

**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 phytoplancton du Léman : base du réseau trophique  
**Autor:** Pelletier, Jean Pierre  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-740142>

### **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:** 03.05.2026

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

# LE PHYTOPLANCTON DU LÉMAN, BASE DU RÉSEAU TROPHIQUE

PAR

**Jean Pierre PELLETIER\***

## ABSTRACT

**Phytoplankton as the basis of the trophic web in Lake Geneva.** – The biomass of phytoplankton is always low, but its turnover rate is very high, as shown by primary productivity measurements. Nanophytoplanktons are easily grazed by zooplanktons and organic matter is transferred through the food chain. Larger phytoplanktons are generally not edible and organic matter is recycled by way of the microbial loop. In the seventies, dinoflagellates and cyanobacteria blooms frequently occurred, in conjunction with high total phosphorus concentrations. In the eighties and the early nineties, as total phosphorus concentration regularly decreased, microphytoplankton biomass fluctuated around lower values whereas nanophytoplankton became more important. But in 1995 and 1996, the strong development of filamentous algae in late summer indicated the unsteadiness of Lake Geneva and the need for reducing more phosphorus concentration.

**Key-words:** phytoplankton, phosphorus, seasonal variations, trophic status, Lake Geneva.

## INTRODUCTION

Dans un grand lac comme le Léman (superficie: 582 km<sup>2</sup>, profondeur maximale: 309 m, profondeur moyenne: 153 m), le phytoplancton occupe une place prépondérante par rapport aux autres végétaux chlorophylliens, macrophytes et périphyton, inféodés à la zone littorale.

Cette communication se propose de montrer le rôle que joue le phytoplancton, situé à la base du réseau trophique, dans l'écosystème lacustre, en prenant pour exemple le Léman. L'attention sera portée sur la fonction de producteur primaire du phytoplancton, puis sur les variations qualitatives et quantitatives du peuplement d'une part à l'échelle saisonnière et d'autre part à plus long terme, en fonction de l'évolution des conditions du milieu. Les résultats présentés ont été élaborés à partir de données collectées pour la plupart dans le cadre des programmes d'auscultation du Léman par la CIPEL (Commission Internationale pour la Protection des Eaux du Léman contre la pollution).

## LE PHYTOPLANCTON, PRODUCTEUR DE MATIÈRE ORGANIQUE

Comme tous les végétaux chlorophylliens, les algues et les cyanobactéries qui constituent le phytoplancton sont des organismes autotrophes, c'est-à-dire capables

---

\*INRA, Station d'Hydrobiologie Lacustre, BP 511, F-74203 Thonon cedex, France.

d'élaborer la matière organique à partir des éléments minéraux dissous dans l'eau en captant l'énergie des radiations lumineuses grâce à leurs pigments (photosynthèse). En plus de la chlorophylle *a*, indispensable à la transformation de l'énergie photonique en énergie biochimique, les diverses classes d'algues et les cyanobactéries contiennent d'autres pigments, dits accessoires, qui élargissent le spectre d'absorption de la lumière et augmentent l'efficacité de la photosynthèse. Le phytoplancton se développe dans la couche supérieure éclairée, dite zone euphotique. Cette zone superficielle atteint 5 m à 20 m dans le Léman, selon la transparence de l'eau, variable au cours de l'année.

La biomasse du phytoplancton dans les milieux naturels est très faible: de 20 à 40 g/m<sup>2</sup> de matière fraîche en moyenne annuelle dans le Léman, alors que la biomasse du zooplancton prélevé au même moment est le plus souvent bien supérieure (BALVAY, 1997). Cette situation apparemment paradoxale s'explique par le taux de renouvellement très élevé de la biomasse du phytoplancton, grâce à la multiplication rapide des organismes unicellulaires qui le constituent. Dans des conditions de développement favorables et sous réserve d'une consommation modérée par les herbivores, la biomasse peut en effet doubler en une journée.

La production de matière organique par le phytoplancton, dénommée production primaire, traduit ce taux de renouvellement. Elle est couramment évaluée soit par la quantité d'oxygène dissous libéré par la photosynthèse, soit par la quantité de carbone assimilé, mesurée après marquage par le <sup>14</sup>C. Au cours des 15 dernières années, la production primaire du Léman a oscillé entre 174 et 359 g C m<sup>-2</sup> an<sup>-1</sup> (PELLETIER, 1997), soit en adoptant une extrapolation grossière, entre 4000 et 8000 g de matière organique fraîche produite par mètre carré chaque année. Ces ordres de grandeur illustrent l'importance de la quantité de matière organique mise à la disposition des consommateurs et des décomposeurs au cours de l'année, en dépit d'un stock de phytoplancton toujours très faible. La synthèse des molécules organiques complexes par le phytoplancton résulte non seulement de l'assimilation du carbone inorganique par photosynthèse, mais aussi de l'assimilation des autres éléments majeurs et des oligo-éléments, indispensables à la constitution de la matière végétale vivante. L'azote et surtout le phosphore, susceptibles de jouer le rôle de facteur limitant, présentent un intérêt particulier.

La matière organique particulière ainsi produite sous forme de phytoplancton est riche en énergie potentiellement utilisable. Une partie est consommée par le zooplancton herbivore et s'intègre dans la chaîne alimentaire: il s'agit essentiellement des petites formes, constituant le nanophytoplancton (taille et volume de la cellule ou de la colonie respectivement inférieurs à 50 µm et 10000 µm<sup>3</sup>, selon la définition adoptée par la CIPEL). Le phytoplancton non consommé tend à sédimenter et meurt ; au cours de la sédimentation et au niveau du sédiment, la matière organique est alors décomposée par les bactéries et finalement partiellement minéralisée. Par ailleurs, de nombreuses bactéries qui se développent aux dépens de la matière organique morte sont consommées par des protozoaires (ciliés et flagellés) qui deviennent eux-mêmes la proie du zooplancton de plus grande taille. Ce mode de recyclage de la matière organique constitue

la boucle microbienne. Au processus de production primaire s'ajoutent donc les processus de consommation et de décomposition, l'ensemble constituant le cycle de la matière. Toutefois une partie de la matière particulaire détritique participe à la constitution du sédiment dans lequel elle se trouve peu à peu séquestrée, échappant ainsi au recyclage de la matière.

En réalité, le fonctionnement d'un lac tel qu'il est schématisé par le cycle décrit ci-dessus est beaucoup plus complexe et nuancé. Pour s'en tenir au compartiment phytoplancton, il faut signaler que ces organismes excrètent ou exsudent en permanence dans le milieu des molécules organiques qui sont rapidement utilisées par les bactéries. Cette production de matière organique dissoute s'ajoute à la production particulaire mesurée classiquement et joue un rôle qui se révèle de plus en plus important au fil des recherches. A l'opposé, beaucoup d'algues et de cyanobactéries planctoniques autotrophes, qui peuvent donc se développer dans un milieu exclusivement minéral, ont des capacités hétérotrophes plus ou moins développées et peuvent assimiler directement des petites molécules organiques dissoutes. Certaines espèces, notamment parmi les diatomées, doivent même trouver dans le milieu les vitamines qu'elles sont incapables de synthétiser elles-mêmes. Une telle variété dans les capacités métaboliques propres à chaque espèce du phytoplancton contribue au déterminisme des successions saisonnières et de l'évolution à long terme des populations, les facteurs prépondérants restant les facteurs climatiques et trophiques.

### VARIATIONS SAISONNIÈRES

Sous l'influence des conditions climatiques et des conditions hydrodynamiques induites, et selon la disponibilité des nutriments, le phytoplancton du Léman présente au cours de l'année des variations bien marquées, comme l'illustre l'exemple de l'année 1996 (Fig. 1).

Pendant l'hiver, les nitrates et les phosphates sont abondants dans la couche supérieure par suite du brassage d'une grande partie de la masse d'eau, alors à une température uniforme voisine de 6°C. De février à début mars, l'homogénéisation thermique et chimique affecte les 200 premiers mètres (BLANC *et al.*, 1997). Elle n'atteint le fond du lac qu'à la suite d'hivers particulièrement froids: le dernier brassage complet, encore appelé «retournement» du Léman, remonte au début du mois de mars 1986. Au cours de l'hiver, le phytoplancton est très peu abondant, non seulement en raison de la température basse et du faible éclaircissement, mais surtout par suite des turbulences qui affectent une couche d'eau très épaisse et qui entraînent les microalgues en dessous de la zone euphotique.

En mars et avril, lorsque les conditions climatiques (temps ensoleillé et absence de vent) permettent un réchauffement des eaux superficielles, le phytoplancton commence à se développer. Il s'agit d'espèces unicellulaires de très petite taille, en particulier de diatomées centriques (*Stephanodiscus*, *Cyclotella*) et de cryptophycées (*Rhodomonas*, *Cryptomonas*) (NAEF *et al.*, 1997; PELLETIER *et al.*, 1997). Ce nanophytoplancton se

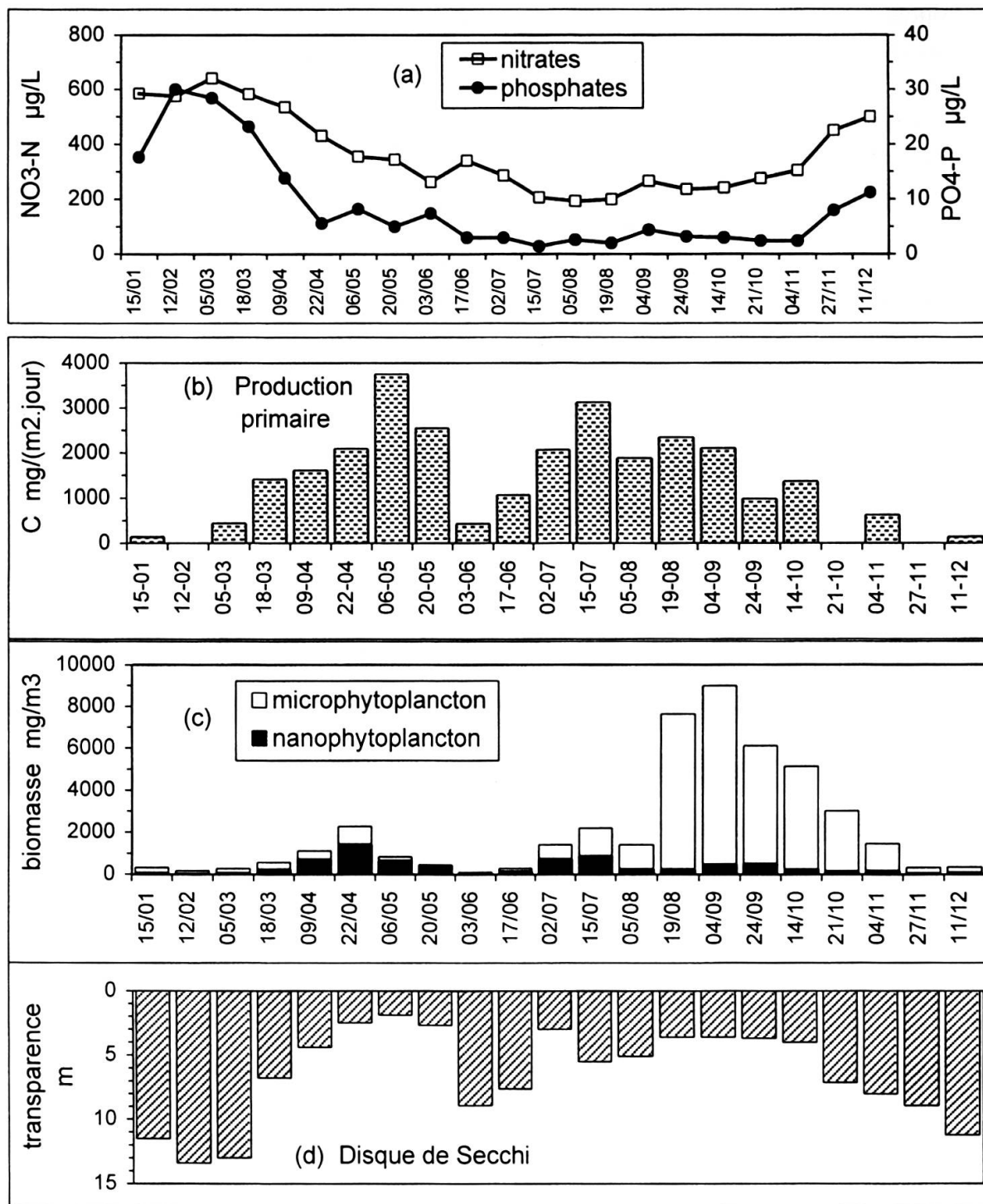


FIG. 1.

Variations saisonnières du phytoplancton du Léman (centre du Grand Lac) et des paramètres associés en 1996: (a) concentrations en nitrates et phosphates dans la couche 0-10 m; (b) production primaire; (c) biomasse du nano- et du microphytoplancton dans la couche 0-10 m; (d) transparence mesurée par le disque de Secchi.

caractérise par un taux de multiplication rapide lui permettant de coloniser un milieu pratiquement vide et enrichi en éléments nutritifs par suite du brassage hivernal des eaux. La biomasse atteint son maximum printanier fin avril et la production primaire culmine en mai (PELLETIER, 1997) lorsque la stratification thermique, déjà bien installée, assure une bonne stabilité de la couche superficielle. La transparence des eaux est alors à son minimum. Le développement du phytoplancton s'accompagne d'une diminution rapide des nitrates et surtout des phosphates.

On observe régulièrement en juin la «phase des eaux claires» qui résulte de la quasi disparition du phytoplancton et se manifeste par une grande transparence des eaux. Le contrôle du phytoplancton par l'effet limitant des éléments nutritifs n'est pas prépondérant dans le Léman à cette époque. En revanche, le zooplancton herbivore et notamment les daphnies, devenues très abondantes en juin (BALVAY, 1997), jouent un rôle primordial dans l'élimination des algues nanoplanctoniques qui constituent leur nourriture de prédilection.

En été et en automne se développent surtout des espèces de plus grande taille ou coloniales qui, de ce fait, sont difficilement consommées par le zooplancton. En août et septembre 1996, la très forte biomasse de phytoplancton observée est due en grande partie à la prolifération de l'algue verte filamenteuse du genre *Mougeotia* (conjuguée). Cette espèce n'est pratiquement pas consommée par le zooplancton et sa grande abondance résulte de son accumulation dans le milieu. A cette période, la production primaire est en effet peu importante par rapport à l'énorme biomasse présente. La prolifération du phytoplancton est alors limitée par la faible disponibilité des phosphates dont la concentration globale dans la couche 0-10 mètres n'excède pas quelques  $\mu\text{g/L}$ .

## EVOLUTION À LONG TERME

A la fin des années 50, la concentration moyenne en phosphore total dans le Léman était de l'ordre de  $10 \mu\text{g/L}$ . Elle a augmenté rapidement pour atteindre  $90 \mu\text{g/L}$  à la fin des années 70, puis elle a progressivement diminué pour tomber à  $40 \mu\text{g/L}$  en 1996 (BLANC *et al.*, 1997). Cette régression du phosphore résulte de la mise en place progressive dès 1971 de systèmes de déphosphatation dans les stations d'épuration du bassin versant lémanique, en complément de l'épuration classique. L'interdiction en Suisse dès 1986 de l'utilisation de polyphosphates dans les lessives, ainsi que leur limitation plus tardive en France, ont renforcé l'effet de la déphosphatation. D'autres mesures allant dans ce sens concernent l'efficacité du réseau d'assainissement, grâce notamment à la séparation des eaux pluviales et des eaux usées, pour éviter en période de fortes pluies le rejet direct d'eaux usées non traitées et leur dilution dans les stations d'épuration. Un effort important porte actuellement sur les pollutions d'origine diffuse, combattues par des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement aquatique (utilisation judicieuse des engrais, lutte contre l'érosion des sols). L'ensemble de ces mesures a abouti à une réduction de plus de 50% de la concentration en phosphore total dans les eaux du Léman. Dans ce contexte, comment réagit le phytoplancton et comment se comporte le lac?

L'évolution globale de la biomasse annuelle moyenne du phytoplancton est représentée en considérant deux classes de taille, le nanophytoplancton et le microphytoplancton (Fig. 2). Dans les années 70, les biomasses du microphytoplancton sont en général très élevées. Dans les années 80, on observe en dépit de fluctuations inter-annuelles marquées une diminution du microplancton, alors que le nanoplancton prend de l'importance. Puis, paradoxalement, une tendance inverse semble s'amorcer à partir de 1992. Ces variations quantitatives correspondent à des changements dans la composition du peuplement.

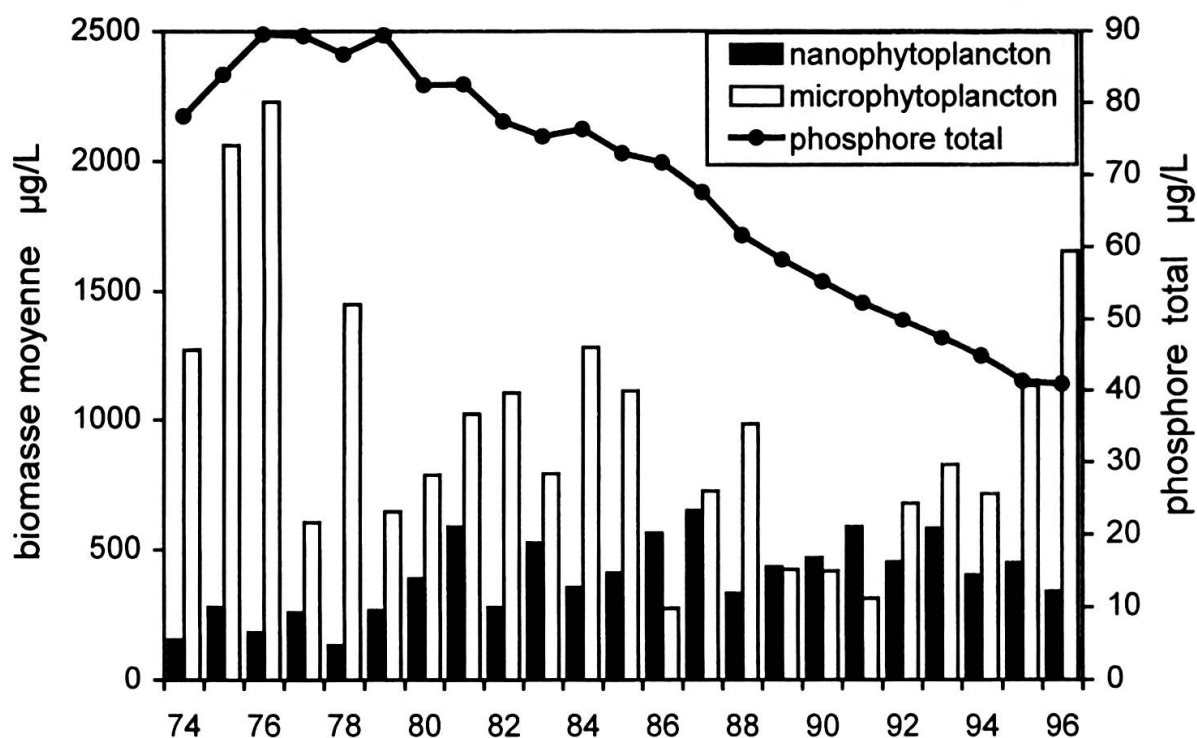


FIG. 2.

Evolution à long terme de la concentration en phosphore total (moyennes annuelles pondérées sur l'ensemble du lac) et de la biomasse du nano- et du microphytoplancton (moyennes annuelles dans la couche 0-10 m) dans le Léman (centre du Grand Lac).

A la fin des années 70, des proliférations algales fréquentes aboutissent à des accumulations appelées «fleurs d'eau». Dans le courant de l'été, les eaux sont fréquemment parsemées de taches brun-rouge dues à l'accumulation de la dinophycée *Ceratium hirundinella*. Cette espèce de grande taille (120 µm) possède un organe rudimentaire sensible à la lumière et deux flagelles locomoteurs, ce qui lui permet de s'accumuler en essaims en forme de galette à quelques mètres en dessous de la surface, à une profondeur où l'éclairement est optimal pour la photosynthèse. En début d'automne, elle laisse généralement la place à une cyanobactérie filamenteuse, *Oscillatoria rubescens*, qui, comme son nom l'indique, colore les eaux en rouge. En fin de développement, cette cyanobactérie monte jusqu'à la surface et s'accumule sous l'effet du vent dans des zones abritées ; elle peut alors constituer une couche épaisse qui se

décompose rapidement. Etant peu comestibles pour le zooplancton, ces deux espèces du microplancton deviennent dominantes et constituent des «fleurs d'eau» spectaculaires. Bien qu'encore présentes actuellement, elles sont beaucoup moins abondantes et ne causent plus de nuisances. *O. rubescens* se cantonne désormais vers 10 m de profondeur, à un niveau où elle trouve encore suffisamment de sels nutritifs, ses pigments rouges lui permettant de capter les radiations vertes qui pénètrent le plus profondément dans le Léman.

Dans les années 80, le nanophytoplancton prend de l'importance. Il est constitué essentiellement de diatomées centriques, de cryptophycées et de chlorophycées. Ces espèces à développement rapide constituent une nourriture de choix pour le zooplancton. Elles sont consommées au fur et à mesure de leur production, et la matière et l'énergie qu'elles représentent sont transférées dans la chaîne alimentaire directe. Leur importance relative dans la biomasse limite les nuisances et favorise un fonctionnement efficace de la chaîne alimentaire directe qui aboutit au poisson.

Dans les années 90, on voit réapparaître des espèces autrefois abondantes et qui ont disparu au cours de l'eutrophisation (diatomées centriques du genre *Cyclotella*). Cependant, les fortes biomasses de microphytoplancton qui caractérisent les années 1995 et 96 vont à l'encontre de l'évolution observée antérieurement. Elles sont essentiellement dues à la prolifération en août et septembre de la conjuguée *Mougeotia* en 1995 et de la xanthophycée *Tribonema* l'année suivante. Ces algues constituent des filaments atteignant quelques centaines de  $\mu\text{m}$  de long qui se déposent sur les filets de pêche (grands pics) et les rendent inefficaces. Bien que moins spectaculaire que les fleurs d'eau observées dans les années 70, leur prolifération en fin d'été gêne considérablement les pêcheurs professionnels. Ces espèces étaient déjà apparues à la fin des années 60, alors que les concentrations en phosphore étaient du même ordre de grandeur qu'actuellement.

Les pullulations récentes d'algues filamenteuses témoignent de la persistance d'une grande instabilité biologique dans le Léman. La concentration en phosphore est encore trop importante pour éviter les proliférations algales. Il est donc nécessaire de poursuivre l'effort de réduction des apports, pour atteindre l'objectif de la CIPEL: limiter la concentration en phosphore dans les eaux du Léman à 30  $\mu\text{g/L}$ .

## RÉSUMÉ

La biomasse du phytoplancton est toujours basse, mais son taux de renouvellement est très élevé, comme le montrent les mesures de production primaire. Les formes nanoplanctoniques sont facilement consommées par le zooplancton herbivore, de sorte que la matière et l'énergie sont transférées dans la chaîne alimentaire. En revanche, les espèces de plus grande taille sont peu comestibles et la matière organique est alors recyclée par l'intermédiaire de la boucle microbienne. Dans les années 70, période au cours de laquelle le phosphore atteint les concentrations les plus élevées, les «fleurs d'eau» à dinophycées et à cyanobactéries sont fréquentes. A partir de 1981, alors que la concen-

tration en phosphore total décroît régulièrement, la biomasse du microphytoplancton oscille autour de valeurs plus basses tandis que le nanophytoplancton prend de l'importance. Mais en 1995 et 96, le fort développement d'algues filamenteuses en fin d'été indique l'état instable du Léman et la nécessité de réduire encore la concentration en phosphore.

**Mots-clés:** phytoplancton, phosphore, variations saisonnières, état trophique, Léman.

### RÉFÉRENCES

- BALVAY, G., 1997. Evolution du zooplancton du Léman. Campagne 1996. *Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut.*: 79-97.
- 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.
- NAEF, J., A. FINK & H. GREPPIN, 1997. Plancton du Lac Léman (XXII) - Année 1996. *Saurea* 28: 155-188.
- PELLETIER, J.P., 1997. Evolution de la production phytoplanctonique dans le Léman. Campagne 1996. *Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut.*: 61-68.
- PELLETIER, J.P., J-C. DRUART & R. REVACLIER, 1997. Evolution du phytoplancton du Léman. Campagne 1996. *Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut.*: 69-77.