25). Si l'on exclut cette valeur dans le calcul, la densité moyenne de la zone côtière est ramenée à 68 kg/ha. Les concentrations les plus importantes se trouvaient du côté suisse, notamment à l'est de Lutry (radiales 9-10) et devant l'agglomération de Lausanne (radiales 13-14). Sur la berge française, une concentration assez importante a été détectée près de Thonon (radiales 17-18); elle a été évaluée à 337 tonnes. Au cours d'une seconde sortie effectuée deux semaines après on a retrouvé cette concentration très légèrement à l'est, elle a été estimée à 373 tonnes. Le seul autre secteur relativement riche était celui d'Yvoire (radiale 24). Le tableau III, dans lequel la grosse concentration de Rolle n'a pas été prise en compte, nous montre que les poissons sont très concentrés dans la couche superficielle. On remarquera que la répartition entre biomasse en bancs et dispersée est exactement la même que pour le Haut-Lac. Les bancs se trouvaient sensiblement à la même profondeur (20,8 m), uniquement dans la zone côtière.

3. Petit-Lac.

La profondeur du Petit-Lac n'atteint nulle part 100 mètres. Cependant la répartition des poissons n'était pas homogène : à l'exception d'un seul banc important situé dans le milieu du lac mais proche de la barre d'Yvoire (radiale 27), tout le reste du poisson était concentré dans les fonds inférieurs à 50 mètres, pour la plupart sur le « mont » talus incliné précédent la « benne » ou plateau côtier. Sur celle-ci, comme dans les autres parties du lac du reste, il ne semblait pas y avoir de concentration notable, particulièrement au-dessus des fonds inférieurs à 10 mètres. Ceci était très net sur le haut fond de la radiale 32 où le poisson était disposé en couronne, et dans le fond du lac (Genève). Le tableau III nous montre que la quasi-totalité de la biomasse se trouvait dans la couche superficielle et formait des bancs. Cette situation est tout à fait différente de celle qui avait été rencontrée dans les autres parties du lac. En moyenne les bancs étaient situés à une profondeur de 17,6 m, soit plus près de la surface que dans le reste du lac.

Au cours de la deuxième prospection du Petit-Lac (LÉMAN II), faite 8 jours après, la biomasse rencontrée sur les fonds inférieurs à 50 m a été estimée à 2500 tonnes, soit près de 900 tonnes de plus. Mais la grosse concentration de Rolle avait pratiquement disparu, et il est tentant de supposer qu'elle avait pénétré dans le Petit-Lac, de même que celle du milieu du lac a pu se rapprocher de la côte. La rive française quant à elle avait été complètement désertée.

4. Ensemble du lac.

Si l'on considère l'ensemble du lac, une biomasse en poissons de 6587 tonnes et une densité moyenne de 113 kg/ha ont été évaluées par « stratification ». La « méthode par radiale » donne respectivement 7547 tonnes et 129 kg/ha. La différence n'est pas très importante, mais notre préférence va à la première méthode pour les raisons exposées plus haut.

Cette biomasse est très inégalement répartie de la côte vers le large puisque les fonds inférieurs à 100 mètres l'abritent à 84 % alors qu'ils ne représentent que 44 % en superficie, ceux de 100 à 200 mètres 11 % en biomasse pour 21 % en superficie et ceux supérieurs à 200 mètres 5 % en biomasse pour une superficie représentant 35 % de l'ensemble du lac.

Près des deux tiers de la biomasse étaient groupés en bancs. Cette tendance s'est peut-être accentuée au cours du mois d'octobre, puisque pendant LÉMAN II quasiment toute la biomasse du Petit-Lac était en bancs.

Nous avons calculé les caractéristiques de ces bancs selon la méthode exposée par JOHANNESSON (1973) en tenant compte des dimensions verticales et horizontales corrigées et en posant comme principe que les bancs ont une forme cylindrique. Les principaux résultats sont portés dans le tableau IV où l'on a regroupé Haut et Grand-Lac à cause du nombre réduit de bancs et distingué dans le Petit-Lac les campagnes LÉMAN I et II.

TABLEAU IV

Poids et densité (compacité) moyens des bancs évalués par échointégration.

	Haut-Lac + Grand Lac	Petit-Lac I	Petit-Lac II
Poids en kg.....	625	1 542	9 303
Densité en g/m ³	294	404	474

On a exclu de ces calculs quelques grosses concentrations (notamment celle de Rolle) qui peuvent être considérées comme un ensemble de bancs, ainsi que les tout petits bancs inférieurs à 100 kg.

Il est intéressant de noter que les densités moyennes sont assez proches alors que les poids moyens sont très différents. Il apparaît en tout cas clairement qu'au cours de la période de 8 jours séparant les deux prospections les poissons se sont groupés en bancs plus importants dans le Petit-Lac, sans que leur compacité ait changé de façon notable.

RELATION ENTRE LA SITUATION DE LA PÊCHE ET LES RÉSULTATS DE L'ÉCHOINTÉGRATION

1. Position des poissons dans le lac selon les indications de la pêche.

Faute d'avoir pu procéder nous-même à des pêches de contrôle ou à des observations directes à l'aide par exemple d'une caméra immergeable et d'un circuit de télévision, nous avons cherché à vérifier la concordance des indications de l'échointégration avec les résultats de la pêche en utilisant les statistiques des administrations suisse et française et en enquêtant sur les captures des pêcheurs professionnels durant le mois d'octobre 1975.

L'exploitation du Léman est partagée entre trois cantons suisses et la France. La réglementation en vigueur interdit aux pêcheurs français de tendre des filets dans les eaux suisses et réciproquement. Il est donc possible de discerner par les statistiques des différences locales de rendement liées à une répartition irrégulière des poissons. Cependant, l'exactitude des statistiques ne doit pas faire illusion : nombre de pêcheurs sont imprécis en dépit de l'obligation qui leur est faite de déclarer leurs captures et des contrôles inopinés dont ils peuvent faire l'objet. D'autre part, les pêcheurs estiment en majorité inutile de déclarer les espèces qu'ils ne peuvent pas ou peuvent difficilement commercialiser, telles que l'épinoche (*Gasterosteus aculeatus*) et le gardon (*Rutilus rutilus*). Pour tenter de cerner la vérité de plus près, nous avons sélectionné et exploité les déclarations plus détaillées et plus précises fournies par deux pêcheurs professionnels français travaillant dans deux régions différentes.

Dans les eaux françaises du Léman l'année 1975 se caractérise par la faible importance des captures de poissons, avec celles des années 1968 et 1969, ce sont les plus faibles qui aient été observées depuis 1965 (tabl. V).

D'autre part, les captures réalisées en octobre 1975 : 27 tonnes, se situent également avec celles des années 1968 et 1969, parmi les plus faibles enregistrées depuis 1965. Cette information est en parfait accord avec les résultats de l'échointégration : dans les eaux françaises qui représentent 40 % de la superficie du lac on n'a détecté que 19 % de la biomasse totale de poissons.

Traditionnellement les pêcheurs français commercialisent surtout les perches et les corégones (*Coregonus* sp.). Les perches se capturent au bord, avec des seines ou des filets maillants de fond, tandis que les corégones et avec eux les truites, se prennent à l'aide de grands filets maillants (18 m × 120 m) dérivants tendus au large. Ces deux types de pêche

TABLEAU V

Composition qualitative et importance relative des captures de poissons dans le Léman français au mois d'octobre 1975.

Nature des captures	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
Total annuel (kg).....	690.171	590.460	449.308	437.917	358.517	517.263	533.327	684.052	525.073	660.212	409.625
Total octobre											
Poids kg.....	86.325	39.691	47.825	27.198	27.657	49.480	—	59.529	47.700	65.709	27.660
% annuel.....	12,5 %	6,7 %	10,6 %	6,2 %	7,7 %	9,5 %	—	8,7 %	9,0 %	9,9 %	6,8 %
Ombles											
Poids kg..	579	694	657	516	147	148	—	334	279	164	268
%.....	0,6 %	1,7 %	1,3 %	1,8 %	0,5 %	0,2 %	—	0,5 %	0,5 %	0,2 %	0,9 %
Truites											
Poids kg..	19	104	38	71	1.175	313	—	299	475	114	757
%.....	0,02 %	0,2 %	0,07 %	0,2 %	4,2 %	0,6 %	—	0,5 %	0,9 %	0,1 %	2,7 %
Perches											
Poids kg..	57.136	16.210	25.998	6.326	18.138	32.820	—	43.954	26.970	58.633	9.332
%.....	66,28 %	40,9 %	54,43 %	23,3 %	65,6 %	66,4 %	—	73,9 %	56,6 %	89,3 %	33,8 %
Corégones											
Poids kg..	18.031	5.776	8.692	10.175	5.130	5.076	—	11.204	6.807	3.964	14.353
%.....	20,9 %	14,6 %	18,2 %	37,5 %	18,6 %	10,3 %	—	18,9 %	14,3 %	6,1 %	51,9 %
Gardons											
Poids kg..	8.795	13.536	10.982	8.380	1.570	10.108	—	2.825	12.335	2.590	1.885
%.....	10,2 %	34,2 %	23,0 %	30,9 %	5,7 %	20,5 %	—	4,7 %	25,9 %	4,0 %	6,9 %
Autres espèces.	1.765	3.371	1.458	1.730	1.497	1.015	—	913	834	244	1.065
	2,0 %	8,4 %	3,0 %	6,3 %	5,4 %	2,0 %	—	1,5 %	1,8 %	0,3 %	3,8 %

TABLEAU VI

Composition qualitative et quantitative des captures professionnelles de poissons dans le Léman français et genevois en octobre 1975.

	Région du Haut lac : de St-Gingolph à Grande Rive 53 pêcheurs		Région du Grand lac : d'Amphion à Excenevex 40 pêcheurs		Région du Petit lac : d'Yvoire à Tougues 11 pêcheurs		Région du Petit lac : Eaux du Canton de Genève 32 pêcheurs	
Ombles.....	211 kg	2,1 %	55 kg	0,4 %	2 kg	—	22 kg	0,1 %
Truites.....	292 kg	2,9 %	430 kg	3,1 %	35 kg	0,8 %	—	—
Perches.....	2 221 kg	22,5 %	4 884 kg	36,3 %	2 227 kg	52,2 %	31 200 kg	98,6 %
Corégones.....	5 330 kg	53,9 %	7 473 kg	55,5 %	1 550 kg	36,2 %	—	—
Autres espèces.....	1 842 kg	18,6 %	644 kg	4,7 %	464 kg	10,8 %	406 kg	1,3 %
Poids total de poissons capturés dans le mois..	9 896 kg		13 486 kg		4 278 kg		31 628 kg	
Poids mensuel moyen de captures d'un pêcheur.	186,7 kg		337,1 kg		388,9 kg		988,3 kg	

ne se pratiquent pas simultanément et suivant l'abondance d'une espèce ou de l'autre, les pêcheurs portent leur effort sur la perche ou sur les corégones. Le mois d'octobre 1975 se classe le premier depuis 1965 par l'importance prise par les corégones dans l'ensemble des captures du mois. Les perches au contraire n'ont fourni comme en 1968 qu'un tonnage réduit et n'ont représenté qu'une faible part des captures. Ces résultats tendent à montrer que la

perche était rare dans les eaux françaises du Léman, constituées en majeure partie par le Grand Lac.

Il est possible de discerner des différences dans le rendement des pêches pour les eaux françaises réparties entre les trois régions définies plus haut : le Haut Lac, le Grand Lac, et le Petit Lac (tabl. VI). Le rendement individuel le meilleur est obtenu sur le Petit Lac et la composition qualitative des captures de cette région est totalement différente de celle des

TABLEAU VII

Pêches d'octobre 1975 : nature des captures pour deux pêcheurs professionnels, l'un travaillant sur le Grand Lac et l'autre sur le Petit Lac.

	Capture mensuelle	Total	Total sans gardon	Truite	Ombles	Perche	Corégone	Gardon	Autres espèces
GRAND LAC	poids en kg....	1 361	161	1	—	45	115	1 200	—
	% sans gardon.	—	100	0,7 %	—	27,9 %	71,4 %	non pris en compte	—
PETIT LAC	poids en kg....		2 179	15	—	970	950	non déclaré	244 dont lotte 225
	% sans gardon.	—	100	0,6 %	—	44,6 %	43,6 %	—	11,2 %

deux autres. Dans le Petit Lac, les perches constituent la majeure partie des captures tandis qu'ailleurs les pêcheurs ont surtout pris des corégones et avec eux des truites.

La comparaison de la situation des pêches dans le canton de Genève à la même époque est instructive (tabl. VI). Le tonnage mensuel individuel capturé est le plus fort pour tout le lac, tandis que les perches constituent de très loin, l'espèce la plus exploitée. Ces faits tendent à prouver qu'en octobre 1975, il y avait une bonne concentration de perches dans le Petit Lac alors qu'elles étaient absentes du Grand et du Haut-Lac.

Nous avons pu trouver deux pêcheurs français dont les déclarations étaient plus précises et plus détaillées que celles des autres. Ces deux pêcheurs travaillent dans des régions suffisamment éloignées

l'une de l'autre pour que chacun ne pêche que dans le Grand Lac ou dans le Petit Lac. Il ressort de l'examen des captures d'octobre (tabl. VII) que le rendement de la pêche sur le Petit Lac a été bien meilleur que sur le Grand Lac où l'espèce la plus abondante a été le gardon (88,2 % de toute la pêche). Le gardon n'est pratiquement pas commercialisé et sa capture est toujours accidentelle, sauf en hiver, époque durant laquelle sont organisées des pêches de jeunes gardons destinés au repeuplement des cours d'eau à cyprinides. A l'état adulte les gardons qui se tiennent maintenant au large et qui sont devenus planctophages se prennent dans les filets à corégones. Tout accroissement dans l'effort de pêche aux corégones se traduit par une augmentation considérable des captures de gardons que les pêcheurs ne déclarent pas, la plupart du temps, puisqu'ils ne les commercialisent pratiquement pas.

TABLEAU VIII

Températures dans le Léman en octobre 1975 (d'après les relevés communiqués par la Commission Internationale). La position des stations est portée sur la figure 1.

Profondeur	Petit Lac				Grand Lac			Haut Lac		
	Ge 1	Ge 2	Ge 3	Ge 4	SHL 6	SHL 1	SHL 2	VD 1	VS 2	VS 3
0.....	14.0	14.0	14.2	14.0	13.9	13.9	13.4	13.7	13.6	13.6
5.....		13.9	14.2	14.0	14.0	14.2	13.3	13.6	13.5	13.5
10.....		13.9	14.1	14.0	14.0	14.1	13.3	13.5	13.5	13.5
20.....		8.5	12.2	14.0	13.7	13.8	11.1	13.3	13.4	13.4
30.....		7.4	8.5	7.6	10.0	11.0	8.6	12.3	13.2	12.8
40.....		7.3	7.8	7.0	7.9	7.8	7.3	10.7	8.2	11.2
50.....		7.1	7.2	6.8	7.2	7.2	7.0	8.3	7.1	8.6
75.....			6.8	6.3		—	—			
100.....						6.0	6.2			
150.....						5.7	5.9			
200.....							5.6			
250.....							5.5			
Fd.....							5.3			

Par ailleurs, les différences qualitatives déjà relevées plus haut sont confirmées : la perche est très rare dans le Grand Lac en octobre alors qu'elle abonde dans le Petit Lac.

2. Raisons possibles de la répartition particulière des poissons dans le lac.

L'échointégration a révélé qu'entre deux campagnes, la biomasse présente dans le Petit Lac semblait avoir augmenté (voir plus haut). La rive française a été entièrement dépeuplée, et tout le poisson était concentré à la sortie du lac et sur la rive ouest suisse. Ce fait peut être mis en relation avec une dominance des vents de secteur nord au cours de cette période, la rive nord-ouest étant plus abritée.

Il semble bien d'autre part, que les profils thermiques ont aussi joué un rôle important dans la répartition des poissons. Selon les relevés de la Commission Internationale du Léman (tabl. VIII et fig. 1), les eaux d'une température supérieure à 11 °C occupaient une épaisseur de plus de 40 mètres depuis la surface, au voisinage de l'entrée du Rhône dans le lac; par contre dans le Petit Lac, cette tranche était réduite de moitié mais elle était composée d'eaux nettement plus chaudes : 14 °C et plus, notamment dans la zone de contact Grand Lac-Petit Lac. Les poissons semblent bien, en majorité, avoir cherché à fréquenter des zones plus chaudes soit vers le Rhône, soit surtout vers le Petit Lac.

Cette stratification thermique a naturellement influencé fortement la répartition verticale des poissons. On peut le constater par exemple en comparant le pourcentage de poissons présents dans la couche intermédiaire (25-50 m) et la profondeur moyenne de l'isotherme 10 °C, milieu de la thermocline, dans les trois régions du lac (tabl. IX).

TABLEAU IX

Profondeur moyenne de l'isotherme 10 °C et importance de la biomasse en poissons de la couche 25-50 m.

	Haut Lac	Grand Lac	Petit Lac
Prof. isotherme 10 °C..	41	29	22
% biomasse 25-50 m..	34	5	1

Il y a une relation assez nette qui montre que les poissons ne se rencontraient qu'au-dessus de la thermocline. En fait tous les bancs sans exception, et quelle que soit la région, se trouvaient dans la couche 0-25 m, quant aux poissons dispersés ils étaient situés pour la plupart à une profondeur qui

correspond au bas de la couche homogène. Dans le Haut-Lac cependant on pouvait observer couramment deux niveaux d'abondance à des profondeurs variables selon les radiales, mais nettement séparés. Par exemple sur la radiale n° 1 (Montreux) un niveau 10-20 m et un niveau 20-55, sur les radiales 3-4 un niveau 15-25 m et un niveau 50-75 m donc infrathermoclineaire.

Il convient enfin de relever les similitudes qui existent entre la situation de la pêche en 1968 et en 1975 : les mois d'octobre de ces deux années ont été particulièrement médiocres pour les pêcheurs français (tabl. V). Or à cette similitude de situation piscicole se superpose une similitude de situation algologique : en août-septembre 1968 la Dinophycée *Ceratium hirundinella* a atteint dans le Grand Lac 580.000 cellules au litre (PELLETIER, 1973) et en septembre 1975 on a trouvé entre 280.000 et 402.000 cellules de cette algue par litre (PELLETIER, 1976), soit des quantités anormalement élevées. Les poissons ont-ils fui le Grand Lac devant cette invasion de Dinophycées ?

3. Identification.

Les indications précédentes, jointes à la connaissance que l'on a de la biologie et de l'écologie des principales espèces nous autorisent à faire certaines suppositions quant à l'identité des détections.

Les échos profonds, rencontrés presque exclusivement dans le Haut-Lac pourraient provenir de truites se rapprochant du Rhône pour leur migration hivernale de reproduction, et de l'omble chevalier (*Salvelinus alpinus*). Les détections plus superficielles séparées et relativement éloignées de la côte seraient surtout le fait des corégones. En effet, bien que réputés grégaires, ils ne paraissent pas former de bancs à cette époque de l'année; aucun banc n'a été détecté dans des zones où des pêcheurs attrapaient cette espèce.

En ce qui concerne les bancs, la plupart de ceux rencontrés dans le Petit Lac et sur la rive nord du Grand Lac étaient certainement constitués de perches. Par contre, du côté français il devait y avoir de nombreux bancs de gardons, notamment entre Meillerie et Thonon, et d'épinoches. Cette espèce semble abondante, particulièrement dans la région de Thonon.

Enfin il est utile de rappeler que les poissons reposant sur le fond ou situés à une profondeur supérieure à 100 mètres n'ont pas été pris en compte dans cette évaluation, ce qui en exclut notamment la lotte (*Lota lota*).

4. Exploitation.

Si l'on assimile la biomasse instantanée estimée à

la biomasse moyenne, on peut essayer de calculer la production totale de celle-ci et la comparer au volume de la pêche.

Le rapport entre la production et la biomasse est égal au taux de mortalité totale « Z », si ce taux est constant au cours de la vie. Si de plus on considère une biomasse multispécifique, il faut admettre que ce taux de mortalité est le même pour les différents constituants. Aucune de ces conditions n'est évidemment remplie, mais on peut supposer que l'on ne s'en écarte pas trop dans un milieu fermé dominé par deux ou trois espèces.

Ne possédant pas d'estimation de la mortalité totale, nous avons considéré l'âge moyen. Pour un modèle de croissance type von Bertalanffy, le taux de mortalité totale est égal à l'inverse de la durée moyenne de la vie, ou de l'âge moyen (ALLEN, 1971). On peut donc écrire :

$$\frac{P}{B} = Z = \frac{1}{A}, \text{ A étant l'âge moyen.}$$

Cet âge moyen, calculé d'après les pêches commerciales, serait de 2,5 ans pour les perches et les corégones. Le taux de mortalité totale serait alors :

$$Z = \frac{1}{A} = \frac{1}{2,5} = 0,4$$

et la production annuelle de la biomasse détectée :

$$P = B \times Z = 6500 \text{ t} \times 0,4 = 2600 \text{ tonnes.}$$

La pêche totale dans le lac est assez stable depuis 1971 (tabl. X). Le taux d'exploitation, rapport entre

TABLEAU X

Captures déclarées sur le lac Léman de 1970 à 1975 (en tonnes).

	FRANCE	SUISSE	TOTAL
1970	517	317	834
1971	523	854	1 377
1972	684	819	1 503
1973	525	578	1 103
1974	663	756	1 419
1975	410	1 076	1 486

volume de la pêche et production totale, aurait atteint environ 60 % au cours des deux dernières années. En fait cette stabilité n'est qu'apparente et traduit mal une augmentation importante des prises de perche, spécialement en 1975. De plus les captures de gardon ne sont pas déclarées en raison de leur absence de valeur commerciale.

De son côté la biomasse évaluée comprend des espèces non exploitées, telles que les épinoches, qui la surestiment, mais par ailleurs elle est sous-estimée par la fraction non détectée et vraisemblablement par la ponction opérée par la pêche, le mois d'octobre se situant en fin de saison.

Il faut garder à l'esprit que ces évaluations sont approximatives, sans que les erreurs relatives aient pu être déterminées. Comme la production calculée est un produit, ces erreurs s'ajoutent et le résultat est encore plus incertain. On doit le considérer comme un ordre de grandeur et simplement remarquer que la pêche retire environ la moitié de la production totale. Elle ne paraît guère pouvoir être développée en tout état de cause. Une certaine tendance à la surexploitation, surtout de la perche, semblerait se manifester.

DISCUSSION

Le transfert aux eaux continentales d'une méthode et d'un matériel conçu pour un travail en mer n'a pas posé de problème particulier. Cependant, la concentration extrême des poissons en bancs, parfois très grands, oblige à adopter une grille de prospection très serrée. La distribution des valeurs de densité, très éloignées de la normalité, n'a pas permis d'estimer les limites de confiance des résultats. Une autre source possible d'erreur provient de la méthode de détermination de la constante d'intégration et est liée au comportement non naturel du poisson confiné dans une cage proche de la surface. Il sera préférable à l'avenir d'utiliser d'autres méthodes de détermination de cette constante.

Une grave lacune réside dans la quasi-ignorance des espèces détectées, si bien qu'il est impossible de répartir la biomasse en ses constituants. Il faudrait arriver à échantillonner les détectations avec des méthodes actives telles que pêches au chalut pélagique, au filet encerlant, etc., qui permettraient de connaître leur nature. Une autre façon indirecte de procéder serait de faire des évaluations à des périodes où les poissons se rassemblent par espèce pour le frai.

Nonobstant ces restrictions, cette étude a permis au pire d'obtenir une bonne connaissance de la répartition de la biomasse, tant d'un point de vue géographique que bathymétrique, et de son mode de regroupement.

Telle quelle, cette méthode est donc très bien adaptée à une étude écologique des poissons et, avec certaines réserves, à une évaluation quantitative.

Manuscrit reçu au Service des Publications le 26 janvier 1977.

BIBLIOGRAPHIE

- ALLEN (K. R.), 1971. — Relation between production and biomass. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 28 : 1573-1581.
- ANONYME, 1969. — Scientific echosounding systems. Calibration of hydroacoustical instruments. *SIMRAD*, Bulletin 6.
- CHASSAING (B.), OLIVE (P.), PELLETIER (J. P.), SIWERTZ (E.), 1975. — Évolution biogéochimique du lac Léman de 1957 à 1973 (III). *Archives des Sciences*, 28, 2 : 203-216.
- JOHANNESSON (K. A.), LOSSE (G. F.), 1973. — Some results of observed abundance estimations obtained in several UNDP/FAO Resource Survey Projects. *FAO Symposium on acoustic methods in fisheries research*, Contribution 3, 77 p.
- JOHANNESSON (K. A.), 1974. — Évaluations quantitatives préliminaires de stocks de poissons pélagiques du lac Tanganyika au moyen de méthodes d'intégration d'échos. *Symposium sur les méthodes de prospection, de surveillance et d'évaluation des ressources ichthyologiques dans les lacs et grands cours d'eau*, EIFAC/74/1/ Symp-54, 13 p.
- LAURENT (P. J.), 1972. — Lac Léman : effects of exploitation, eutrophication and introduction on the salmonid community. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 29 : 867-875.
- PELLETIER (J. P.), 1973. — Contribution à l'étude de la production primaire du lac Léman. *Thèse, Université de Provence, Biologie appliquée*, 112 p.
- PELLETIER (J. P.), 1976. — Le plancton du Léman, région centrale et sud du Grand Lac. Campagne 1975. *Rapports sur les études et recherches entreprises dans le bassin lémanique. Programme quinquennal 1971-1975. Campagne 1975* : 139-147.