

ZOOPLANCTON DU LÉMAN

THE ZOOPLANKTON OF LAKE GENEVA

CAMPAGNE 2013

PAR

Leslie LAINE et Marie-Elodie PERGA

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

RÉSUMÉ

Le printemps particulièrement froid et pluvieux n'a altéré ni l'abondance, ni la dynamique saisonnière du zooplancton en 2013. Le pic d'abondance printanier atteint des effectifs de 850 000 ind.m⁻² comparables à ceux des années précédentes, et marque une phase des eaux claires au 27 mai, c'est à dire sans délai notable par rapport aux années à printemps plus chauds. Seuls les Daphnies et les Calanoïdes ont montré une reprise de croissance estivale ou automnale sans qu'il ne s'agisse d'un phénomène exceptionnel. Les processus régulant la dynamique interannuelle du zooplancton crustacéen semblent complexes et mêlent à la fois des contrôles ascendants (par la qualité nutritionnelle du phytoplancton) et descendants (par la pression de prédation des poissons zooplanctonophages) sur la chaîne alimentaire tandis que l'effet direct du climat semble moins évident.

SUMMARY

Seasonal dynamics and overall abundance of crustacean zooplankton were not significantly altered by the particularly cold and rainy conditions of spring 2013. The spring abundance peak reached 850,000 ind.m⁻²; these values were similar to previous years, and placed the clear-water phase at May 27, i.e. without noticeable delay compared to the years with warmer springs. Only Daphnia and Calanoids showed a second growth phase in summer and early autumn, which is not an exceptional phenomenon. Processes regulating the inter-annual dynamics of crustacean zooplankton seemed complex and a mix of both bottom-up (by the nutritional quality of phytoplankton) and top-down (predation by zooplanktivorous fish) controls on the food chain while direct climatic effects were less obvious.

1. INTRODUCTION

En faisant le lien entre producteurs primaires et consommateurs secondaires, 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 2013, 21 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 2013 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 2013, le biovolume sédimenté de zooplancton (figure 1) présente des variations saisonnières importantes, de 21 ml.m⁻² (03 avril) à 311 ml.m⁻² (27 mai et 01 août). Le profil temporel décrit une phase avec des biovolumes forts de mai à août qui atteignent leur valeur maximale le 27 mai, puis une décroissance progressive à partir de l'automne. Le biovolume zooplanctonique maximal et le minimum de biomasse phytoplanctonique coïncident et placent la phase des eaux claires le 27 mai. En 2013, cette date ne correspond cependant pas au maximum de transparence des eaux puisque le printemps a été particulièrement pluvieux conduisant à une turbidité importante et indépendante des particules algales présentes dans l'eau.

Les faibles biomasses phytoplanctoniques estivales ont permis le maintien d'eaux relativement transparentes durant tout l'été (entre 8.1 et 5.2m) (Rimet 2014).

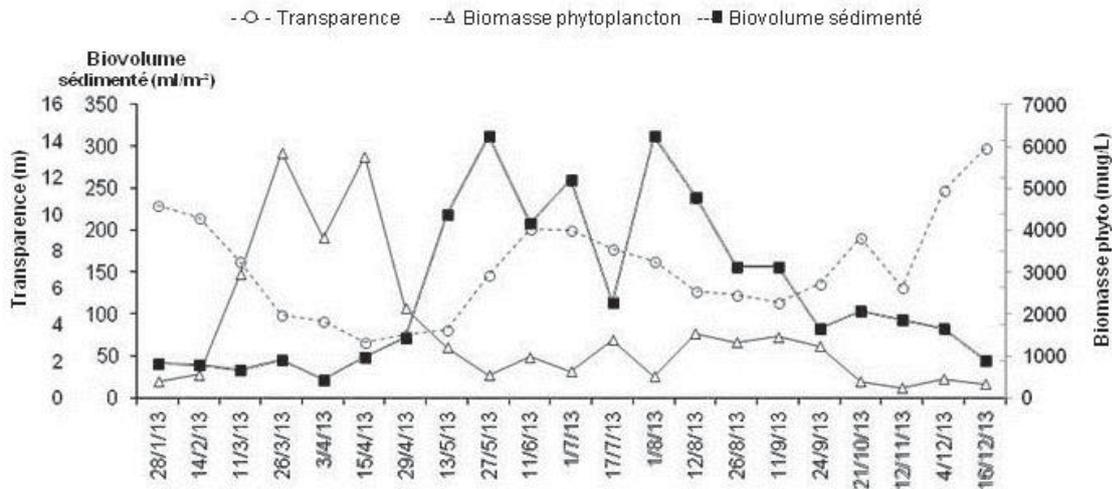


Figure 1 : Evolution saisonnière du biovolume sédimenté de zooplancton, de la biomasse phytoplanctonique et de la transparence des eaux mesurée au disque de Secchi en 2013 (Léman, SHL2).

Figure 1: Seasonal changes in the settled zooplankton biovolume, phytoplankton biomass and Secchi disk transparency in 2013 (Lake Geneva, SHL2).

3.2 COMPOSITION SPÉCIFIQUE DE LA BIOCÉNOSE CRUSTACÉENNE

Le zooplancton crustacéen est, chaque année, largement dominé par les copépodes. En 2013, les copépodes représentent 81.0% de l'abondance totale des crustacés. La sous-classe des copépodes se compose des cyclopoïdes et des calanoïdes. Comme en 2012, les calanoïdes sont plus abondants, représentant 46,0% de l'abondance crustacéenne totale contre 35,0% pour les cyclopoïdes.

Les calanoïdes sont représentés par une unique espèce, *Eudiaptomus gracilis*. Comme en 2010, trois espèces de cyclopoïdes ont été observées en 2013 : *Cyclops prealpinus* (28.9% de l'abondance totale des copépodes), *C. vicinus* (2,8%) et *Macrocyclus albidus* (0.01%). 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 2013 représente 19.0% 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. longispina* et *D. galeata* ainsi que de leurs hybrides), qui représentent 90.0% de l'ensemble des branchiopodes, les autres taxons étant minoritaires [*Eubosmina longispina* (3.8%), *Leptodora kindtii* (1.9%) et *Bythotrephes longimanus* (4.2%)].

3.3 DYNAMIQUE SAISONNIÈRE DU ZOOPLANCTON EN 2013

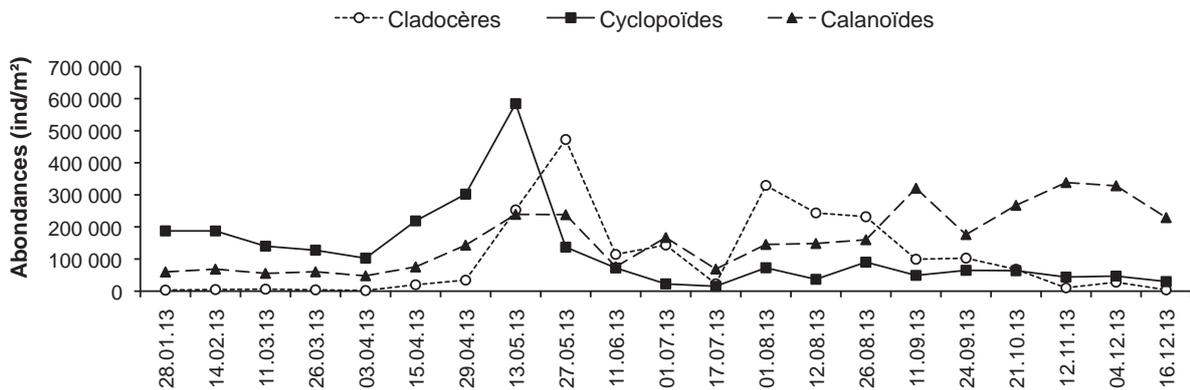


Figure 2 : Evolution saisonnière du peuplement crustacéen en 2013 (Léman, SHL2)

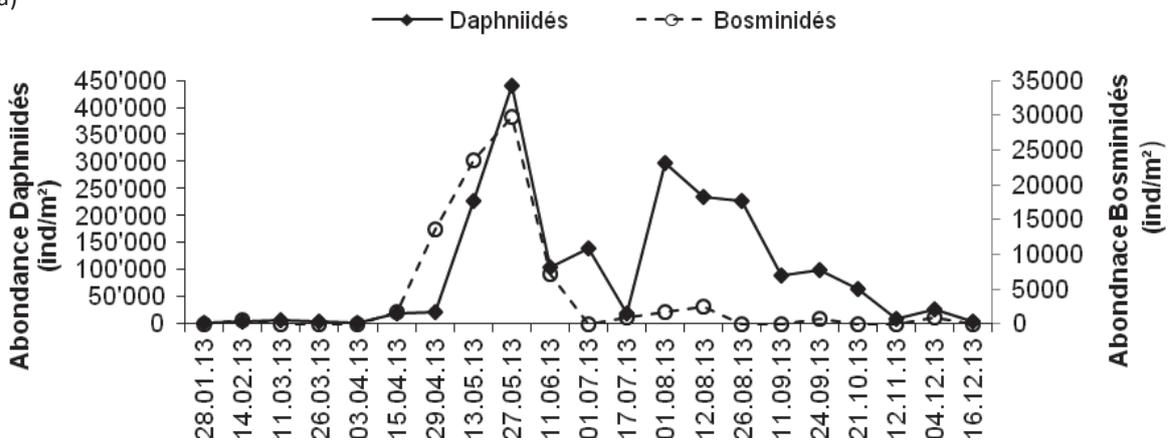
Figure 2 : Seasonal changes in the abundance of crustaceans in 2013 (Lake Geneva, SHL2)

Tous les taxons crustacéens montrent un pic d'abondance printanier. Le pic d'abondance des cyclopoïdes (585 000 ind.m⁻²), atteint le 13 mai, est le plus précoce. Les abondances des calanoïdes et des cladocères atteignent leurs maxima à des valeurs respectives de 238 000 ind.m⁻² et 473 000 ind.m⁻², deux semaines plus tard, à la date de la phase des eaux claires.

Les abondances zooplanctoniques totales sont faibles en début d'été (de 200 000 à 50 000 ind.m⁻²). Les cladocères montrent un second pic d'abondance dès le début du mois d'août avec des effectifs qui culminent à 329 000 ind.m⁻². Cette reprise de croissance ne correspond pas à un nouveau pic d'abondance phytoplanctonique mais plutôt à la transition entre les cortèges algaux plus typiquement estivaux (diatomées, cryptophycées) et ceux automnaux capables de pousser en profondeur à de plus faibles luminosité (chrysophycées et dinophycées) (RIMET 2014). Le second pic d'abondance des calanoïdes est plus tardif et culmine à 320 000 ind.m⁻². Ce pic correspond à une reprise de croissance des diatomées en automne en début de déstratification. Comme souvent, les calanoïdes dominent ensuite la population zooplanctonique en fin d'automne et hiver.

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

a)



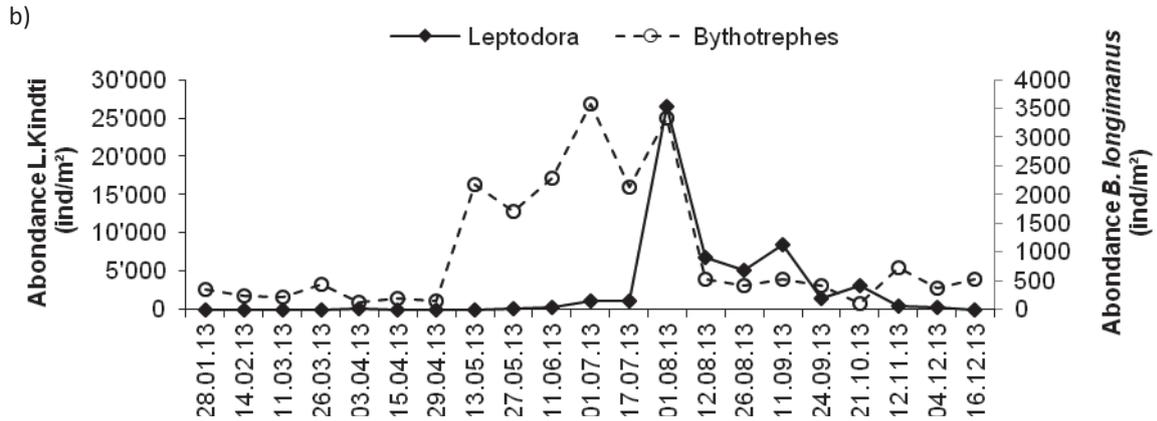


Figure 3 : Evolution saisonnière de l'abondance des Branchiopes Cladocères a) herbivores b) carnivores.

Figure 3 : Seasonal changes in the abundance of herbivorous (a) and carnivorous (b) Branchiopoda in 2013 (Lake Geneva, SHL2).

Le pic printanier des cladocères herbivores correspond en 2013 à une augmentation simultanée de l'abondance des Daphniidés et des Bosminidés, avec des effectifs respectifs de 441 000 ind.m⁻² et de 30 000 ind.m⁻² (figure 3a). Les Bosminidés sont représentés exclusivement par l'espèce *E. longispina*.

A partir de juillet, et ce jusqu'à la fin de l'année, les abondances des bosminidés demeurent faibles de l'ordre du millier d'ind.m⁻². Les daphniidés montrent un deuxième pic au cours du mois d'août avec des effectifs de l'ordre de 300 000 ind.m⁻², puis une diminution progressive au cours de l'automne.

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 le 01 juillet avec un effectif de 3 586 ind.m⁻² et montre un deuxième pic un mois après (le 01 août) en même temps que le pic de *L. kindtii* pour un effectif de 26 500 ind.m⁻².

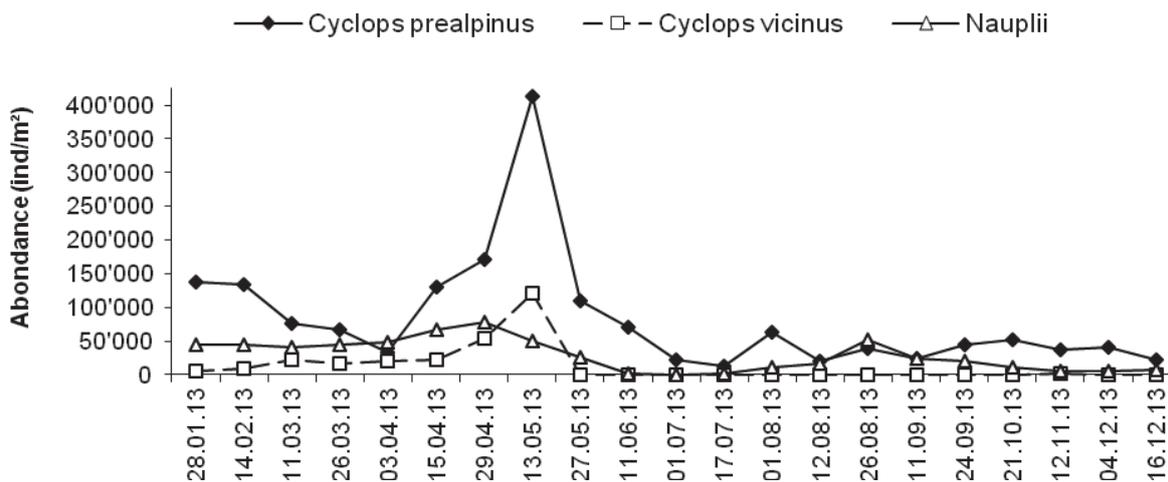


Figure 4 : Evolution saisonnière de l'abondance des cyclopoïdes en 2013 (Léman, SHL2).

Figure 4 : Seasonal changes in the abundance of cyclopids in 2013 (Lake Geneva, SHL2).

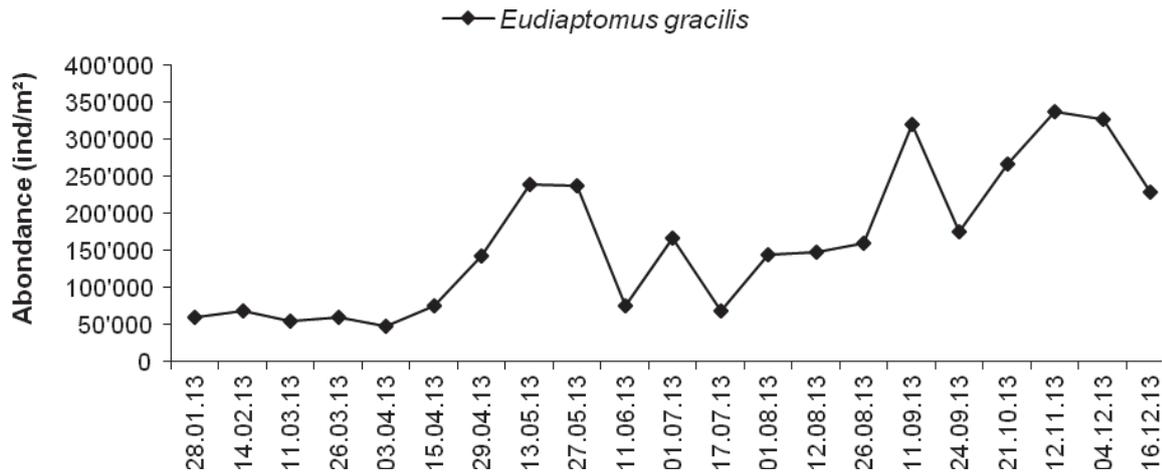


Figure 5 : Evolution saisonnière de l'abondance du calanoïde *Eudiaptomus gracilis* en 2013 (Léman, SHL2).
 Figure 5 : Seasonal changes in the abundance calanids *Eudiaptomus gracilis* in 2013 (Lake Geneva, SHL2).

Cette année encore, la dynamique saisonnière des cyclopoïdes et calanoïdes est différente (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). La biomasse algale présente un pic entre la fin mars et mi avril (RIMET, 2014), ce qui coïncide avec le développement des populations de cyclopoïdes. Le maximum printanier des cyclopoïdes est atteint le 13 mai avec des abondances de 412 500 ind.m⁻² pour *C. prealpinus* et de 121 200 ind.m⁻² pour *C. vicinus*. L'abondance des deux espèces de *Cyclops* s. 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 un pic d'abondance au printemps, autour de la phase des eaux claires, avec des effectifs de 238 000 ind.m⁻². A partir d'août et ce jusqu'à la fin de l'année, l'abondance de cette espèce va rester élevée avec des effectifs culminants à 330 000 ind.m⁻².

3.4 AUTRES GROUPES PLANCTONIQUES

Les larves végigères de la moule zébrée apparaissent chaque année en période estivale mais depuis 2011, à des abondances faibles (maximum <10 500 ind.m⁻²) (Figure 6).

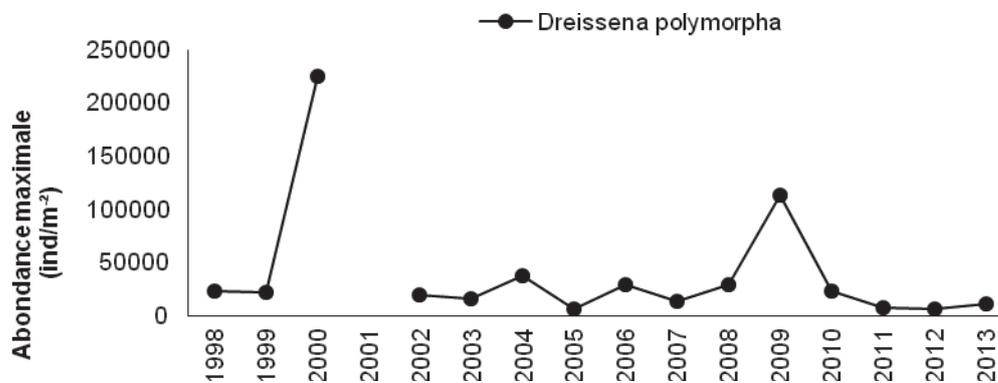


Figure 6 : Evolution interannuelle de l'abondance maximale des larves planctoniques de *Dreissena polymorpha* (Léman, SHL2).

Figure 6 : Inter-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 7). *Asplanchna priodonta* présente, cette année, une dynamique bimodale avec un premier pic d'abondance le 13 mai avec un effectif de 98 000 ind.m⁻², suivi d'un deuxième pic le 24 septembre, avec un effectif de 91 000 ind.m⁻². Le pic de *Notholca caudata* se situe, quant à lui, le 29 avril avec un effectif de 3 000 ind.m⁻².

Kellicottia longispina présente également en 2013, une dynamique bimodale. Son premier pic d'abondance se situe le 11 juin avec 108 000 ind.m⁻², suivi d'un deuxième pic le 21 octobre avec 83 000 ind.m⁻² (Figure 7).

Conochilus unicornis n'apparaît que transitoirement en automne 2013 (le 21 octobre) mais à des abondances exceptionnelles de 2 725 000 ind.m⁻².

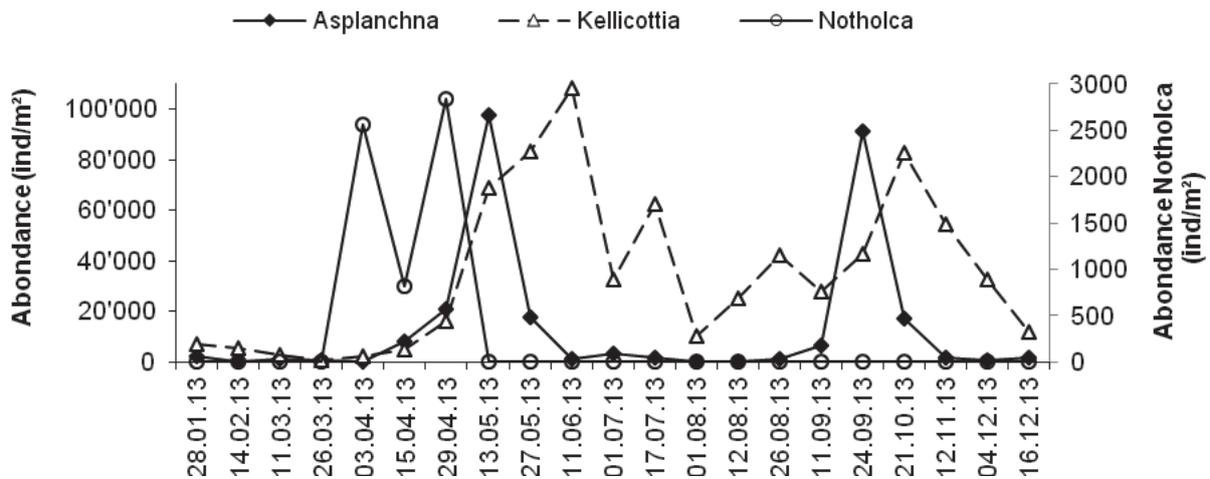
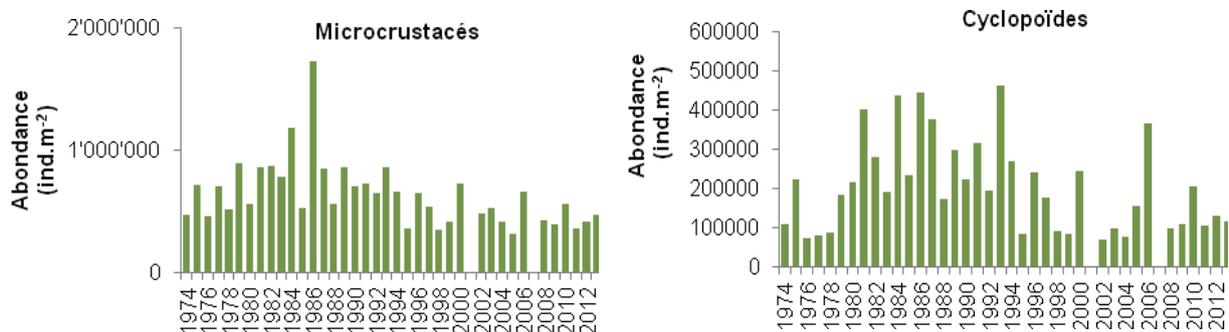


Figure 7 : Evolution saisonnière de l'abondance de quelques rotifères en 2013.
Figure 7: Seasonal patterns in the abundance of some Rotifera taxa in 2013.

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.



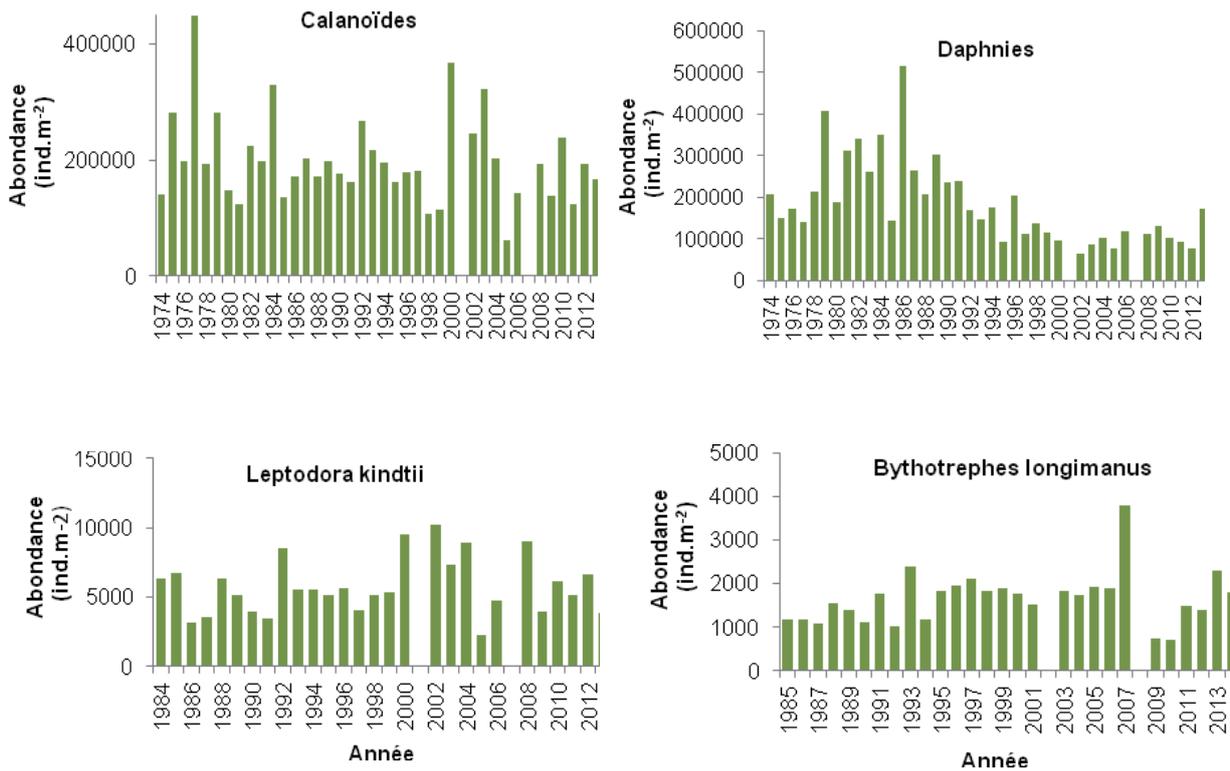


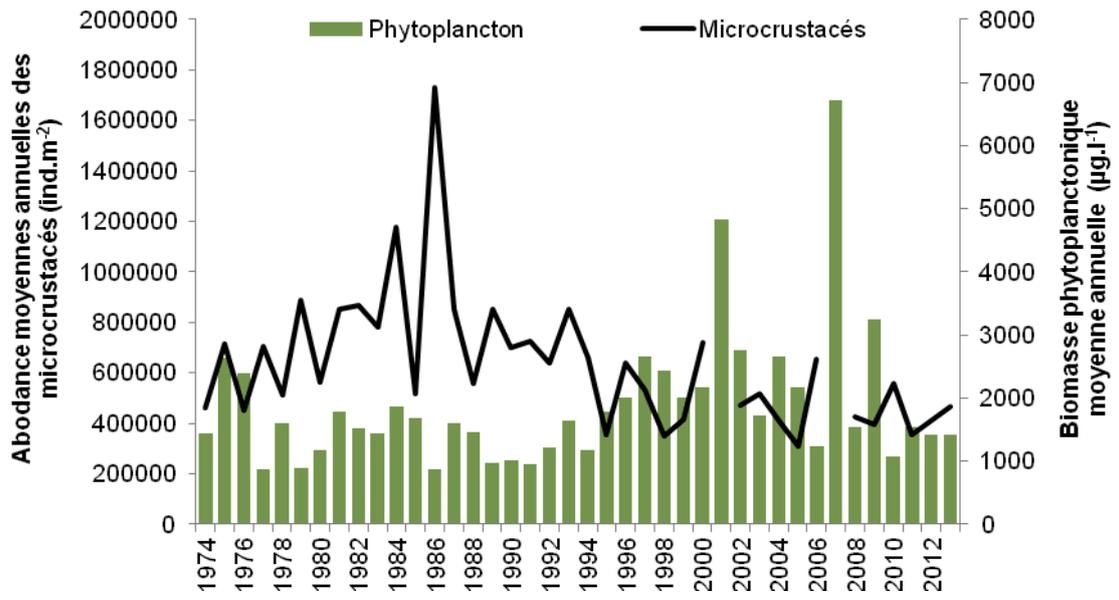
Figure 8 : Evolution interannuelle de l'abondance estivale des différentes catégories de zooplancton crustacéen (Léman, SHL2). En raison du manque d'échantillons comptables, les années 2001 et 2007 n'ont pas été incluses.

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

Les abondances estivales moyennes annuelles des microcrustacés sont stables sur le Léman depuis le début du XXI^{ème} siècle, et environ moitié moindres de celles qui avaient été enregistrées au maximum d'eutrophisation, il y a 30 ans. Cette tendance observée pour la communauté totale se reflète dans les dynamiques interannuelles des Cladocères et des Cyclopoïdes. Longtemps considérée comme révélatrice de la diminution des concentrations en phosphore dans le lac, cette dynamique zooplanctonique à long-terme est toutefois contre-intuitive. La diminution des abondances des micro-crustacés correspond à une période où les biomasses algales sont importantes (Fig. 9a). Cette relation inverse entre évolution temporelle de la biomasse phytoplanctonique et l'abondance des cladocères notamment a pu aussi être reliée à un contrôle de plus en plus prégnant des poissons zooplanctonophages sur le zooplancton brouteur. En diminuant à la fois l'abondance des brouteurs ainsi que leur taille et donc leur capacité de filtration, la prédation importante par les zooplanctonophages conduit à une accumulation de biomasse phytoplanctonique. Le rôle de plus en plus important des poissons zooplanctonophages sur la chaîne alimentaire, avec ses effets qui cascaded jusqu'au compartiment phytoplanctonique est attribué à une interaction forte entre indirecte changement climatique et la gestion de la pêche (Alric et al, 2013 : Gillet et al, in prep.).

S'il s'agissait toutefois du seul mécanisme en cause, la biomasse phytoplanctonique devrait s'accumuler sans nécessairement d'augmentation dans la production primaire. Ces évolutions découplées des dynamique phyto- et zooplancton conduisent à une réduction 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 dans les années 1980 et 1990 et son maintien à des valeurs stables depuis 15 ans reflète la dynamique de cette efficacité au cours des 30 dernières années. Ces changements d'efficacité trophique peuvent être directement reliés 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).

a)



b)

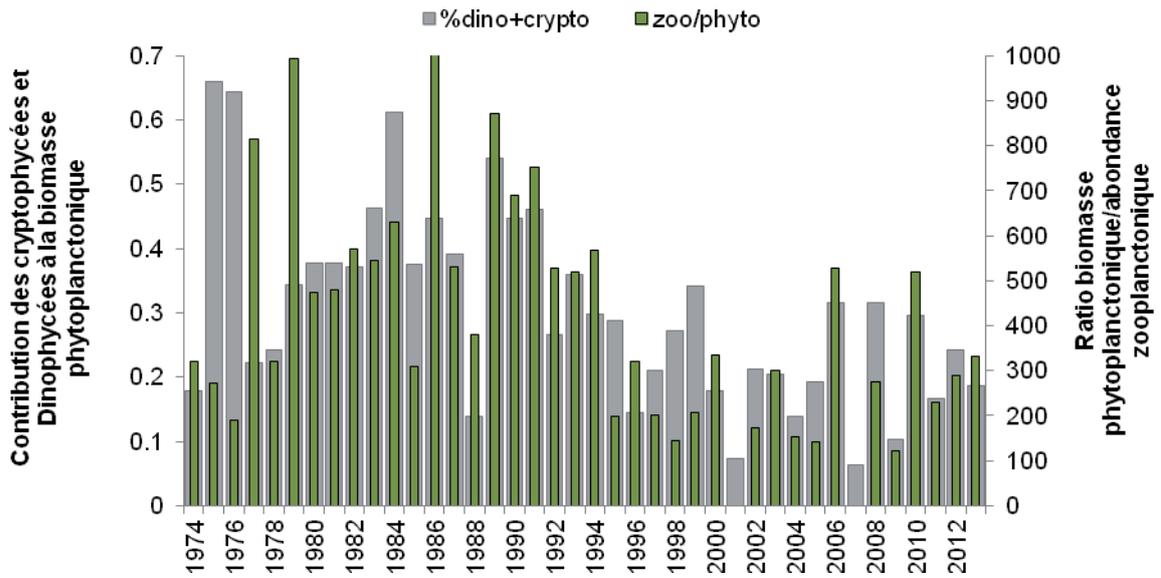


Figure 9 : a. Dynamiques comparées des biomasses phytoplanctoniques et abondances des microcrustacés. b. Dynamiques comparées du rapport zooplancton/phytoplancton et de la proportion d'algues de bonne qualité nutritionnelle à la biomasse phytoplanctonique globale dans le Léman entre 1974 et 2013.

Figure 9 : a. Inter-annual dynamics of phytoplankton biomasses and zooplankton abundances ; b. Temporal changes in the zooplankton/phytoplankton ratio and contribution of algae of good nutritional quality to total phytoplankton biomass between 1974 and 2013 in Lake Geneva.

4. CONCLUSION

Le printemps 2013, particulièrement froid, sombre et pluvieux ne semble pas avoir fondamentalement modifié la dynamique saisonnière du zooplancton dans le Léman, contrairement au lac du Bourget. Le pic d'abondance printanier atteint des effectifs de 850 000 ind.m⁻² comparables à ceux des années précédentes. La phase des eaux claires est observée au 27 mai, sans délai notable par rapport aux années à printemps plus chauds. Les Daphnies et les Calanoïdes ont montré une reprise de croissance estivale ou automnale sans qu'il ne s'agisse d'un phénomène exceptionnel. Les processus régulant la dynamique interannuelle du zooplancton crustacéen semblent complexes et mêlent à la fois des contrôles ascendants et descendants sur la chaîne alimentaire tandis que l'effet direct du climat semble moins évident.

BIBLIOGRAPHIE

- ALRIC B, JENNY JP, BERTHON V, ARNAUD F, PIGNOL C, REYSS JL, SABATIER, PERGA ME (2013) Local forcings affect lake zooplankton vulnerability and response to climate warming. *Ecology* 94:2767-2780
- 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
- RIMET F (2013). Phytoplancton du Léman, Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut., Campagne 2012.
- RIMET F (2014). Phytoplancton du Léman, Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut., Campagne 2012.