

ZOOPLANCTON DU LÉMAN

THE ZOOPLANKTON OF LAKE GENEVA

Campagne 2011

PAR

Marie-Elodie PERGA et Leslie LAINE

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

RÉSUMÉ

Les changements saisonniers d'abondance des crustacées du zooplancton répondent, en 2011 comme au cours des années précédentes, au modèle classique 'Plankton Ecology Group' de dynamique du zooplancton en lac mésotrophe, avec un pic printanier d'abondance très net qui marque la phase des eaux claires aux alentours du 31 mai, suivi d'une diminution des abondances en fin de printemps et une légère reprise de croissance en fin d'automne qui coïncide avec un pic automnal de chlorophycées.

La diminution de la densité crustacéenne, observée depuis 1984, se poursuit. L'analyse des ratios entre abondances 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 l'impact du climat sur le lac.

ABSTRACT

As in previous years, seasonal changes in the abundance of crustaceae in the zooplankton in 2011, were consistent with the classical 'Plankton Ecology Group' model for mesotrophic lakes, with a marked spring abundance peak indicative of the clear-water phase that occurred around May 31st, followed by a fall in the abundances in the summer and a slight resumption in growth at the end of the autumn (Fall) which coincided with an autumnal Chlorophyceae peak.

Crustacean abundance has been continuously decreasing since 1984, and this trend was continued. A comparison of the phytoplankton biomass/zooplankton abundance ratios over the last 40 years confirms that this trend results from decreased trophic transfer efficiency at the primary producer-consumer interface. This decline in trophic transfer efficiency could be linked to the decreasing contribution of small algae of good nutritional quality to the total phytoplankton biomass with a switch to larger algae (diatoms and zygothécées) the prevalences of which are promoted by climate warming. Hence, the observed decrease in zooplankton abundance is an indirect consequence of the impact of climate 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 2011, 18 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 2010 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. En raison de leurs faibles effectifs, les *Leptodora* et *Bythotrephes* ont été dénombrés sur la totalité de l'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, $Vol_{\text{ech.total}}$ est le volume de l'échantillon total ajusté (en ml), $Vol_{\text{ss.ech}}$ 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 20 ml.m⁻² (14 février) à 415 ml.m⁻² (31 mai). Le profil temporel décrit une phase avec des biovolumes forts au printemps qui atteignent leur valeur maximale le 31 mai. L'accroissement de la population zooplanctonique entraîne une consommation accrue du phytoplancton et par conséquent une augmentation importante de la transparence des eaux. Pour cette raison, on note une correspondance entre le maximum de transparence printanier (9,5 m) et le maximum de biovolume sédimenté, le 31 mai, correspondant ainsi à la date de la phase des eaux claires.

Comme au cours de l'année 2010, la transparence de la colonne d'eau est restée relativement élevée au cours de l'été et automne 2011 (entre 4,5 et 8 m), et ce grâce à l'absence d'efflorescence d'algues filamenteuses (RIMET, 2012).

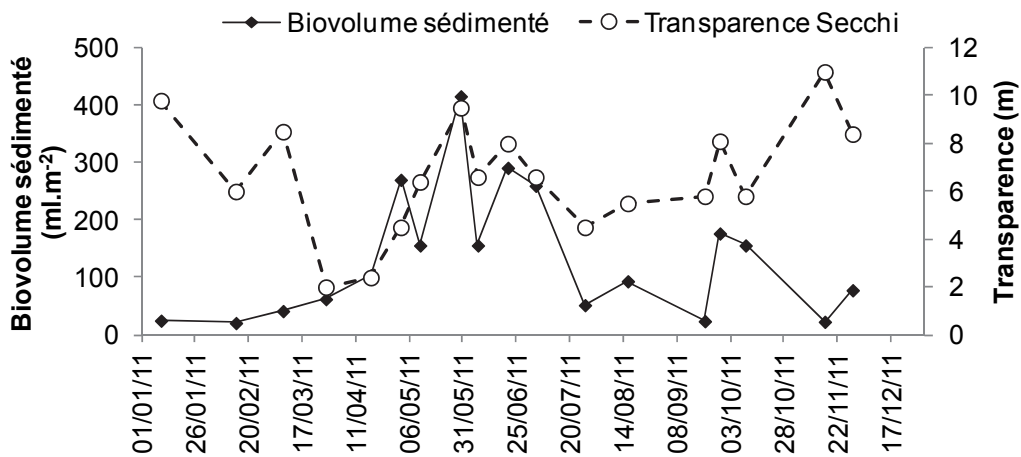


Figure 1 : Évolution saisonnière du biovolume sédimenté de zooplancton et de la transparence des eaux mesurée au disque de Secchi en 2011 (Léman, SHL2)

Figure 1: Seasonal changes in the settled biovolume and Secchi disk transparency values in 2011 (Lake Geneva, SHL2)

3.2 Composition spécifique de la biocénose crustacéenne

Le zooplancton crustacéen est, chaque année, largement dominé par les copépodes. En 2011, les copépodes représentent 77 % de l'abondance totale des crustacés. La sous-classe des copépodes se compose des cyclopoïdes et des calanoïdes. Alors que les calanoïdes ont dominé la communauté crustacéenne au cours des 5 dernières années, en 2011, les deux taxons de copépodes (calanoïdes et cyclopoïdes) sont présents en proportions équivalentes (40,2% et 40,3 % de l'abondance totale des micro-crustacés respectivement).

Les calanoïdes sont représentés par une unique espèce, *Eudiaptomus gracilis*. Deux espèces de cyclopoïdes ont été observées en 2011 : *Cyclops prealpinus* (23,9% de l'abondance totale des copépodes) et *C. vicinus* (3,1%) mais aucun individu de l'espèce *Macrocyclus albidus*, observée sporadiquement au cours de l'année 2010. 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 2011 représente 19,5 % de la communauté zooplanctonique crustacéenne. 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 77,5 % de l'ensemble des branchiopodes, les autres taxons étant minoritaires [*Eubosmina sp.* (10,9%), *Leptodora kindti* (9,5%) et *Bythotrephes longimanus* (2,0%)].

3.3 Dynamique saisonnière du zooplancton en 2011

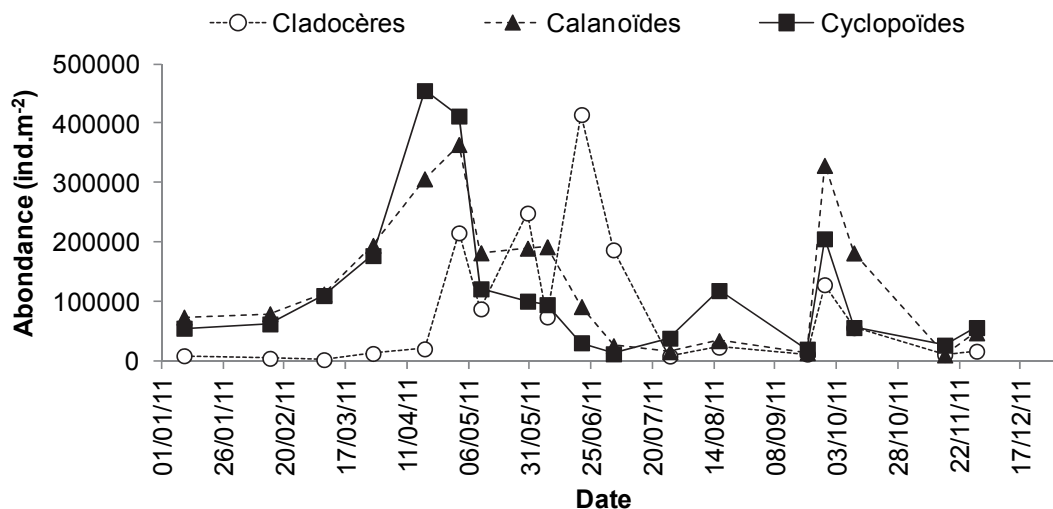


Figure 2 : Évolution saisonnière du peuplement crustacéen en 2011 (Léman, SHL2)

Figure 2: Seasonal changes in the abundance of Crustacea in 2011 (Lake Geneva, SHL2)

Classiquement, le peuplement crustacéen du Léman suit une dynamique bimodale typique des lacs mésotrophes, avec un pic d'abondance au printemps et un second pic, plus modeste, en début d'automne. Les abondances maximales de copépodes, de l'ordre de 400 à 450 000 ind.m⁻², sont atteintes entre la mi-avril et la fin mai. Ces maxima zooplanctoniques correspondent à la première phase de la reprise phytoplanctonique, dont la biomasse est composée essentiellement de la diatomée centrique *Puncticulata radiosa* et de la cryptophycée *Rhodomonas minuta*. La croissance des cladocères démarre près d'un mois plus tard et coïncide avec le maximum printanier de biovolume phytoplanctonique, alors dominé par la petite diatomée centrique *Cyclotella costei* (RIMET, 2012). Si les effectifs de copépodes diminuent rapidement après le pic printanier précoce, les cladocères restent abondants même après la phase des eaux claires, avec un maximum observé à 400 000 ind.m⁻² à la fin du moi de juin. En accord avec la dynamique saisonnière observée classiquement dans le Léman, les effectifs des trois familles crustacéennes sont faibles en été (<100 000 ind.m⁻²). Enfin, les trois taxons montrent un pic bref et synchrone au début du mois d'octobre, avec des effectifs de 50% (cladocères, cyclopoïdes) à 100% (calanoïdes) de ceux observés lors des maxima printaniers.

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

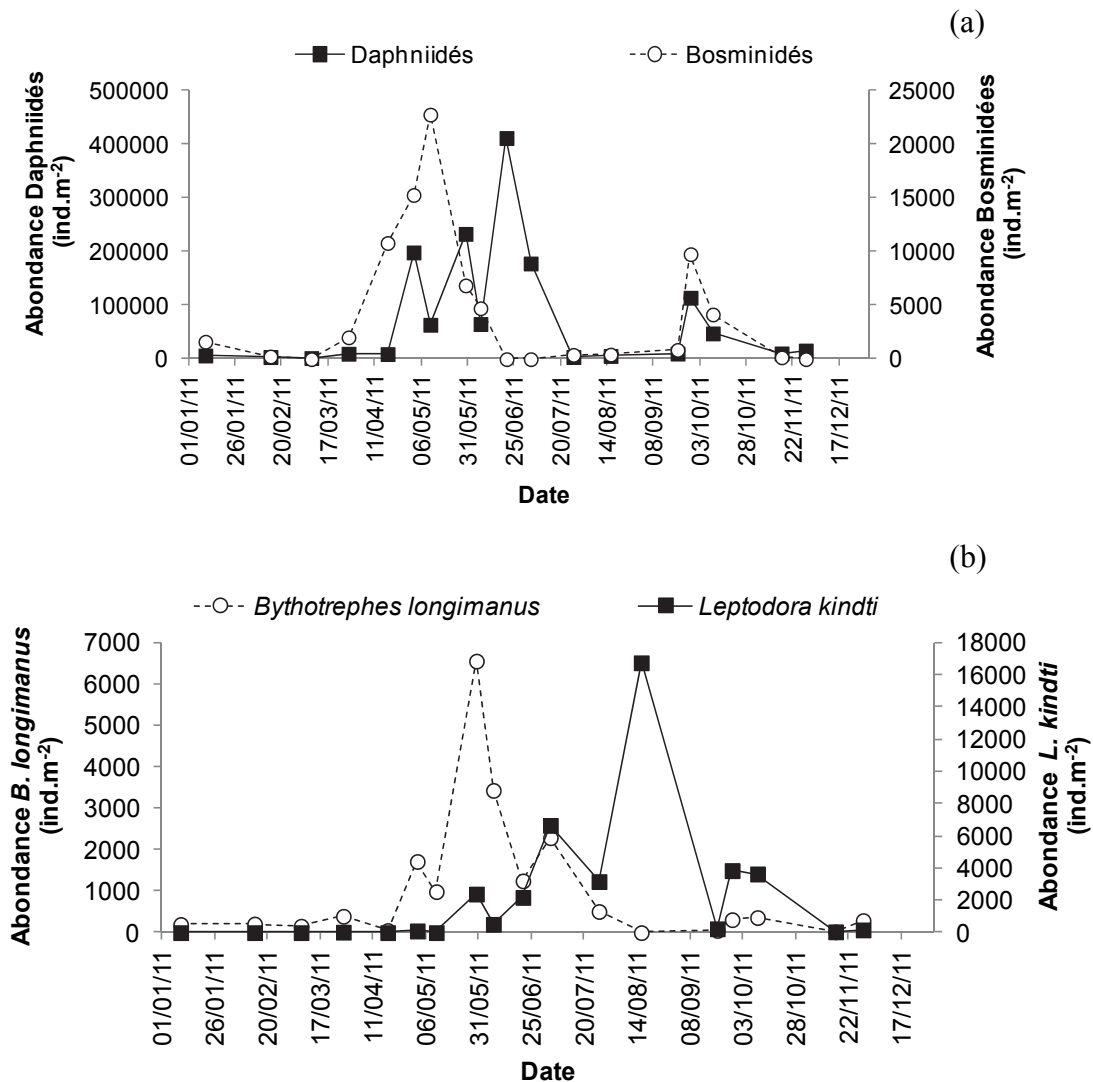


Figure 3 : Évolution saisonnière de l'abondance des Branchiopodes Cladocères a) herbivores b) carnivores en 2011 (Léman, SHL2)

Figure 3 : Seasonal changes in the abundance of herbivorous and carnivorous Branchiopoda in 2011 (Lake Geneva, SHL2)

Les cladocères herbivores sont très largement dominés par les Daphnies du complexe *D. longispina*, les bosminidées étant dans l'ensemble 20 fois moins abondants (Figure 3b). Les deux taxons montrent toutefois des successions et potentiellement des préférences écologiques différents. Le reprise précoce de la croissance des Bosminidées (essentiellement composées de l'espèce *Eubosmina longispina*) coïncide avec celles des copépodes, tandis que les Daphnies voient leurs effectifs augmenter à partir de fin avril. Étonnamment, le maximum printanier d'abondance des Daphnies a lieu après la phase des eaux claires, un mois après que la biomasse phytoplanctonique ait atteint son minimum ($500 \mu\text{g.l}^{-1}$, cad 6 fois inférieure à celle du pic printanier). Après la phase printanière, les dynamiques saisonnières des Bosminidés et Daphnidés sont synchrones.

Les grands cladocères prédateurs, *B. longimanus* et *L. kindtii*, 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 31 mai, avec un effectif de $7\,000 \text{ ind.m}^{-2}$ tandis que celui de *L. kindtii* apparaît en milieu d'été (le 16 août) pour un effectif de $17\,000 \text{ ind.m}^{-2}$.

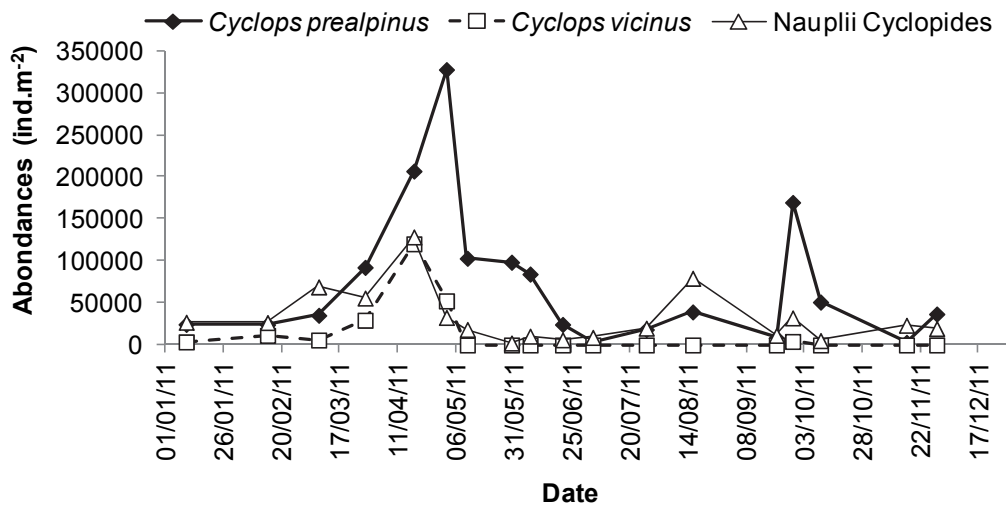


Figure 4 : Évolution saisonnière de l'abondance des cyclopoïdes en 2011 (Léman, SHL2)
 Figure 4 : Seasonal changes in the abundance of cyclopoïda in 2011 (Lake Geneva, SHL2)

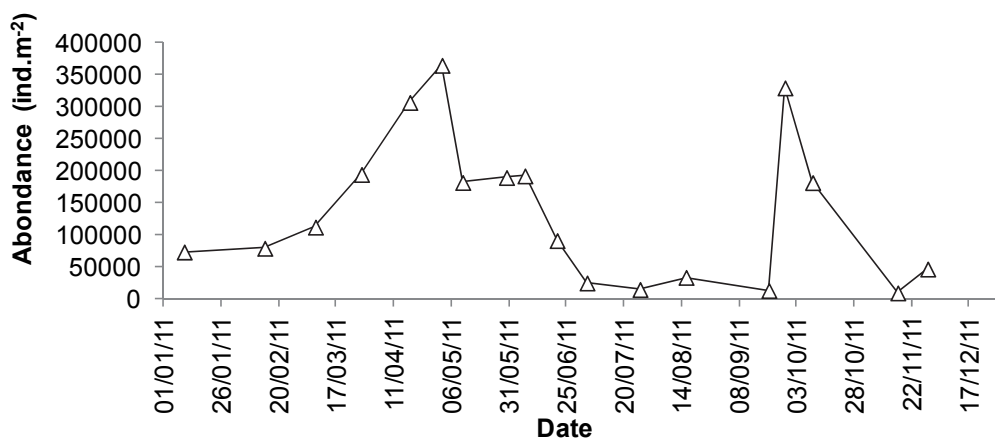


Figure 5 : Évolution saisonnière de l'abondance du calanoïde *Eudiaptomus gracilis* en 2011 (Léman, SHL2)
 Figure 5 : Seasonal changes in the abundance calanoïda *Eudiaptomus gracilis* in 2011 (Lake Geneva, SHL2)

Cyclopoïdes et calanoïdes présentent une dynamique saisonnière synchrone et similaire en 2011 (figures 4&5). Les populations de cyclopoïdes et de calanoïdes commencent à se développer tôt, dès la reprise de la croissance phytoplanctonique mi-mars (RIMET 2012). Le maximum printanier des Copépodes est atteint le 2 mai avec des abondances de 350 000 ind. m⁻² pour *C. prealpinus* et *E. gracilis* et 130 000 ind. m⁻² pour *C. vicinus*. L'abondance d'*E. gracilis*, des deux espèces de *Cyclops* sp. et des *nauplii* décroît ensuite au cours du printemps et se maintient à des effectifs < 50 000 ind. m⁻² au cours de l'été. Les abondances de *C. prealpinus* et *E. gracilis* montrent un second pic d'abondance, au cours de l'automne avec des effectifs de l'ordre de 200 000 et 350 000 ind.m⁻² pour les stades adultes des espèces respectives.

3.4 Autres groupes planctoniques

Les larves véligères de la moule zébrée apparaissent chaque année en période estivale. En 2011, les larves de dreïssènes ont été très peu abondantes (maximum <8000 ind.m⁻²) (Figure 6).

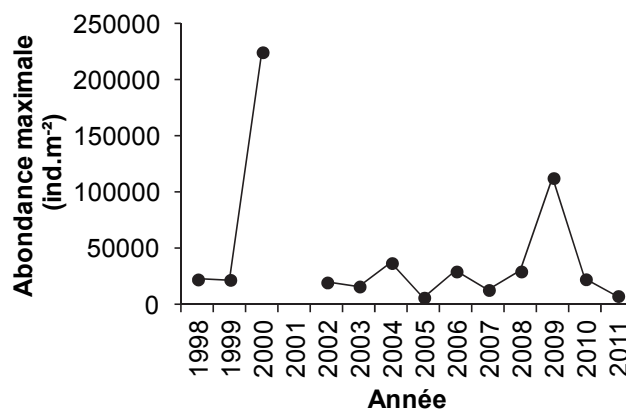


Figure 6 : Évolution de l'abondance maximale des larves planctoniques de *Dreissena polymorpha* (Léman, SHL2). Aucune donnée disponible pour l'année 2001.

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 et les maxima (180'000 et 40 000 ind.m⁻² respectivement) coïncident avec la reprise phytoplanctonique (Figure 7a). La reprise de croissance de *Kellicottia longispina* au printemps est plus tardive, avec des effectifs maximum de 650'000 ind.m⁻² atteints pendant la phase des eaux claires. Enfin, *Conochilus unicornis* atteint son pic d'abondance à 650'000 ind.m⁻² au milieu de l'été (Figure 7b).

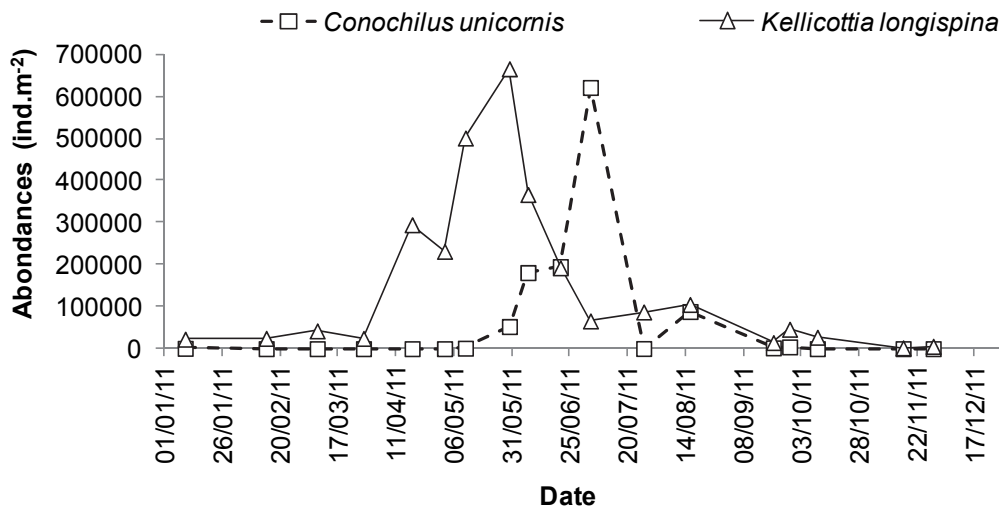
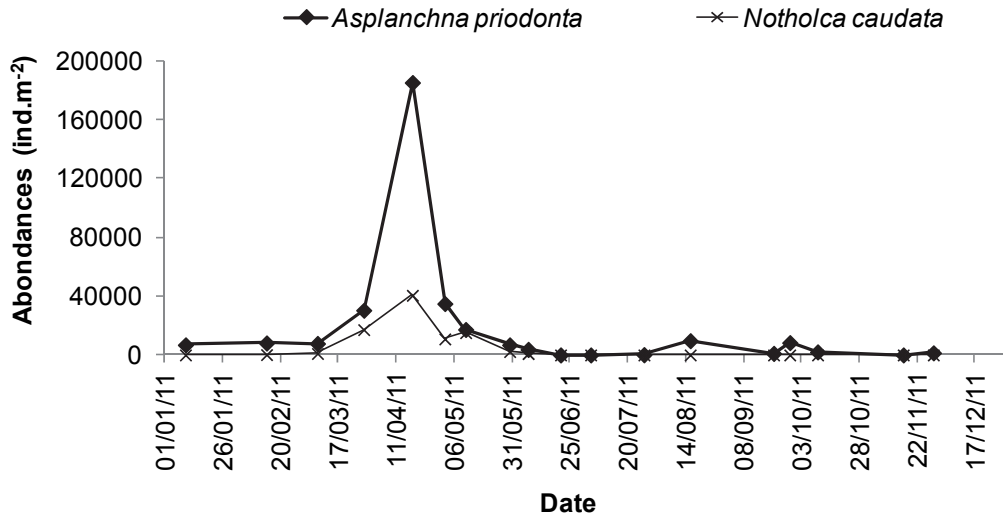


Figure 7 a&b. : Évolution saisonnière de l'abondance de quelques rotifères en 2011

Figure 7 a&b. : Seasonal patterns in the abundance of some Rotifera taxa in 2011.

3.5 Évolution à long-terme du zooplancton

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

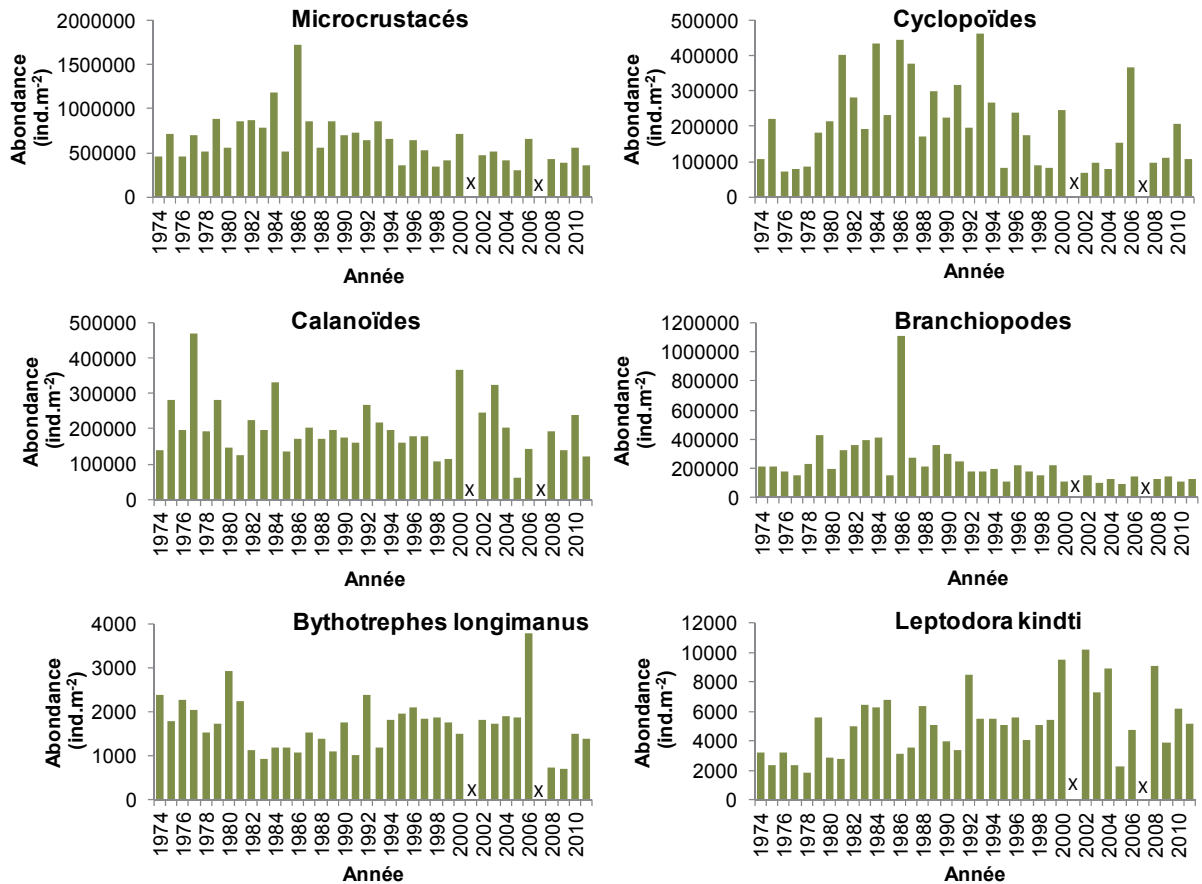


Figure 8 : Évolution interannuelle de l'abondance estivale des différentes catégories de zooplancton crustacéen (Léman, SHL2). En raison du manque d'échantillons comptables, les années 2001 et 2007 n'ont pas été incluses.

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 2011. 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 bonne qualité nutritionnelle (Cryptophycées et Dinophycées, Fig 9b) au détriment des grandes diatomées et zygophycées favorisées par le réchauffement climatique (ANNEVILLE et al, 2002). La diminution des abondances de micro-crustacées résulterait essentiellement d'une diminution de la qualité de sa ressource alimentaire comme conséquence indirecte des modifications climatiques.

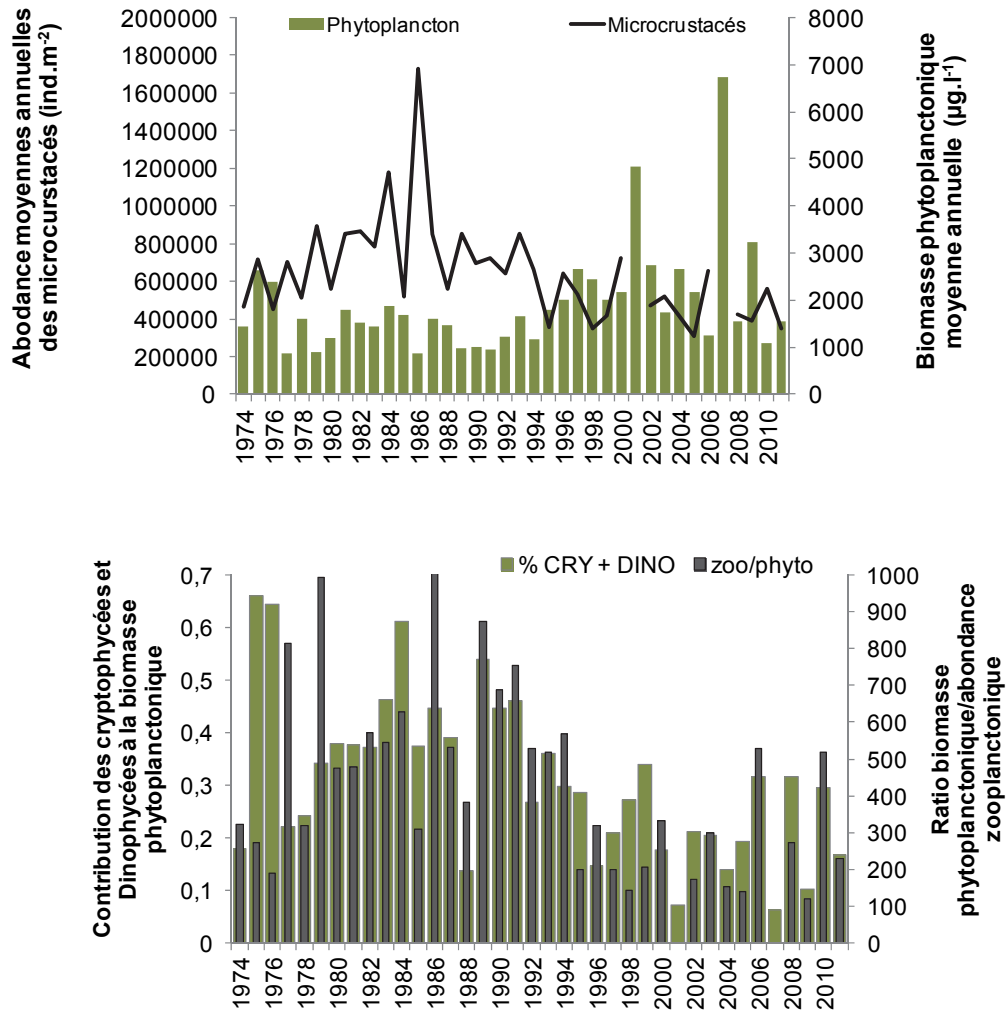


Figure 9 : a. Dynamiques comparées des biomasses phytoplanctoniques et abondances des microcrustacés. b. Dynamiques comparées du rapport zooplancton/phytoplancton et de la proportion des petites algues à la biomasse phytoplanctonique globale dans le Léman entre 1974 et 2011.

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 2011 in Lake Geneva.

4. CONCLUSIONS

Les changements saisonniers d'abondance des crustacées du zooplancton répondent en 2011 comme au cours des années précédentes au modèle classique de dynamique du zooplancton en lac mésotrophe (SOMMER *et al.* 1986), avec un pic printanier d'abondance très net qui marque la phase des eaux claires aux alentours du 31 mai, suivi d'une diminution drastique des abondances en fin de printemps et une légère reprise de croissance en fin d'automne.

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 essentiellement une conséquence indirecte de l'impact du climat sur le lac.

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
- PERGA M.E. & LAINE L. (2011). Zooplancton du Léman, Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut., Campagne 2010.
- RIMET F. (2012). Phytoplankton du Léman, Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut., Campagne 2011.
- SOMMER U., GLIWICZ Z.M., LAMPERT W. AND DUNCAN A. 1986. The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in fresh waters. *Arch. Hydrobiol.* 106: 433-471.