**Zeitschrift:** Archives des sciences et compte rendu des séances de la Société
**Herausgeber:** Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
**Band:** 51 (1998)
**Heft:** 1

**Artikel:** Le zooplancton du Léman : compartiment incontournable du réseau trophique

**Autor:** Balvay, Gérard

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-740143

**Nutzungsbedingungen**
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**Conditions d'utilisation**
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**Terms of use**
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 09.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch**

| Archs Sci. Genève | Vol. 51 | Fasc. 1 | pp. 45-54 | Avril 1998 |
|---|---|---|---|---|

# LE ZOOPLANCTON DU LÉMAN COMPARTIMENT INCONTOURNABLE DU RÉSEAU TROPHIQUE

PAR

**Gérard BALVAY***

ABSTRACT

**Zooplankton in Lake Geneva, the essential link in the trophic chain.** - Zooplankton abundance fluctuates according to the availability of phytoplanktonic resources which depend of the nutrient content.

The evolution of zooplankton abundance, expressed as settled zooplankton, has followed trophic level changes of Lake Geneva.

The current improvement phase in Lake Geneva exhibits an unsteadiness identical to the one observed from 1963 to 1969, however lasting since 8 years.

**Key-words:** zooplankton, trophic chain, eutrophication, long-term changes.

## INTRODUCTION

Le zooplancton, ou plancton animal, est constitué par l'ensemble des organismes de petite taille, hétérotrophes, qui synthétisent leur propre substance organique en absorbant des particules organiques, vivantes ou mortes. Ces organismes flottent au sein des eaux et ils sont aptes à se déplacer mais leurs mouvements natatoires sont trop faibles pour résister aux courants se développant dans le milieu aquatique.

Cette communauté est caractéristique des milieux dits stagnants ou à faible vitesse de renouvellement des eaux, mais elle peut également coloniser les zones d'eau calme des rivières, en particulier dans les herbiers littoraux ou les zones d'eau morte des cours d'eau.

## COMPOSITION DU ZOOPLANCTON

Trois groupes principaux composent la majeure partie du zooplancton d'eau douce: les rotifères (apparentés aux "vers") et les crustacés cladocères et copépodes.

Les rotifères sont des organismes de petite taille (40 à 200 µm pour la plupart d'entre eux) qui se déplacent à l'aide d'une couronne de cils vibratiles ou rampent à la surface d'un substrat solide et dont le corps présente, selon les espèces, une cuticule plus ou moins épaissie (lorica). Les rotifères ont dans leur grande majorité une

*INRA Station d'Hydrobiologie Lacustre, BP 511, F-74203 Thonon-les-Bains Cedex.

reproduction parthénogénétique, les mâles de certaines espèces étant encore inconnus à l'heure actuelle. Les cladocères possèdent un corps enfermé dans une carapace bivalve, nagent avec leurs longues antennes et se reproduisent essentiellement par parthénogenèse. Les copépodes ont un corps segmenté dont le nombre des segments augmente progressivement jusqu'au stade adulte; ils sont aisément séparables en cyclopoïdes (antennules courtes, femelles avec 2 sacs d'œufs de part et d'autre de l'abdomen) et en calanoïdes (antennules aussi longues que le corps, un seul sac ovigère situé sous l'abdomen). Les copépodes se reproduisent uniquement par voie sexuée.

A ces groupes principaux viennent s'ajouter des protozoaires (rhizopodes et ciliés), des stades juvéniles de mollusques lamellibranches (larves véligères planctoniques de la moule zébrée d'eau douce *Dreissena polymorpha*), des larves de diptères (*Chaoborus*, "moustique" non piqueur), et parfois des méduses (*Craspedacusta sowerbyi*) (BALVAY, 1990). Même les très jeunes larves de poissons, incapables de nager à contre-courant, constituent temporairement un zooplancton particulier: l'ichtyoplancton.

## COMPORTEMENT ALIMENTAIRE

Le choix de la nourriture repose sur un certain nombre de critères relatifs aux proies (taille, morphologie, nature, abondance, comportement natatoire, contraste visuel, etc.) et aux prédateurs (taille des individus, morphologie et fonctionnement des structures permettant la filtration ou la capture des proies, passé nutritionnel, etc. (POURRIOT *et al.*, 1982; BALVAY, 1995; PINEL-ALLOUL, 1995; PONT, 1995). Le régime alimentaire des différentes espèces zooplanctoniques dépend initialement du fonctionnement des mécanismes de filtration de l'eau et de capture des proies.

Pour collecter leur nourriture, les ciliés et de nombreux rotifères filtrent l'eau à l'aide d'un appareil ciliaire plus ou moins complexe et évolué alors que la plupart des cladocères et des calanoïdes disposent d'appendices munis de soies et de sétules.

Le zooplancton herbivore (ou filtreur ou non prédateur) renferme des animaux à tendance herbivore, consommant tout à la fois des algues phytoplanctoniques, de la matière organique détritique et des bactéries. Ce sont en particulier les rotifères et la plupart des cladocères, consommateurs primaires.

Les espèces carnassières (zooplancton prédateur ou consommateurs de second ordre) se nourrissent d'organismes zooplanctoniques en utilisant leurs appendices céphaliques ou thoraciques pour saisir et ingérer leurs proies. Ce zooplancton prédateur comprend les grands cladocères prédateurs *Leptodora* et *Bythotrephes*, un grand nombre de cyclopoïdes (surtout aux stages âgés) et les larves de *Chaoborus*.

En première approximation, on peut admettre que la taille des proies ingérées est proportionnelle à celle des organismes filtreurs (PONT, 1995). L'éventail des tailles du zooplancton filtreur, de moins de 100 µm à 2-3 mm, permet d'exploiter la plupart des algues phytoplanctoniques, avec toutefois une préférence accrue pour les cellules isolées et de petite taille (nanoplancton). Il est plus difficile d'établir une échelle de

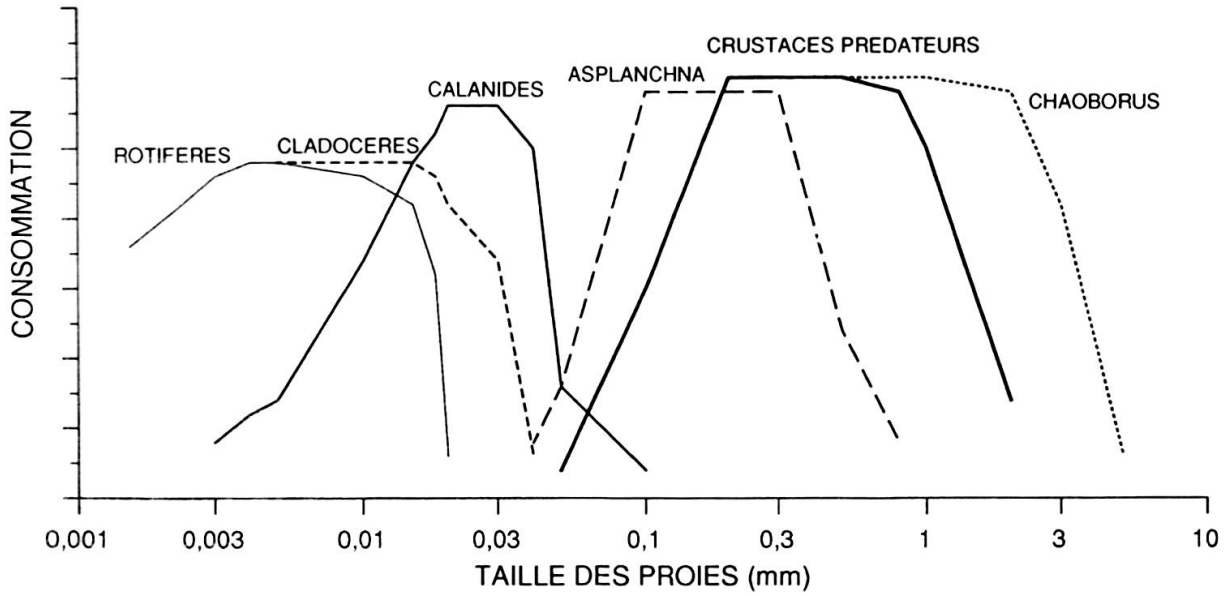



FIG. 1.

Intensité de la consommation des proies de différentes tailles par divers taxons du zooplancton (consommation exprimée en unités arbitraires).

taille des proies du zooplancton carnivore, certaines espèces pouvant s'attaquer à des proies plus grosses qu'elles, mais ne les consommant souvent que partiellement (Fig. 1).

L'éventail alimentaire du zooplancton est très large, allant de la sténophagie (alimentation très spécialisée) à la polyphagie (nourriture très diversifiée) et même à l'omnivorie. Cette distinction est quelque peu arbitraire car il existe une continuité entre la sténophagie et la polyphagie. C'est le cas du rotifère *Asplanchna* qui consomme des algues phytoplanctoniques lorsque celles-ci sont abondantes (*Ceratium hirundinella*, *Peridinium*, Diatomées, etc.), mais ne dédaigne pas les rotifères (*Keratella cochlearis*, *Keratella quadrata*) et les protozoaires (*Codonella*) lorsque les ressources algales s'amenuisent.

## LE ZOOPLANCTON, MAILLON FONDAMENTAL DU RÉSEAU TROPHIQUE

Le phytoplancton est à la base de la vie dans le Léman grâce à son autotrophie qui lui permet d'élaborer, par photosynthèse, de la substance végétale. Cette production végétale phytoplanctonique est alors exploitée comme ressource nutritive par le zooplancton dont le rôle consiste à faire progresser la matière et l'énergie au sein du réseau trophique.

Le zooplancton constitue un maillon essentiel du réseau trophique en transformant le phytoplancton en substance animale, produisant ainsi de la nourriture pour les poissons quelle qu'en soit l'espèce au stade alevin, et pour certaines espèces planctophages comme les corégones (féra au Léman, lavaret au Bourget, à Annecy et Aiguebelette). Une bonne adéquation entre la structure du phytoplancton et la composition du zooplancton permet finalement au lac de produire des poissons, objet des convoitises de l'homme.

Le zooplancton participe en outre au recyclage de la matière organique détritique. Par son excrétion azotée et phosphorée, il libère dans le milieu des nutriments qui seront utilisés par le phytoplancton et participe aussi à l'entretien de la pérennité du stock de matière organique détritique par mortalité naturelle, production de fèces, exuvies résultant de la mue, etc. (Fig. 2).

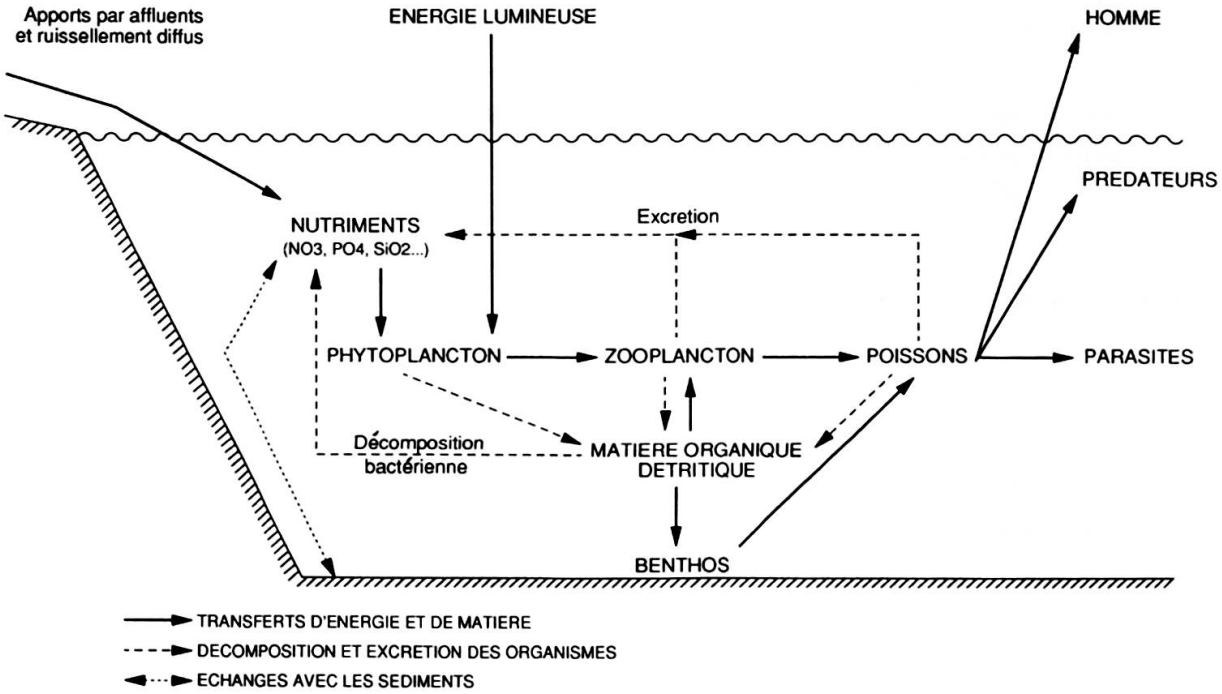



FIG. 2.
Schématisation du réseau trophique dans le Léman.

Ces multiples aspects fonctionnels du zooplancton permettent d'expliquer un certain nombre de phénomènes observés chaque année dans le Léman.

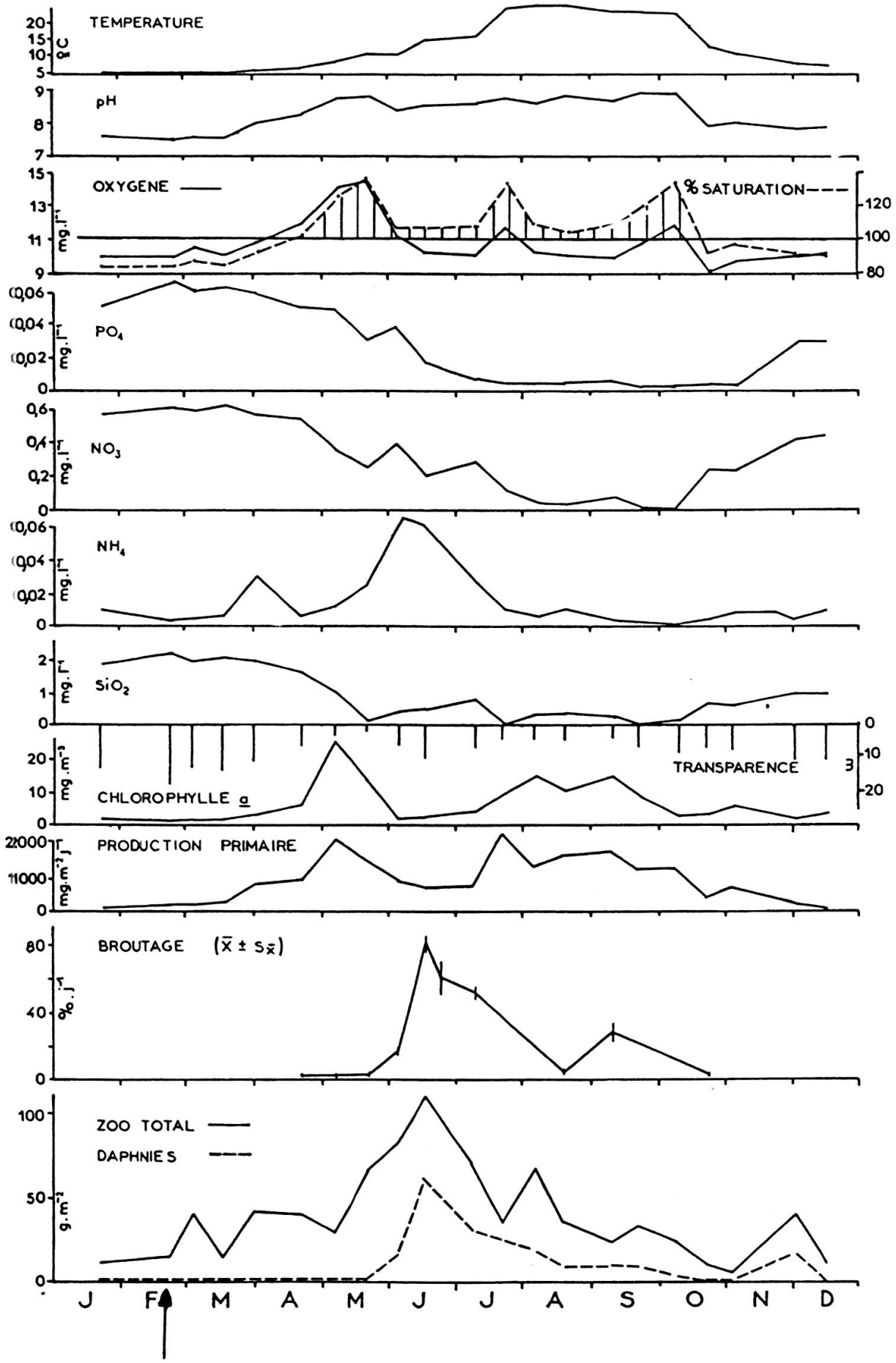
## INTERACTIONS AU SEIN DU RÉSEAU TROPHIQUE

Il existe un cycle saisonnier bien marqué pour un certain nombre de paramètres physico-chimiques et biologiques dans le Léman (Fig. 3).

Dès que la température de l'eau commence à s'élever, le phytoplancton se développe en consommant un certain nombre d'éléments qui sont indispensables à sa croissance: nitrates ($NO_3$), orthophosphates ($PO_4$), silice dissoute ($SiO_2$ pour l'élaboration des frustules des diatomées). L'augmentation de la biomasse végétale, estimée par la teneur en chlorophylle *a*, et la production primaire phytoplanctonique sont maximales en mai.

FIG. 3.

Evolution saisonnière de quelques paramètres physiques, chimiques et biologiques dans le Léman en 1985 (BALVAY *et al.*, 1986). La flèche verticale (février) correspond à la température minimale des eaux et au début du cycle biologique du lac.


TEMPERATURE
°C
pH
OXYGENE
% SATURATION
mg.l⁻¹
PO4
NO3
NH4
SiO2
CHLOROPHYLLE a
TRANSPARENCE
m
PRODUCTION PRIMAIRE
mg.m⁻².j⁻¹
BROUTAGE (X̄ ± Sx̄)
%.j⁻¹
ZOO TOTAL
DAPHNIES
g.m⁻²
J F M A M J J A S O N D

L'oxygène produit par la photosynthèse du phytoplancton enrichit progressivement les couches supérieures du lac (zone trophogène) alors que le milieu s'alcalinise (élévation du pH).

*Incidences du zooplancton sur le phytoplancton*

Le développement du zooplancton est plus tardif que celui du phytoplancton. La poussée phytoplanctonique printanière permet de subvenir aux besoins alimentaires du zooplancton herbivore représenté en particulier par les daphnies. Lorsque celles-ci sont abondantes, la pression de broutage sur le phytoplancton est extrêmement intense et contrôle fortement la biomasse et la production des algues (diminution de la teneur en chlorophylle *a* et réduction de la production primaire). Compte tenu de leur preferendum alimentaire, les daphnies éliminent surtout les algues nanoplanctoniques alors que le microplancton est peu affecté.

La brutale réduction d'abondance des algues résulte en fait du broutage, mais aussi de l'épuisement progressif des nutriments minéraux utilisés lors de la photosynthèse algale ($NO_3$, $PO_4$ et silice dissoute).

Si le contrôle de l'abondance du phytoplancton par le zooplancton s'avère être efficace durant le premier semestre, il n'en est pas de même pendant la seconde partie de l'année. En effet, lors de cette dernière période, les herbivores sont peu abondants; d'autre part, la nourriture auparavant dominée par des algues unicellulaires (diatomées, cryptophycées) ou coloniales facilement ingérables, est remplacée par des algues de plus grande taille, souvent filamenteuses (cyanobactéries), moins facilement ingérables par le zooplancton et qui ne seront utilisées qu'après fragmentation post mortem.

*Incidences du zooplancton sur la chimie des eaux*

A la fin du printemps, l'excrétion azotée et phosphorée du zooplancton permet une recharge plus ou moins importante en éléments nutritifs dans la zone trophogène occupée par le phytoplancton, enrichissant le milieu en $PO_4$ et en $NH_4$ (qui par oxydation va se transformer en nitrates). D'où non seulement l'interruption de la diminution de ces teneurs, mais également une recharge passagère en ces éléments nutritifs, l'apport par excrétion du zooplancton étant alors supérieur à leur consommation sur les algues.

Par ailleurs, lorsque la structure en taille du phytoplancton est adaptée aux exigences alimentaires du zooplancton, il s'ensuit une limitation de la sédimentation des algues et des transferts verticaux de matière organique morte, d'où une moindre consommation de l'oxygène dissous dans les couches profondes du Léman, phénomène observé en 1995 (CIPEL, 1996).

Au début d'octobre, le refroidissement de l'air abaisse progressivement la température de l'eau; les différentes couches auparavant stratifiées commencent à se mélanger et on assiste à une reconstitution des réserves en éléments nutritifs dans les couches supérieures.

*Rendement du réseau trophique*

La production primaire phytoplanctonique du Léman varie entre 174 et 359 g C/m$^2$/an (PELLETIER, 1997), soit environ de 1 à 2 millions de tonnes de phytoplancton (poids frais) produites par an. La production du zooplancton varie, selon les années, entre 8 et 30 g C/m$^2$/an, soit 80.000 à 291.000 tonnes de zooplancton (poids frais). Ce qui représente environ le dixième de la production phytoplanctonique, valeur souvent admise en passant d'un niveau de production au niveau supérieur.

Ces valeurs sont à comparer à la pêche professionnelle, qui ne concerne que la partie exploitée de la production piscicole annuelle totale. Cette pêche professionnelle représente entre 0,1 et 0,2 g C/m$^2$/an, soit un prélèvement annuel moyen de l'ordre de 700 tonnes de poissons.

## EVOLUTION À LONG TERME DU ZOOPLANCTON DANS LE LÉMAN

La qualité des eaux du Léman est suivie en permanence par la Commission Internationale pour la Protection des Eaux du Léman contre la pollution (CIPEL). Les analyses effectuées par les différents laboratoires suisses et français ont mis en évidence une dégradation progressive de la qualité du milieu jusqu'à la fin des années 70, due à l'augmentation graduelle des teneurs en phosphore dans les eaux: c'est le phénomène d'eutrophisation. Le phosphore joue le rôle d'un engrais pour le phytoplancton, entraînant une augmentation de la production algale qui, n'étant pas intégralement consommée par le zooplancton, se décompose sur place et induit une désoxygénation progressive des couches profondes du Léman; la décomposition des organismes libère par ailleurs des éléments nutritifs, d'où auto-pollution dans le lac.

Le phosphore est, en milieu stagnant, le facteur limitant de la production algale, mais les apports sans cesse croissants jusqu'à la fin des années 70, ont permis d'augmenter progressivement la production algale.

Avec la construction des stations d'épuration, la mise en place de la déphosphatation dans celles-ci à partir de 1972, l'interdiction des phosphates dans les lessives en Suisse depuis 1986 (et leur simple limitation en France), les teneurs en phosphore baissent régulièrement dans le Léman depuis le début des années 80 (BLANC *et al.*, 1997).

La structure fonctionnelle du réseau trophique est telle que toute action à un niveau quelconque se répercute sur l'ensemble du système pour aboutir à un nouvel état d'équilibre. Au cours de la phase d'eutrophie croissante du Léman, l'augmentation des teneurs en phosphore a amené un accroissement de la production végétale; les ressources nutritives pour le zooplancton s'en sont trouvées accrues et l'abondance du zooplancton a augmenté au fil des années jusqu'en 1981 (Fig. 4). Depuis cette date, la quantité de zooplancton diminue en même temps que décroissent les teneurs en phosphore. Il existe une bonne corrélation entre le phosphore total et l'abondance du zooplancton ($r = 0,74$) bien que ces deux compartiments du réseau trophique ne soient pas directement associés, le phytoplancton assurant la liaison entre eux.

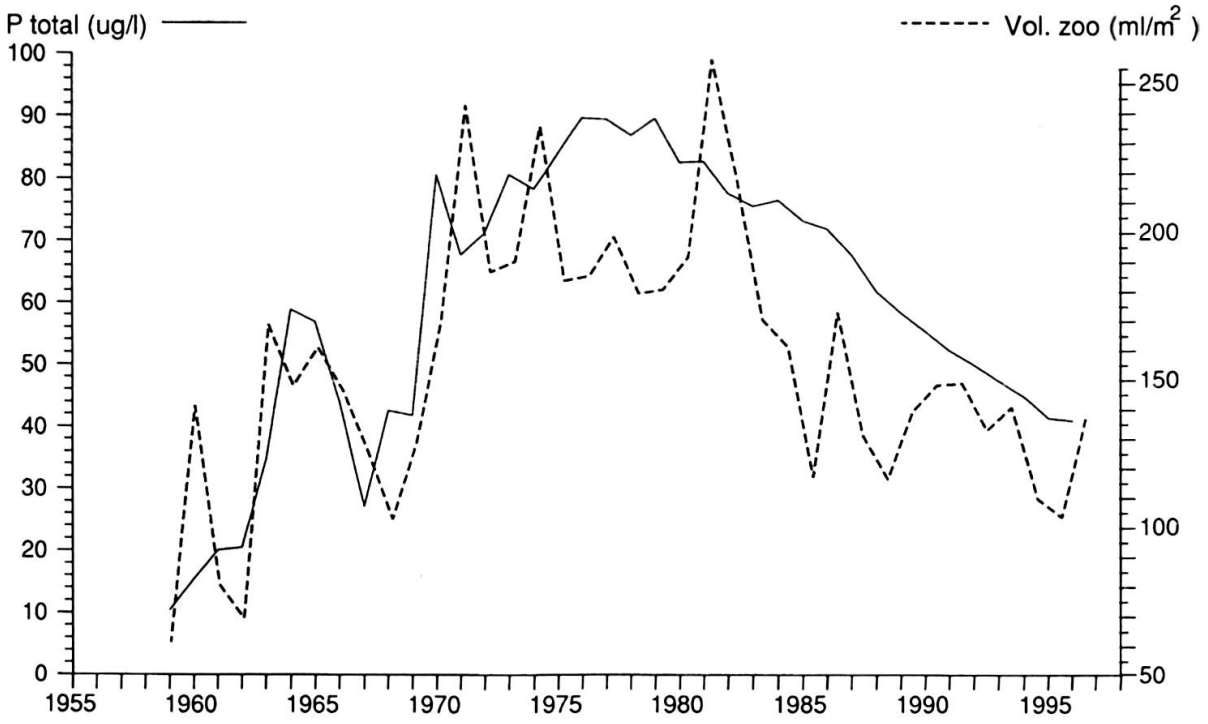



FIG. 4.

Evolution comparée de la teneur moyenne annuelle en phosphore total et de l'abondance du zooplancton.

La figure 4 met également en évidence une phase de déséquilibre précoce entre 1963 et 1969 dans le Léman.

L'utilisation d'un autre type de représentation de ces mêmes valeurs de phosphore et d'abondance du zooplancton (BALVAY, 1997) permet de montrer que l'eutrophisation n'est pas un phénomène inéluctable aboutissant à une dégradation définitive de la qualité des eaux (Fig. 5). On retrouve la phase d'instabilité observée entre 1963 et 1969, suivie d'une rapide augmentation du niveau de trophie du Léman à partir de 1970. La phase d'eutrophisation maximale a perduré de 1975 à 1979 en ce qui concerne les teneurs en phosphore total, l'abondance maximale du zooplancton survenant seulement en 1981. Depuis 1981, on assiste à une amélioration progressive de la qualité des eaux qui suit un chemin comparable à celui observé lors de la phase de dégradation de la qualité des eaux du Léman.

Actuellement, le Léman se présente dans un contexte identique à celui observé entre 1963 et 1969; durant cette période, les effets de l'eutrophisation s'étaient marqués, entre autres aspects, par des nuisances occasionnées par des algues filamenteuses engluant les filets des pêcheurs professionnels et les rendant inopérants. Ces mêmes problèmes ont été observés durant ces dernières années.

L'eutrophisation du Léman, et des plans d'eau en général, est donc un phénomène réversible qui paraît procéder des mêmes principes tant lors de la dégradation que durant la phase de réhabilitation de la qualité des eaux. L'amélioration progressive du

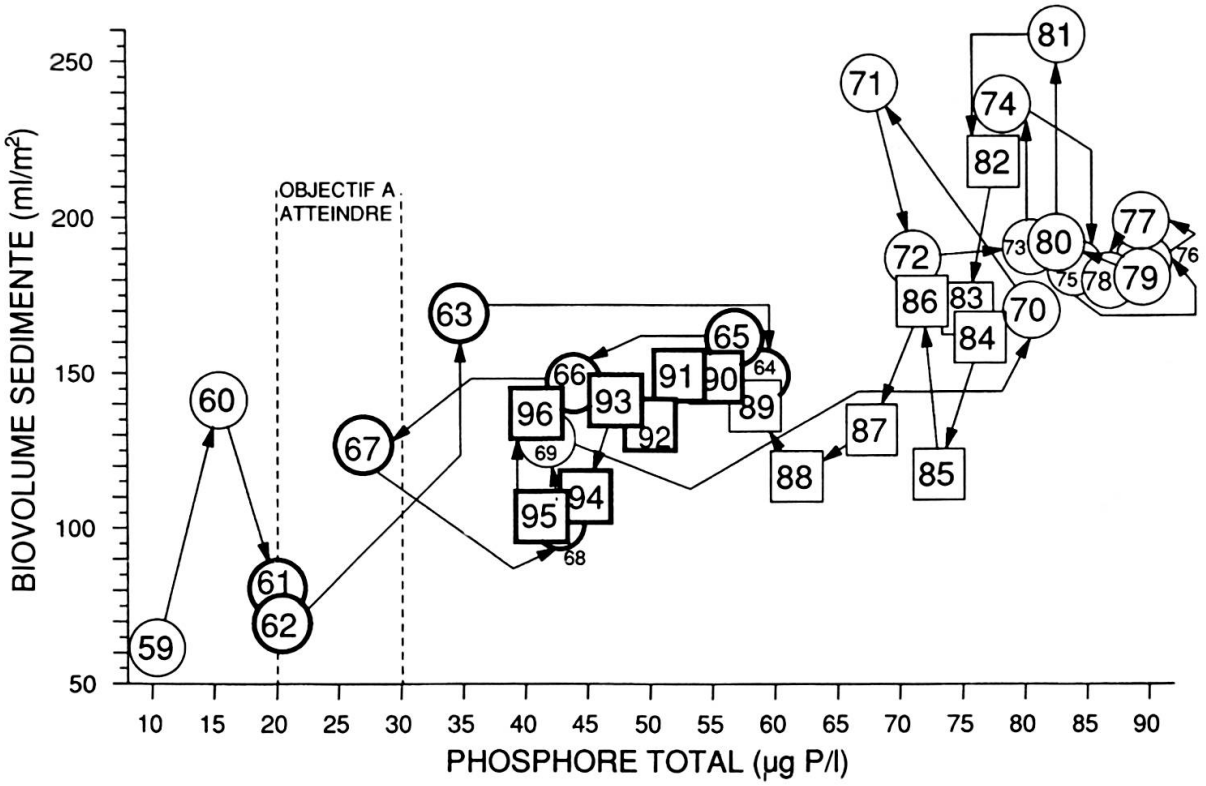



FIG. 5.

Evolution du Léman retracée à partir des variations simultanées des teneurs en P total et de l'abondance du biovolume sédimenté du zooplancton. Les cercles correspondent à la phase de dégradation des eaux, les carrés à l'amélioration progressive du Léman depuis 1981. Les années entourées d'un trait renforcé ont été caractérisées par d'importants développements d'algues filamenteuses.

milieu conduit dans le Léman à des situations identiques dans leurs conséquences à celles rencontrées lors du processus de dégradation.

Il faut espérer que cette phase actuelle de déséquilibre n'est que passagère et que le Plan d'Action LÉMAN 2000 visant à abaisser les teneurs en P total à 30 µg/l ou moins, permettra de quitter définitivement cette zone d'instabilité. La restructuration progressive du réseau trophique en fonction des nouvelles caractéristiques physico-chimiques du lac devrait entraîner le lac vers un nouvel état d'équilibre favorable dont la pérennité sera fonction de l'efficacité des mesures de protection prises sur le bassin versant du Léman.

## RÉSUMÉ

Le zooplancton représente un maillon essentiel du réseau trophique en milieu lacustre. De par sa structure et ses caractéristiques fonctionnelles, il assure le transfert de matière et d'énergie entre les producteurs primaires phytoplanctoniques et les poissons.

Les modifications de la qualité des eaux du Léman observées depuis 1960 ont eu une incidence sur l'abondance du zooplancton, celle-ci évoluant parallèlement aux teneurs moyennes annuelles en phosphore total.

Après avoir subi une dégradation continue jusqu'en 1981, le Léman se réhabilite progressivement, en passant par une phase d'instabilité identique à celle observée entre 1963 et 1969, mais de plus longue durée.

**Mots-clés:** Zooplancton, Léman, réseau trophique, évolution à long terme.

## RÉFÉRENCES

BALVAY, G. 1990. Présence de la méduse d'eau douce *Craspedacusta sowerbyi* Lankester 1880 dans le lac d'Annecy. *Archs Sci. Genève* 43 (2): 335-338.

BALVAY G. 1995. Ressources et comportement alimentaire des poissons. *In* POURRIOT R. & M. MEYBECK: Limnologie générale. Masson (éd.) Paris: 588-607.

BALVAY G. 1997. Evolution du zooplancton du Léman. Campagne 1996. *Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut.*: 79-97.

BALVAY G., J.C. DRUART, J. PELLETIER & R. REVACLIER: 1986. Evolution du plancton du Léman. Campagne 1985. *Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut.*: 49-71.

BLANC P., C. CORVI, S. KHIM-HEANG & F. RAPIN. 1997. Evolution physico-chimique des eaux du Léman. Campagne 1996. *Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut.*: 35-60.

CIPEL. 1996. Résumé et conclusions générales. Campagne 1995. *Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut.*: 13-21.

PELLETIER J.P. 1997. Evolution de la production phytoplanctonique dans le Léman. Campagne 1996. *Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut.*: 61-68.

PINEL-ALLOUL B. 1995. Les invertébrés prédateurs du zooplancton. *In* POURRIOT R. & M. MEYBECK: Limnologie générale. Masson (éd.) Paris: 541-564.

PONT D. 1995. Le zooplancton herbivore dans les chaînes alimentaires pélagiques. *In* POURRIOT R. & M. MEYBECK: Limnologie générale. Masson (éd.) Paris: 515-540.

POURRIOT, R., J. CAPBLANCQ, P. CHAMP & J.A. MEYER. 1982. Ecologie du plancton des eaux continentales. Masson (éd.) Paris, *Coll. Ecol.* 16, 198 p.