

ZOOPLANCTON DU LÉMAN

THE ZOOPLANKTON OF LAKE GENEVA

CAMPAGNE 2012

PAR

Marie-Elodie PERGA et Leslie LAINE

STATION D'HYDROBIOLOGIE LACUSTRE (INRA), BP 511, F - 74203 THONON LES BAINS Cedex

RÉSUMÉ

*Contrairement aux autres années où le zooplancton montrait deux pics d'abondances, les changements saisonniers d'abondance des crustacées du zooplancton en 2012 ont suivi une dynamique unimodale, plus typique d'un lac eutrophe que mésotrophe. La dynamique du zooplancton en 2012 est donc cohérente avec celle du phytoplancton, elle aussi marquée par des espèces plus typiquement eutrophes. Le pic printanier d'abondance est bien présent et marque la phase des eaux claires aux alentours du 24 mai. L'absence de pic automnal, contrairement à ce qui a été plus traditionnellement observé les années précédentes, pourrait être reliée aux biomasses exceptionnelles de la cyanobactérie *Aphanizomenon flos-aquae* en automne 2012. Ainsi, l'absence de reprise de croissance automnale du zooplancton serait due à une limitation par la qualité nutritionnelle du phytoplancton, conformément au modèle réactualisé de dynamique planctonique des lacs eutrophes du Plankton Ecology Group.*

La diminution de la densité crustacéenne, observée depuis 1984, se poursuit. L'analyse des ratios entre abondance zooplanctoniques et biomasses phytoplanctoniques confirme que cette tendance résulte d'une diminution de l'efficacité des transferts trophiques entre producteurs et consommateurs primaires. Cette perte d'efficacité est corrélée à la baisse de la contribution des petites algues de bonne qualité nutritionnelle au phytoplancton total, au profit d'algues de plus grande taille (diatomées et zygothécées) dont la prévalence est favorisée par le réchauffement climatique. La diminution des abondances zooplanctoniques serait une conséquence indirecte de la baisse des concentrations en phosphore dans un contexte de réchauffement climatique.

ABSTRACT

*In contrast to previous years, when zooplankton abundances had peaked twice during the year, in 2012 the seasonal changes in crustacean abundance in Lake Geneva followed a unimodal pattern more typical of eutrophic than mesotrophic environments. In 2012, the dynamic pattern of the zooplankton was consistent with that of the phytoplankton, of which many species more typical of eutrophic lakes were observed. The spring abundance peak was very clear, and indicated that the clearwater phase had occurred around May 24th. The absence of any reduction in the abundance peak, in contrast to what had been observed in the previous years, may have been related to the high biomass of the cyanobacterium *Aphanizomenon flos-aquae* that were observed in late summer 2012. The low crustacean abundances in autumn/fall might be the consequence of limited crustacean growth as a result of the nutritional quality of the phytoplankton available, which was consistent with the new Plankton Ecology Group model of plankton dynamics in eutrophic lakes.*

Crustacean abundance has been continuously decreasing since 1984. A comparison of the phytoplankton biomass/zooplankton abundance ratios over the last 40 years confirms that this trend results from lower trophic transfer efficiency at the primary producer-consumer interface. This lower trophic transfer efficiency could be correlated to the decreasing contribution of small, highly nutritive algae to the total phytoplankton biomass in favour of larger algae (Zygothyceae and diatoms), the prevalence of which is promoted by the fall in phosphorus concentrations in a warming climate. Hence, the observed decrease in zooplankton abundance does not result from a decrease in the quality of the nutritional resources, but rather is an indirect consequence of the impacts of the decrease in phosphorus concentration and of climate change on Lake Geneva.

1. INTRODUCTION

En faisant le lien entre producteur primaire et consommateur secondaire, le zooplancton joue un rôle clé dans le fonctionnement et la dynamique de l'écosystème. Le zooplancton comprend deux principales classes : les crustacés et les rotifères. Le suivi de la CIPEL porte sur les microcrustacés (i.e. les crustacés entomostracés dont la taille est supérieure à 200 µm) récoltés dans le domaine pélagique. D'autres organismes zooplanctoniques, tels que les rotifères ou les larves véligères de la moule zébrée d'eau douce (*Dreissena polymorpha*), sont toutefois récoltés par cette méthode d'échantillonnage. Ces groupes planctoniques feront donc l'objet d'une partie complémentaire en fin de ce rapport.

En 2012, 20 campagnes de prélèvements ont été réalisées et chaque prélèvement a pu faire l'objet de comptage puisque le problème de trop fortes abondances d'algues filamenteuses n'a pas été rencontré cette année.

Ce document traite (i) des biovolumes sédimentés, (ii) de la composition spécifique de la communauté zooplanctonique et (iii) des autres groupes planctoniques observés dans les échantillons 2012 ainsi que (iv) des tendances inter-annuelles observées sur la communauté crustacéenne du Léman.

2. MÉTHODOLOGIE

L'échantillonnage, d'abord mensuel puis bi-mensuel à partir du mois de mars, s'effectue à la station SHL2, située au milieu du lac à l'aide d'un filet de vide de maille de 200 µm, lors de traits verticaux réalisés depuis 50 mètres de profondeur jusqu'en surface. Le filet à zooplancton est jumelé avec un filet à phytoplancton de vide de maille de 64 µm.

Les échantillons sont fixés au formol à 5% puis mis à décanter durant 24 heures dans des entonnoirs cylindro-coniques gradués, à l'abri des vibrations, afin de mesurer le biovolume sédimenté. Le volume du phytoplancton déposé au dessus du zooplancton n'est pas pris en compte. Par la suite, les microcrustacés sont dénombrés par espèce et stade de développement. Le dénombrement est réalisé au microscope standard sur lame de comptage à partir d'un sous-échantillon. Pour chaque catégorie taxonomique, le nombre d'individus a été ramené à l'unité de surface selon la formule suivante :

$$\text{Abondance} = N_{\text{ind.ss.ech}} \times \frac{V_{\text{ech.total}}}{V_{\text{ss.ech}}} \times \frac{H_{\text{filtrée}}}{V_{\text{filtré}}}$$

Où: $N_{\text{ind.ss.ech}}$ est le nombre d'individus dénombrés dans le sous-échantillon, $V_{\text{ech.total}}$ est le volume de l'échantillon total ajusté (en ml), $V_{\text{ss.ech}}$ est le volume du sous-échantillon (en ml), $H_{\text{filtrée}}$ est la hauteur de colonne d'eau filtrée, ou profondeur du prélèvement (50 m) et $V_{\text{filtré}}$ le volume filtré par le filet (4.81 m3).

3. RÉSULTATS

3.1 Biovolume sédimenté

Au cours de l'année, le biovolume sédimenté de zooplancton (figure 1) présente des variations saisonnières importantes, de 31 ml.m⁻² (23 février) à 415 ml.m⁻² (24 mai). Le profil temporel décrit une phase avec des biovolumes forts au printemps qui atteignent leur valeur maximale le 24 mai. L'accroissement de la population zooplanctonique entraîne une consommation accrue du phytoplancton, essentiellement les diatomées (RIMET, 2013) et devrait normalement entraîner une augmentation importante de la transparence des eaux. Or cette année, la transparence des eaux est relativement faible (2,4m) au moment de ce pic. Cette faible transparence s'explique par un pic important de la turbidité et par la présence de pollen en surface. L'augmentation de la communauté zooplanctonique ainsi que la chute de la biomasse phytoplanctonique situent la phase des eaux claires au 24 mai.

Comme au cours de l'année 2011, la transparence de la colonne d'eau est restée relativement élevée au cours de l'été et automne 2012 (entre 4,5 et 7,3 m), et ce grâce à l'absence d'efflorescence d'algues filamenteuses dans l'épilimnion (RIMET, 2013).

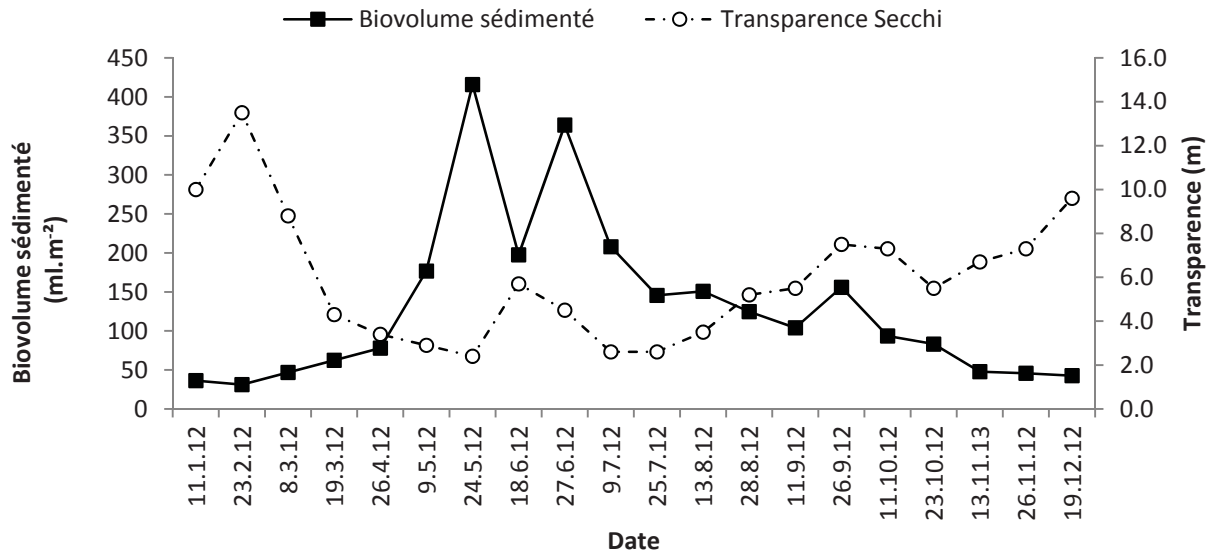


Figure 1 : Evolution saisonnière du biovolume sédimenté de zooplancton et de la transparence des eaux mesurée au disque de Secchi en 2012 (Léman, SHL2).

Figure 1: Seasonal changes in the settled biovolume and Secchi disk transparency in 2012 (Lake Geneva, SHL2).

3.2 Composition spécifique de la biocénose crustacéenne

Le zooplancton crustacéen est, chaque année, largement dominé par les copépodes. En 2012, les copépodes représentent 86% de l'abondance totale des crustacés. La sous-classe des copépodes se compose des cyclopoïdes et des calanoïdes. Contrairement à 2011, les calanoïdes sont plus abondants, représentant 46,8% de l'abondance crustacéenne totale contre 40,0% pour les cyclopoïdes. Cette tendance avait déjà été observée de 2006 à 2010.

Les calanoïdes sont représentés par une unique espèce, *Eudiaptomus gracilis*. Comme en 2011, deux espèces de cyclopoïdes ont été observées en 2012 : *Cyclops prealpinus* (24,1% de l'abondance totale des copépodes) et *C. vicinus* (1,8%). Le reste des copépodes est représenté par les stades naupliens.

La classe des branchiopodes est représentée par un unique ordre, celui des cladocères, qui en 2012 représente 13,1% de la communauté zooplanctonique crustacéenne. En termes d'effectifs, cet ordre est largement dominé dans le Léman par les espèces du complexe *Daphnia longispina* (composé de *D. hyalina* et *D. galeata* ainsi que de leurs hybrides), qui représentent 89,4% de l'ensemble des branchiopodes, les autres taxons étant minoritaires [*Eubosmina longispina* (1,3%), *Leptodora kindti* (5,7%) et *Bythotrephes longimanus* (3,6%)].

3.3 Dynamique saisonnière du zooplancton en 2012

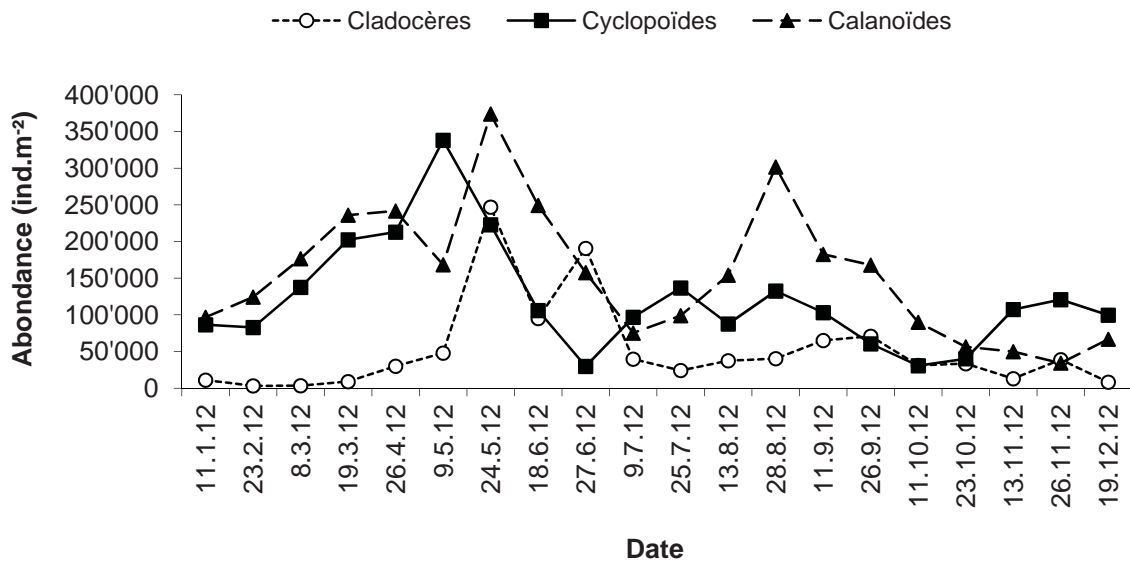


Figure 2 : Evolution saisonnière du peuplement crustacéen en 2012 (Léman, SHL2)
Figure 2 : Seasonal changes in the abundance of crustaceans in 2012 (Lake Geneva, SHL2)

Cette année, le brassage des eaux du fond et donc l'enrichissement momentané des eaux de surface en nutriments a entraîné une modification de la composition taxonomique du phytoplancton (RIMET, 2013) et donc une dynamique crustacéenne particulière. En effet, par rapport aux autres années, le peuplement crustacéen du Léman ne suit pas en 2012 une dynamique bimodale typique des lacs mésotrophes. On observe un pic d'abondance essentiellement au printemps.

En 2012, le pic printanier de cyclopoïdes apparaît le 9 mai, lors du maximum du pic printanier d'abondance phytoplanctonique (RIMET, 2013), avec des abondances proches de 340 000 ind.m⁻². Le pic des taxons (calanoïdes et cladocères) herbivores a lieu 2 semaines plus tard (24 mai), à des abondances respectives de 374 000 ind.m⁻² et 250 000 ind.m⁻², et coïncide avec la phase des eaux claires et donc les minima printaniers d'abondance phytoplanctonique (RIMET, 2013).

Si les effectifs de copépodes diminuent rapidement après le pic printanier, les cladocères restent abondants même après la phase des eaux claires, avec un maximum observé à 200 000 ind.m⁻² à la fin du mois de juin.

La période estivale est marquée par un pic important de calanoïdes le 28 août avec des abondances proches de 300 000 ind.m⁻² et des effectifs modérés pour les cladocères et les cyclopoïdes. Cette dynamique est due à la présence de nourriture de bonne qualité, telle que *Scenedesmus acutus* généralement absente à cette période de l'année (RIMET, 2013) et accessible aux calanoïdes grâce à leur forte sélectivité alimentaire (KERFOOT et al, 1991).

L'absence du pic automnal peut être expliquée par la présence de cyanobactéries comme *Aphanizomenon flos-aquae* (RIMET, 2013), algue non ingérée par le peuplement crustacéen.

Une approche plus spécifique révèle une dynamique saisonnière différente des espèces au sein même des différentes classes zooplanctoniques.

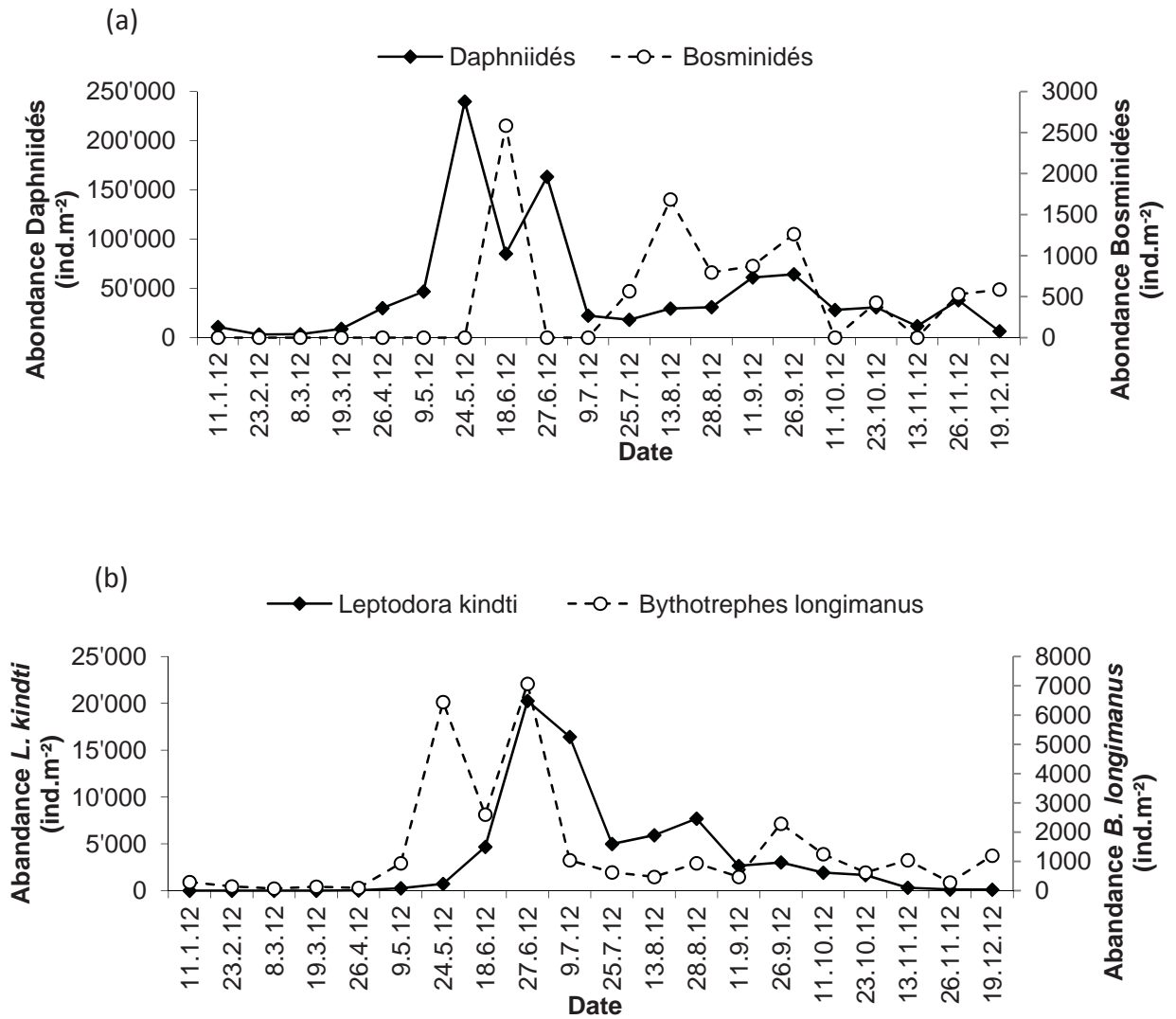


Figure 3 : Evolution saisonnière de l'abondance des Branchiopodes Cladocères a) herbivores b) carnivores en 2012 (Léman, SHL2).

Figure 3 : Seasonal changes in the abundance of herbivorous and carnivorous Branchiopoda in 2012 (Lake Geneva, SHL2).

Le pic printanier des cladocères herbivores correspond en 2012, à une augmentation de l'abondance des Daphniidés, qui atteint son maximum lors de la phase des eaux claires avec des effectifs de 250 000 ind.m⁻². Le pic des Bosminidés se produit trois semaines plus tard avec des effectifs près de 80 fois inférieurs (figure 3a), représenté exclusivement par l'espèce *E. longispina*.

A partir de juillet et ce jusqu'à la fin de l'année, les abondances de daphnies se maintiennent à des abondances de près de 50 000 ind.m⁻². Les Bosminidés montrent une augmentation au cours de la période estivale avec des effectifs de l'ordre du millier d'ind.m⁻², et en automne, des effectifs relativement faible (< 500ind.m⁻²).

Les grands cladocères prédateurs, *B. longimanus* et *L. kindti*, se caractérisent quant à eux par un développement en saison chaude (figure 3b). Le pic de *B. longimanus* a lieu dès la phase des eaux claires le 24 mai, avec un effectif de 6 500 ind.m⁻² et montre un deuxième pic un mois après (le 27 juin) en même temps que le pic de *L. kindti* pour un effectif de 20 000 ind.m⁻².

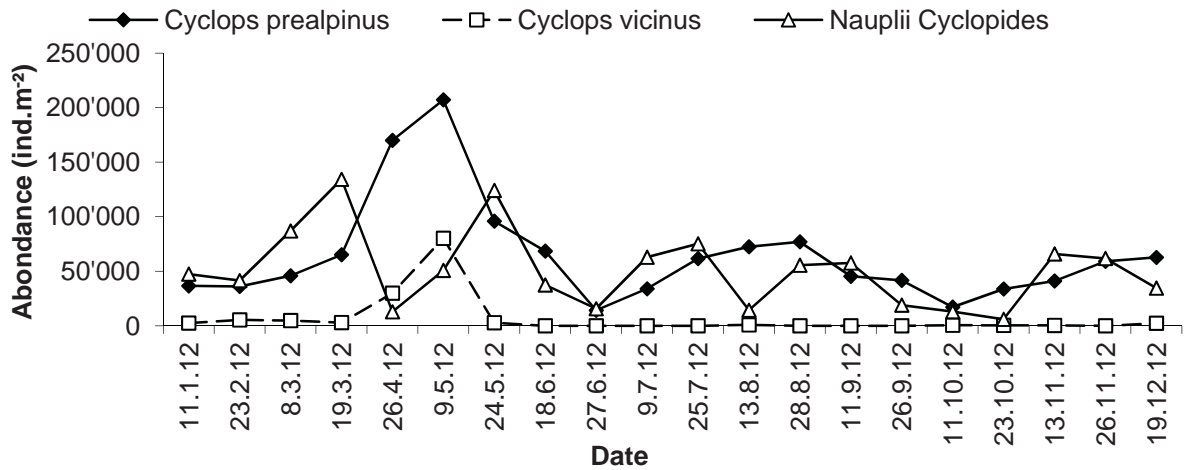


Figure 4 : Evolution saisonnière de l'abondance des cyclopoïdes en 2012 (Léman, SHL2).

Figure 4 : Seasonal changes in the abundance of cyclopids in 2012 (Lake Geneva, SHL2).

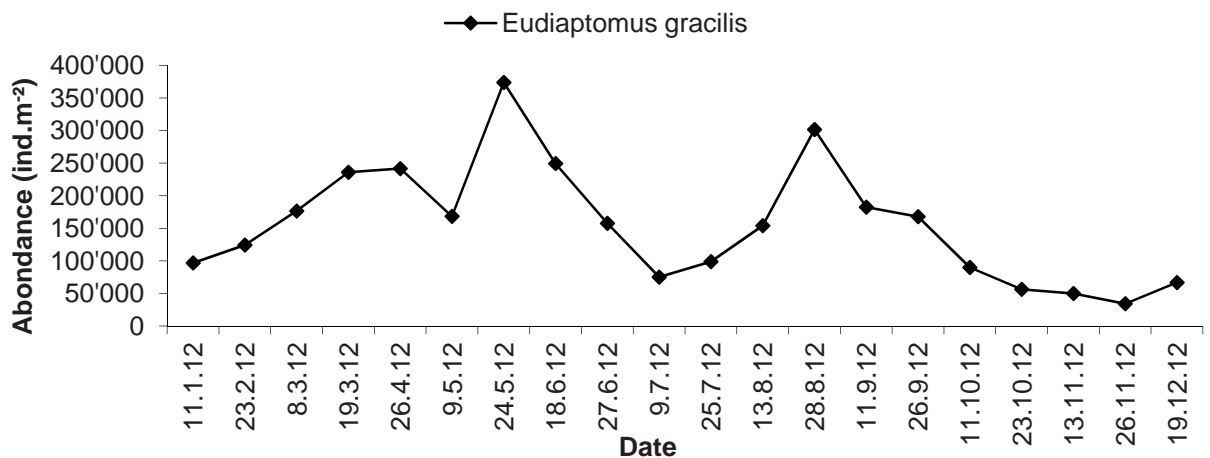


Figure 5 : Evolution saisonnière de l'abondance du calanoïde Eudiaptomus gracilis en 2012 (Léman, SHL2).

Figure 5 : Seasonal changes in the abundance calanids Eudiaptomus gracilis in 2012 (Lake Geneva, SHL2).

En 2012, les cyclopoïdes et calanoïdes ne présentent pas de dynamique saisonnière synchrone et similaire comme en 2011 (figure 4&5).

Les cyclopoïdes sont essentiellement représentés par le genre cyclops et l'espèce *C. prealpinus* est dominante par rapport à *C. vicinus* (figure 4). Comme en témoigne, l'abondance des nauplii, la population de cyclopoïdes commence à se développer tôt, dès la reprise de la croissance phytoplanktonique mi-mars (RIMET, 2013). Le maximum printanier des cyclopoïdes est atteint le 9 mai avec des abondances de 207 000 ind.m⁻² pour *C. prealpinus* et de 80 000 ind.m⁻² pour *C. vicinus*. L'abondance des deux espèces de Cyclops sp et des nauplii décroît ensuite pour rester à des effectifs <100 000 indm⁻² jusqu'à la fin de l'année.

Le calanoïde *E. gracilis* (figure 5) présente une dynamique bimodale avec un premier pic d'abondance au printemps, pendant la phase des eaux claires, avec des effectifs qui culminent à 375 000 ind.m⁻², suivi d'un deuxième pic en période estivale avec des effectifs de 300 000 ind.m⁻².

3.4 Autres groupes planctoniques

Les larves véligères de la moule zébrée apparaissent chaque année en période estivale. En 2012, les larves de dreissènes ont été très peu abondantes (maximum <6000 ind.m⁻²) (Figure 6).

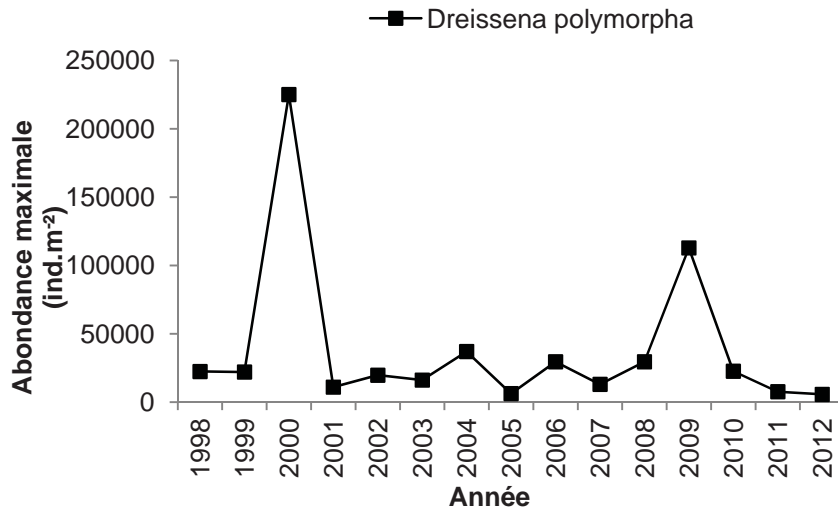


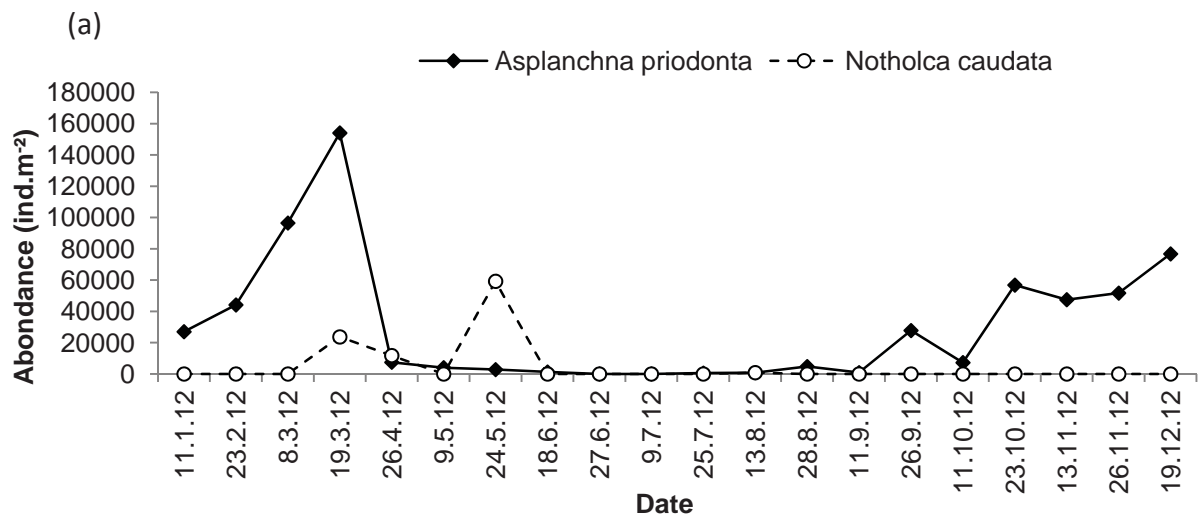
Figure 6 : Evolution de l'abondance maximale des larves planctoniques de *Dreissena polymorpha* (Léman, SHL2).

Figure 6 : Annual changes in the maximum abundance of the planktonic larvae of the zebra mussel *Dreissena polymorpha* (Lake Geneva, SHL2).

Quatre espèces de rotifères sont typiquement observées dans les prélèvements. *Asplanchna priodonta* et *Notholca caudata* sont des espèces typiquement printanières, dont l'apparition coïncide avec la reprise phytoplanktonique (Figure 7a). *Asplanchna priodonta* présente son maximum d'abondance le 19 mars avec un effectif de 155 000 ind.m⁻². Elle se présente ensuite à de faibles effectifs au printemps et en été (<5000 ind.m⁻²) mais montre des abondances relativement élevées en automne (<50 000 ind.m⁻²). Le pic de *Notholca caudata* se situe, quant à lui, le 24 mai au moment de la phase des eaux claires avec un effectif de 60 000 ind.m⁻².

La reprise de croissance de *Kellicottia longispina* est atteinte également pendant la phase des eaux claires avec des effectifs maximum de 85 000 ind.m⁻².

Conochilus unicornis atteint son maximum le 27 juin avec une abondance de 1 265 000 ind.m⁻² (Figure 7b) et présente un deuxième pic moins important synchrone avec le pic des calanoïdes le 28 août.



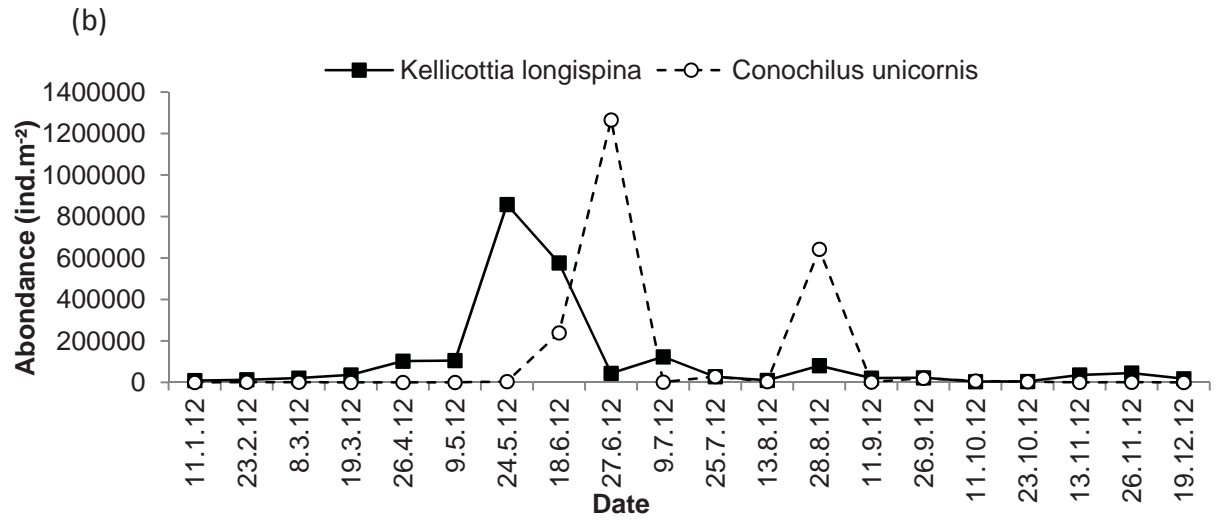


Figure 7 a&b : Evolution saisonnière de l'abondance de quelques rotifères en 2012

Figure 7 a&b : Seasonal patterns in the abundance of some Rotifera taxa in 2012.

3.5 Evolution à long-terme du zooplancton

La figure 8 présente l'évolution interannuelle des moyennes estivales calculées sur la période de mai à septembre.

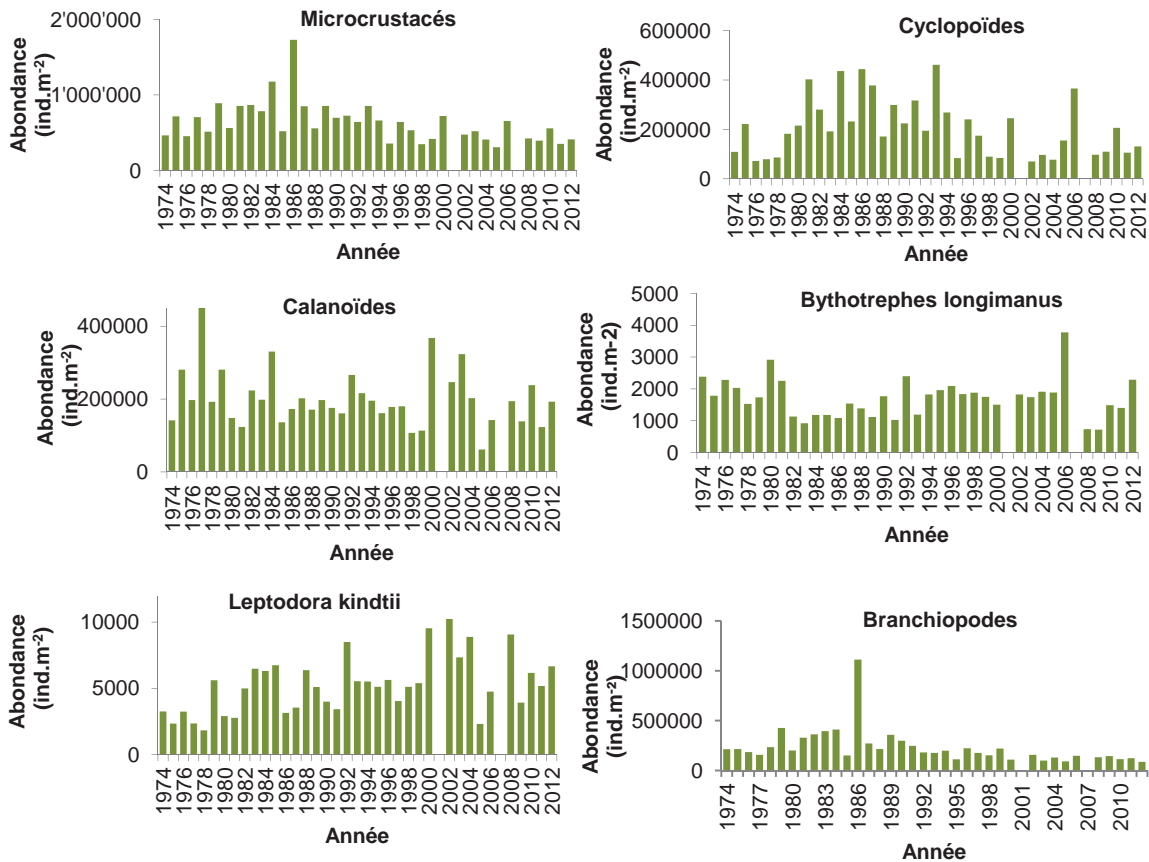


Figure 8 : Evolution interannuelle de l'abondance estivale des différentes catégories de zooplancton crustacéen (Léman, SHL2). En raison du manque d'échantillons comptables, les années 2001 et 2007 n'ont pas été incluses.

Figure 8 : Inter-annual changes in summer abundance of the crustacean zooplankton (Lake Geneva, SHL2). Years 2001 and 2007 were not included.

La tendance à la baisse chez les microcrustacés, observée depuis 1984, se confirme en 2012. Elle est liée à la diminution de l'abondance des cyclopoïdes et des branchiopodes, en particulier des daphnies. La comparaison des dynamiques à long-terme du phyto- et du zooplancton montre un net découplage entre les deux.

La diminution des abondances des micro-crustacés correspondent à une période où les biomasses algales sont importantes (Fig. 9a). Ce découplage conduit à une diminution de moitié des ratios entre abondances zooplanctoniques et biomasses phytoplanctoniques depuis le milieu des années 1990. Ce ratio traduit l'efficacité du transfert trophique entre la source alimentaire phytoplanctonique et les consommateurs primaires du zooplancton.

Ainsi la diminution de la biomasse crustacéenne est le fait de diminution de cette efficacité au cours des 25 dernières années, qui peut être directement reliée à de la qualité nutritionnelle du phytoplancton, et notamment de la diminution de la contribution des algues de petite taille et/ou bonne qualité nutritionnelle (Cryptophycées et Dinophycées, Fig 9b) au détriment des grandes diatomées et zygothécées favorisées par la baisse des concentrations en phosphore dans un contexte de réchauffement climatique (Anneville et al, 2002). La diminution des abondances de micro-crustacés résulterait essentiellement d'une diminution de la qualité de sa ressource alimentaire en lien avec l'évolution de la composition spécifique de la communauté phytoplanctonique en réponse aux changements environnementaux.

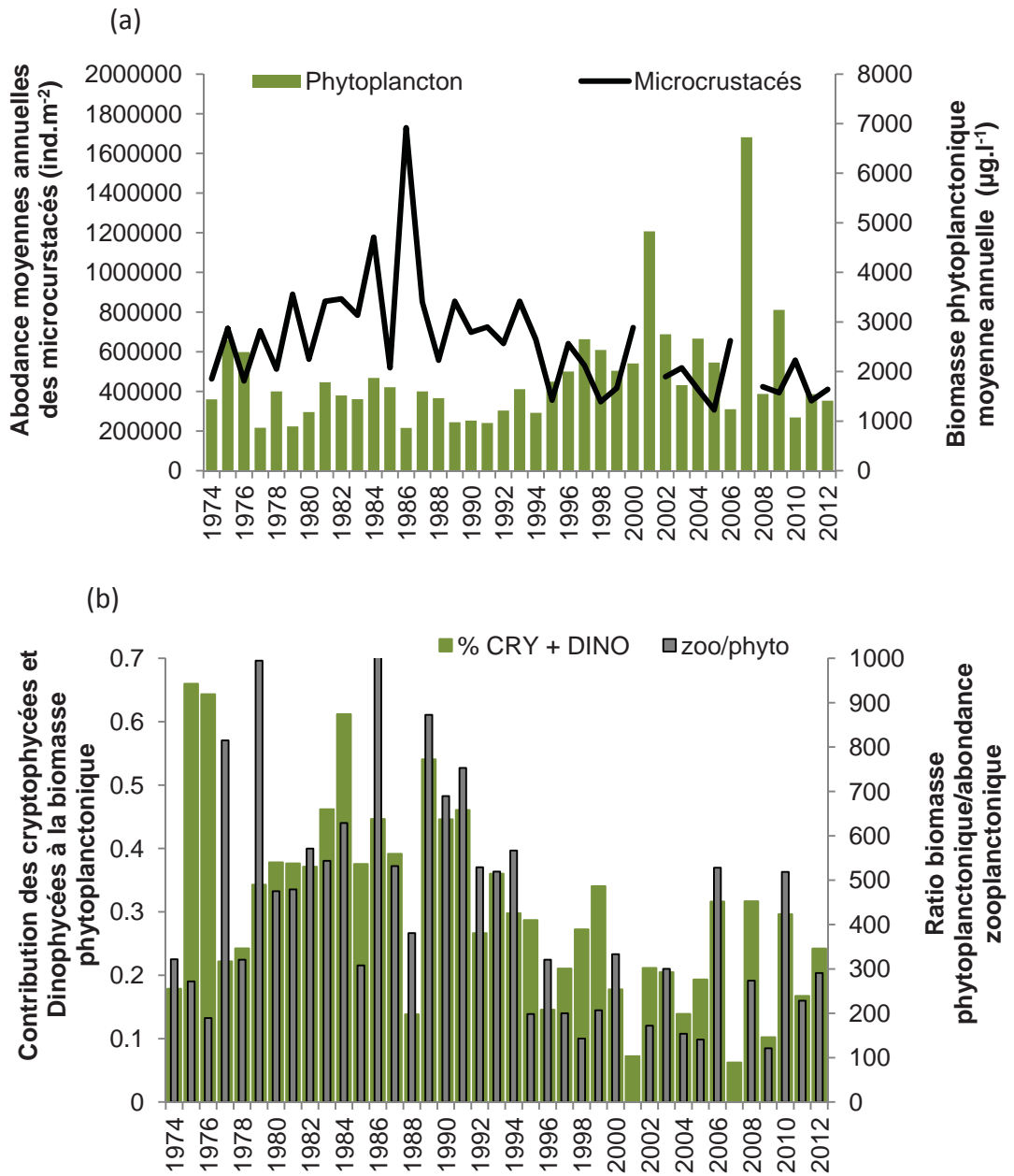


Figure 9 a) : Dynamiques comparées des biomasses phytoplanctoniques et abondances des microcrustacés. b. Dynamiques comparées du rapport zooplancton/phytoplancton et de la proportion d'algues de bonne qualité nutritionnelle à la biomasse phytoplanctonique globale dans le Léman entre 1974 et 2012.

Figure 9 a) : Inter-annual dynamics of phytoplankton biomasses and zooplankton abundances ; b. Temporal changes in the zooplankton/phytoplankton ratio and contribution of small algae to total phytoplankton biomass between 1974 and 2012 in Lake Geneva.

4. CONCLUSIONS

Contrairement aux autres années où le zooplancton montrait deux pics d'abondances, les changements saisonniers d'abondance des crustacées du zooplancton en 2012 ont suivi une dynamique unimodale, plus typique d'un lac eutrophe que mésotrophe (SOMMER et al. 2012). Le pic printanier d'abondance est bien présent et marque nettement la phase des eaux claires aux alentours du 24 mai. L'absence de pic automnal, contrairement à ce qui a été plus traditionnellement observé les années précédentes, pourrait être relié aux biomasses exceptionnelles de la cyanobactérie *Aphanizomenon flos-aquae* en fin d'été 2012.

Ainsi, l'absence de reprise de croissance automnale du zooplancton serait due à une limitation par la qualité nutritionnelle du phytoplancton, conformément au modèle réactualisé de dynamique planctonique des lacs eutrophes du Plankton Ecology Group (SOMMER et al, 2012).

BIBLIOGRAPHIE

- Anneville O, Souissi S, Ibanez F, Ginot V, Druart JC, Angeli N (2002) Temporal mapping of phytoplankton assemblages in Lake Geneva: Annual and interannual changes in their patterns of succession. *Limnol. Oceanogr.* 47:1355-1366
- KERFOOT W.C., et KIRK K.L. (1991) : Degree of Taste Discrimination among Suspension-Feeding Cladocerans and Copepods – Implications for Detritivory and Herbivory. *Limnology and Oceanography*, 36, 1107-1123.
- Rimet F. (2013). Phytoplancton du Léman, Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut., Campagne 2012, 82-93.
- SOMMER, U., ADRIAN, R., DOMIS, LD, ELSER, JJ, GAEDKE, U., IBELINGS, B., JEPPESEN, E., LURLING, M., MOLINERO, JC, MOOIJ, WM, Van Donk, E., WINDER, M. (2012) Beyond the Plankton Ecology Group (PEG) Model: Mechanisms Driving Plankton Succession. *ANNUAL REVIEW OF ECOLOGY, EVOLUTION, AND SYSTEMATICS*, 43: 429-448