

ÉVOLUTION DU ZOOPLANKTON DU LÉMAN

CHANGES IN THE ZOOPLANKTON OF LAKE GENEVA

Campagne 2009

PAR

Marie-Elodie PERGA et Leslie LAINÉ

STATION D'HYDROBIOLOGIE LACUSTRE (INRA-UMR/CARRTEL), BP 511, FR - 74203 THONON-LES-BAINS Cedex

RÉSUMÉ

En 2009, comme en 2001 et 2007, la prolifération de l'algue chlorophycée *Mougeotia gracillima* de la fin de l'été à la fin de l'automne a gêné les comptages de zooplancton. Ainsi, quatre échantillons successifs, correspondant au début de l'automne, n'ont pu faire l'objet d'analyses. L'étude 2009 porte par conséquent essentiellement sur la dynamique printanière et estivale du zooplancton crustacéen. Les changements saisonniers d'abondance des crustacées du zooplancton correspondent en 2009 au modèle classique de dynamique, avec un pic printanier d'abondance très net qui marque la phase des eaux claires, observée entre le 25 mai et le 18 juin 2009, suivie d'une diminution drastique des abondances en fin de printemps.

Les tendances inter-annuelles dans la structure du compartiment crustacéen observées depuis 1984 se confirment. La diminution de l'abondance des microcrustacés due essentiellement à la décroissance des effectifs de daphnies et de cyclopoïdes, est cohérente avec les processus de re-oligotrophisation, tandis que l'abondance des calanoïdes semble plutôt dépendante de la composition du phytoplancton. En effet, l'année 2009, marquée par un fort développement de *Mougeotia gracillima*, montre des effectifs faibles de calanoïdes, conformément aux prédictions du modèle énoncé au cours du rapport de la campagne précédente (PERGA et LAINE, 2009).

ABSTRACT

In 2009, as for the previous 2001 and 2007 years, the proliferation of zooplankton monitoring has been compromised by unusual abundances, from late summer to late fall, of the chlorophyte algae, *Mougeotia gracillima*. Hence, four successive zooplankton samples, corresponding to late summer-early fall, could not be counted. Consequently, the study of zooplankton seasonal dynamics in 2009 had been restricted to the spring-summer time periods. Zooplankton crustacean dynamics in 2009 is consistent with the classical model expected for a mesotrophic lake, with a clear spring peak indicative of the clearwater phase between May 25th and June 18th 2009, followed by a drastic decrease in zooplankton abundances from the end of spring.

The general trend of decreasing micro-crustacean abundances observed since 1984 was confirmed. Such trend actually results from the decreasing abundances of *Daphnia* and cyclopoids and is consistent with the trend expected for a re-oligotrophicating lake. In contrast, inter-annual changes in calanoid abundance seem to depend more on phytoplankton composition. Indeed, the year 2009, with high abundances of the filamentous algae *Mougeotia gracillima*, showed low calanoid abundances, consistently with the predictions of the model depicted in the previous zooplankton report (PERGA et LAINE, 2009).

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 2009, 19 campagnes de prélèvements ont été réalisées. Sept de ces prélèvements contenaient une quantité importante d'algues filamenteuses de type *Mougeotia gracillima*, dont trois ont pu être traités par tamisage (PERGA et LAINE, 2007). Ainsi, 15 échantillons ont pu faire l'objet de comptages alors que quatre échantillons successifs, correspondant à la période de maxima d'abondance de *M. gracillima*, comprise entre fin août et début octobre, n'ont pu être analysés. Comme en 2007 et en 2001, la dynamique automnale du zooplancton ne peut être décrite.

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 2009.

2. MÉTHODOLOGIE

L'échantillonnage, 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 :

$$\text{Abondance} = N_{\text{ind.ss.éch.}} \times (\text{Vol}_{\text{éch.total}} / \text{Vol}_{\text{ss.éch.}}) \times (H_{\text{filtré}} / \text{Vol}_{\text{filtré}})$$

Où :

- $N_{\text{ind.ss.éch.}}$ est le nombre d'individus dénombrés dans le sous-échantillon,
- $\text{Vol}_{\text{éch.total}}$ est le volume de l'échantillon total ajusté (en mL),
- $\text{Vol}_{\text{ss.éch.}}$ est le volume du sous-échantillon (en mL),
- $H_{\text{filtré}}$ est la hauteur de colonne d'eau filtrée, ou profondeur du prélèvement (50 m)
- $\text{Vol}_{\text{filtré}}$ est 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 22 mL·m⁻² (16 février 2009) à 390 mL·m⁻² (25 mai 2009). Le profil temporel décrit une phase avec des biovolumes forts au printemps qui atteignent leur valeur maximale le 25 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 (11 m) et le maximum de biovolume sédimenté, entre le 25 mai et le 18 juin, correspondant ainsi à la date de la phase des eaux claires.

En 2009, la transparence chute brutalement en fin d'été pour atteindre des valeurs très faibles en début d'automne (< 4 m). Cette chute de la transparence correspond au développement massif de l'algue zygoptycée *Mougeotia gracillima* en automne 2009 sur le Léman (RIMET, 2010).

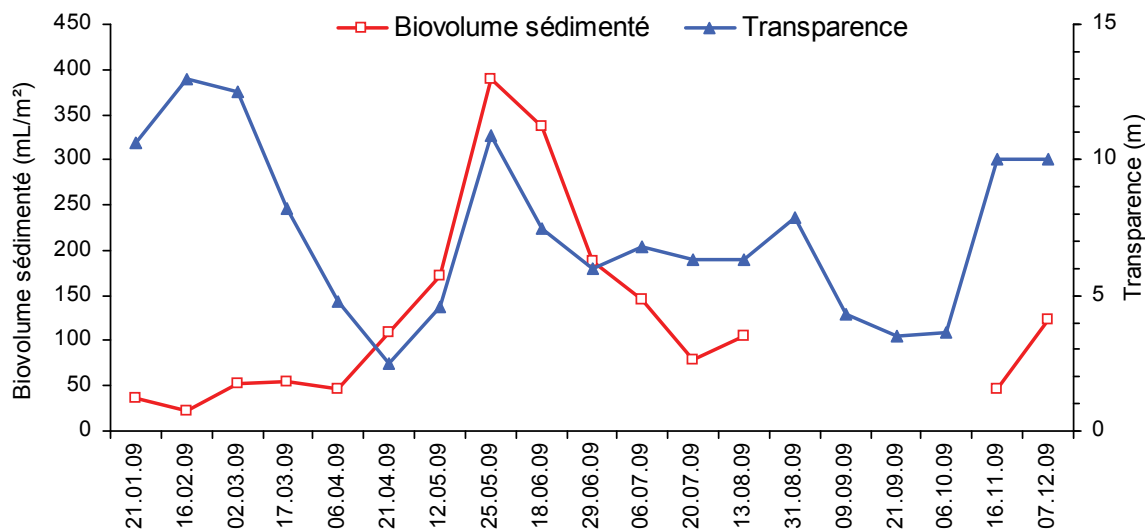


Figure 1 : Evolution saisonnière du biovolume sédimenté de zooplancton et de la transparence des eaux mesurée avec un disque blanc de 30 cm de diamètre en 2009 (Léman, SHL2).

Figure 1 : Seasonal changes in the settled biovolume and transparency measured using a white disc of 30 cm diameter in 2009 (Lake Geneva, SHL2).

3.2 Composition spécifique de la biocénose crustacéenne

Le zooplancton crustacéen est, chaque année, largement dominé par les copépodes. En 2009, les copépodes représentent 80.0 % de l'abondance totale des crustacés. La sous-classe des copépodes se compose des cyclopoïdes et des calanoïdes. Dans les comptages de 2009, les calanoïdes sont les plus abondants, représentant 51.0 % de l'abondance crustacéenne totale contre 29.0 % pour les cyclopoïdes.

Les calanoïdes sont représentés par une unique espèce, *Eudiaptomus gracilis*. Deux espèces de cyclopoïdes ont été observées en 2009 : *Cyclops prealpinus* (20.6 %) et *C. vicinus* (2.1 %).

La classe des branchiopodes est représentée par un unique ordre, celui des cladocères qui, en 2009, représente 20.0 % de la communauté zooplanctonique crustacéenne. Cet ordre est largement dominé dans le Léman par *Daphnia hyalina* + *galeata* (18.2 %), les autres taxons étant minoritaires [*Eubosmina longispina* + *E. mixta* (1.1 %), *Leptodora kindtii* (0.5 %) et *Bythotrephes longimanus* (0.2 %)].

3.3 Dynamique saisonnière du zooplancton en 2009

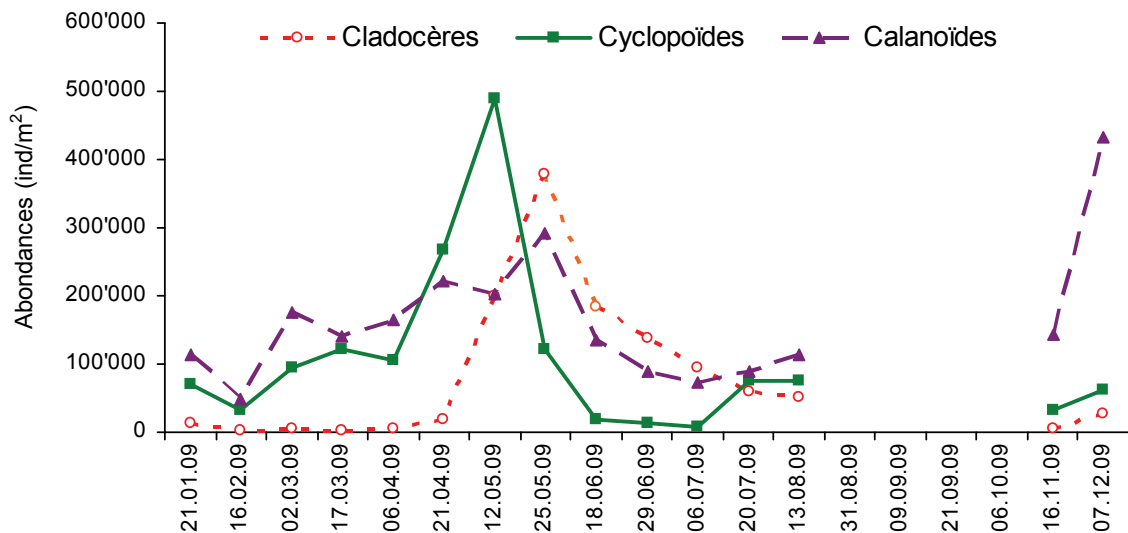


Figure 2 : Evolution saisonnière du peuplement crustacéen en 2009 (Léman, SHL2).

Figure 2 : Seasonal changes in the abundance of Crustacea in 2009 (Lake Geneva, SHL2).

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. En 2009, le pic printanier de cyclopoïdes apparaît le 12 mai, lors du maximum du pic printanier d'abondance phytoplanctonique (RIMET, 2010), avec des abondances proches de 500 000 ind·m⁻², tandis que le pic des taxons herbivores (Calanoïdes et Cladocères) a lieu deux semaines plus tard (25/5), à des abondances respectives de 300 000 et 400 000 ind·m⁻², et coïncide avec la phase des eaux claires, et donc les minima printaniers d'abondance phytoplanctonique (RIMET, 2010). Les abondances des taxons crustacéens diminuent rapidement après la phase des eaux claires pour atteindre des niveaux plus faibles en début d'été (< 150'000 ind·m⁻² pour chacun des groupes). En 2009, l'absence de comptage de fin août à début octobre ne permet pas toutefois d'observer le pic automnal.

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

Le pic printanier des cladocères herbivores correspond, en 2009, à une augmentation précoce de l'abondance des Bosminidés, qui atteint son maximum le 12 mai avec 35'000 ind·m⁻². Le pic printanier des Daphniidés se produit deux semaines plus tard, avec des effectifs près de 10 fois supérieurs (figure 3a). Les abondances des branchiopodes herbivores diminuent ensuite rapidement en début d'été.

Les grands cladocères prédateurs, *Bythotrephes* et *Leptodora*, se caractérisent quant à eux par un développement en saison chaude (figure 3b). Leurs maxima sont décalés dans le temps, et apparaissent le 29 juin pour *B. longimanus*, avec un effectif de 1'800 ind·m⁻², et le 20 juillet pour *L. kindtii*, pour un effectif de l'ordre de 11'000 ind·m⁻².

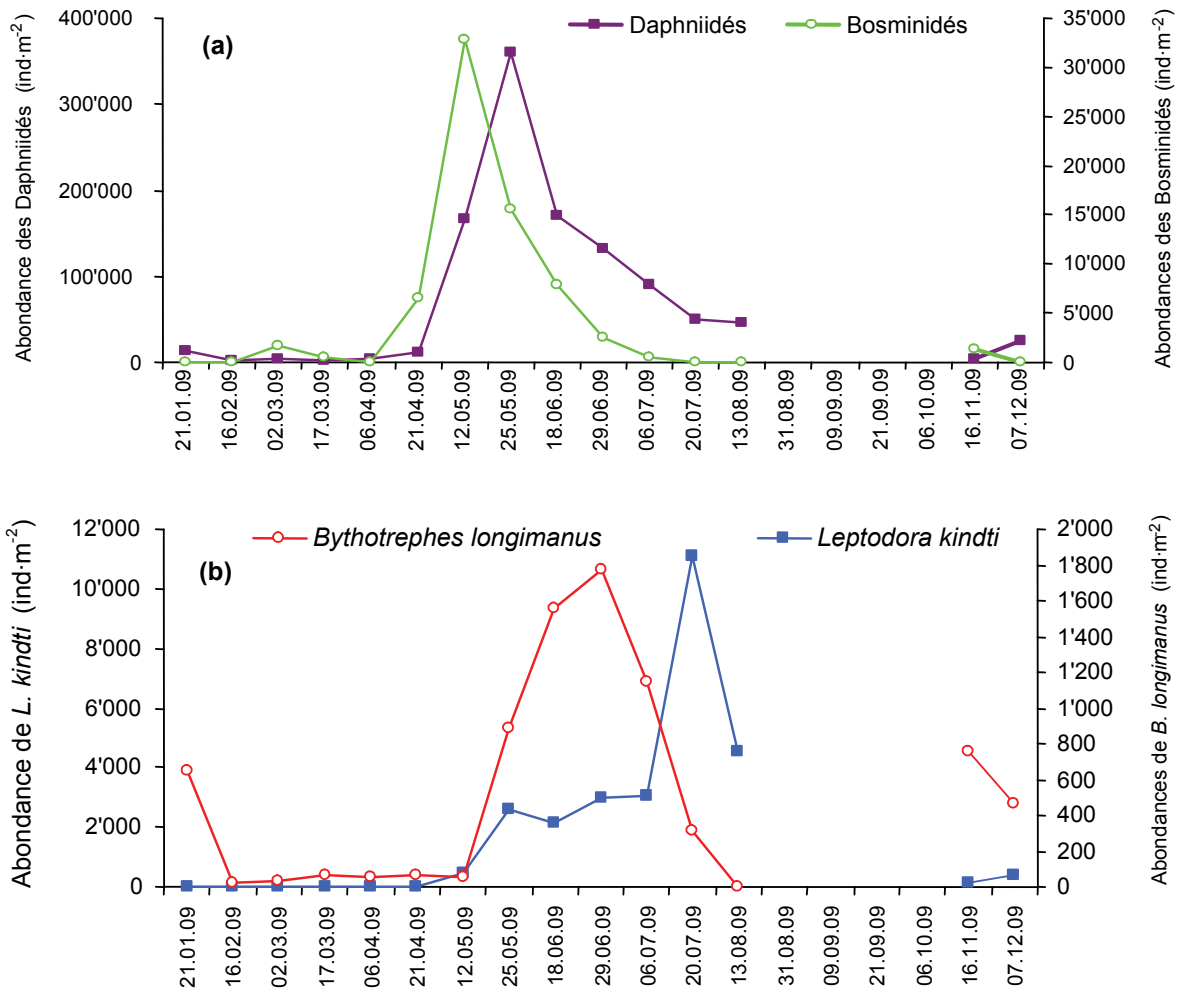


Figure 3 : Evolution saisonnière de l'abondance des branchiopodes : a) herbivores ; b) carnivores en 2009 (Léman, SHL2).

Figure 3 : Seasonal changes in the abundance of herbivorous a) and carnivorous b) Branchiopoda in 2009 (Lake Geneva, SHL2).

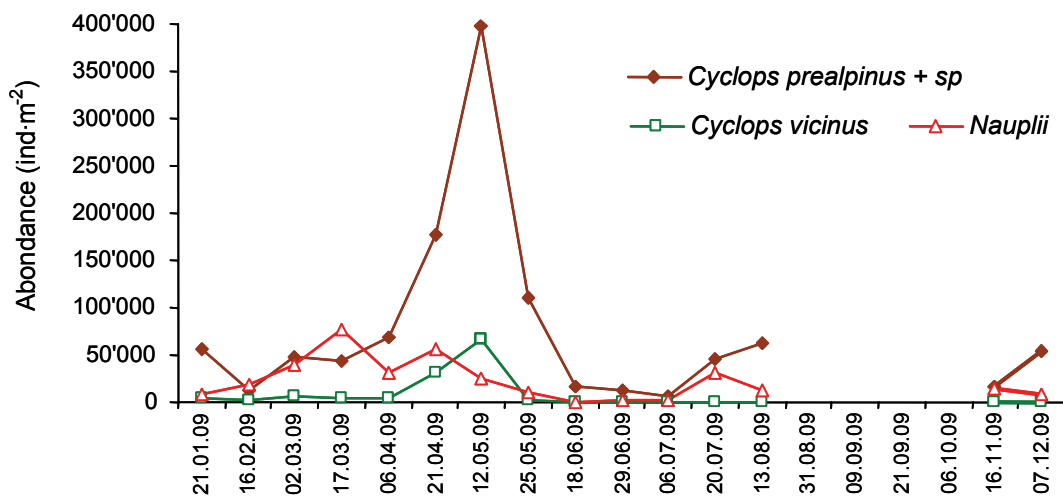


Figure 4 : Evolution saisonnière de l'abondance des cyclopoïdes en 2009 (Léman, SHL2).

Figure 4 : Seasonal changes in the abundance of cyclopoida in 2009 (Lake Geneva, SHL2).

Les cyclopoïdes sont essentiellement représentés par le genre *Cyclops* et l'ensemble *C. prealpinus* + *Cyclops* spp est encore dominant par rapport à *C. vicinus* (figure 4). La population de cyclopoïdes commence à se développer tôt, dès la reprise de la croissance phytoplanctonique mi-mars (RIMET 2010). Le maximum printanier des cyclopoïdes est atteint le 12 mai avec des abondances de 400'000 ind·m⁻² pour *C. prealpinus* et 67'000 ind·m⁻² pour *C. vicinus*. L'abondance des deux espèces de *Cyclops* sp. et des nauplii décroît ensuite au cours du printemps et se maintient à des effectifs < 100'000 ind·m⁻² au cours de l'été.

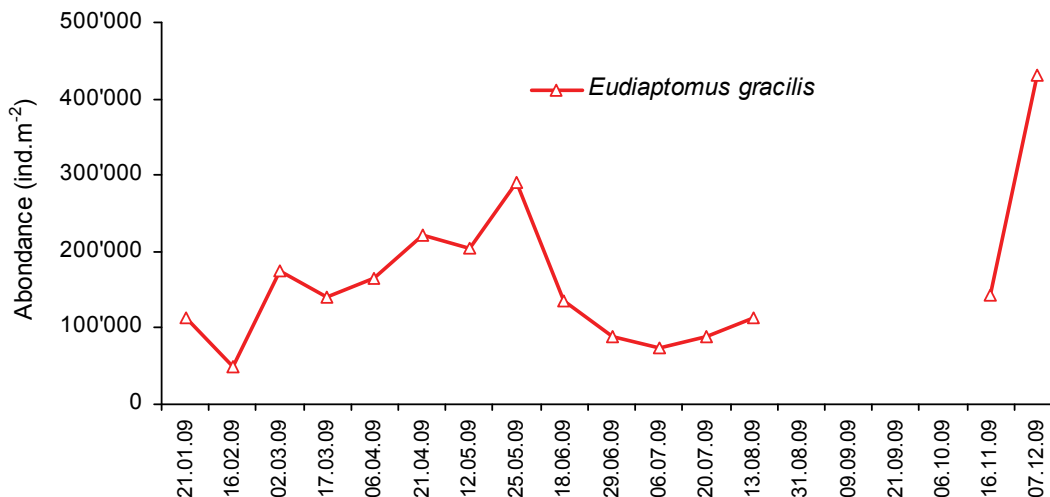


Figure 5 : Evolution saisonnière de l'abondance du calanoïde *Eudiaptomus gracilis* en 2009 (Léman, SHL2).

Figure 5 : Seasonal changes in the abundance of calanoida *Eudiaptomus gracilis* in 2009 (Lake Geneva, SHL2).

Le pic d'abondance printanier d'*E. gracilis* est atteint le 25 mai, et culmine à 300'000 ind·m⁻² (figure 5). Les abondances estivales sont faibles (< 150'000 ind·m⁻²). Par contre, des valeurs exceptionnellement élevées sont observées en début d'hiver (proches de 500'000 ind·m⁻²) et pourraient être à relier avec les fortes précipitations et les températures très douces qui ont marqué la fin de l'année 2009.

3.4 Evolution à long terme du zooplancton

La figure 6 présente l'évolution interannuelle des moyennes estivales calculées sur la période de mai à septembre.

La tendance à la baisse chez les microcrustacés, observée depuis 1984, se confirme encore en 2009. Elle est liée à la diminution de l'abondance des cyclopoïdes et des branchiopodes, en particulier des daphnies. L'évolution temporelle de l'abondance moyenne annuelle des calanoïdes et de *L. kindtii* sont particulièrement corrélées ($R = 0.61$, $p < 10^{-3}$) et semblent, elles, plutôt liées à l'abondance moyenne annuelle des algues filamenteuses (Fig. 7), avec des abondances faibles de calanoïdes et de *L. kindtii* pour les années à fortes abondances d'algues zygothécées, comme en 2009.

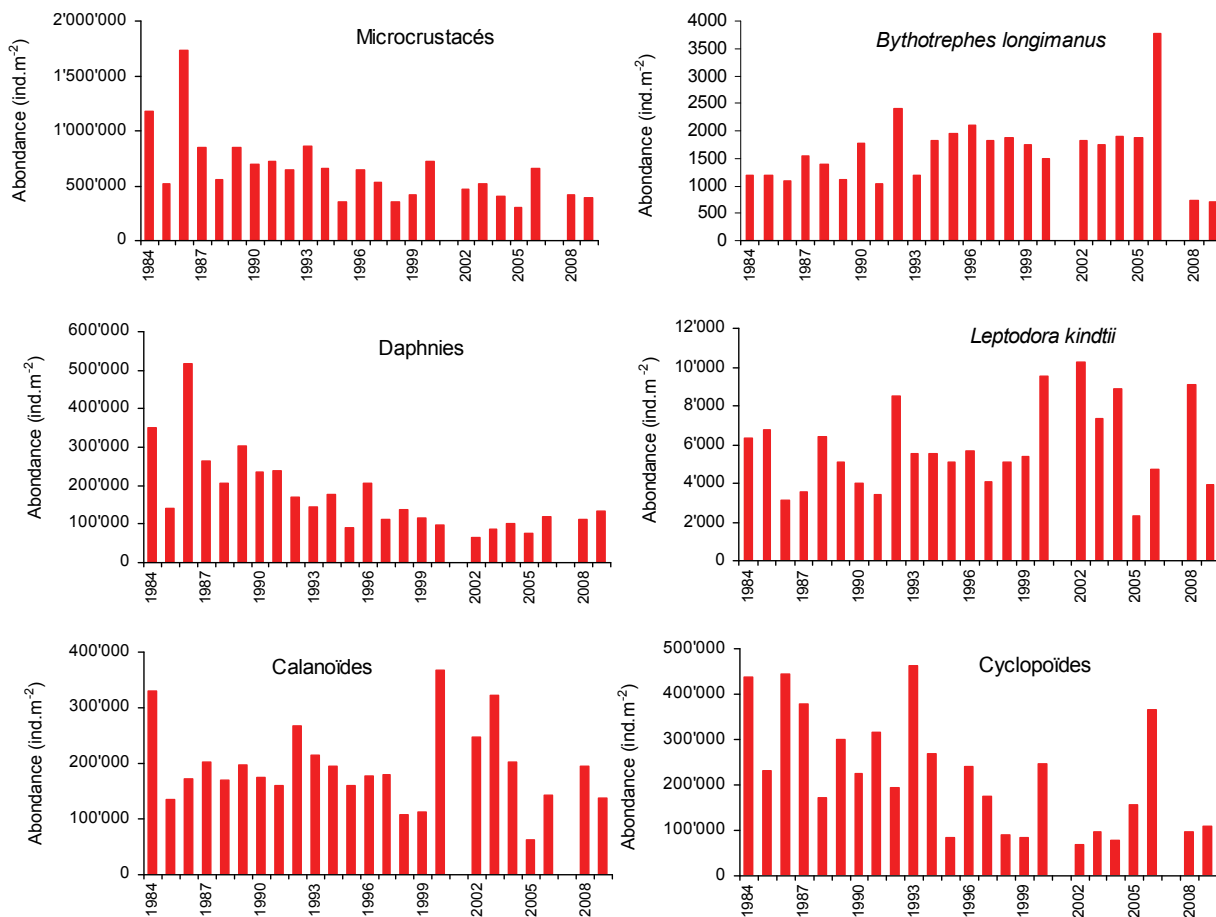


Figure 6 : Evolution interannuelle de l'abondance estivale des différentes catégories de zooplancton crustacéen (Léman, SHL2). En raison du manque d'échantillons comptables, les années 2001 et 2007 n'ont pas été incluses.

Figure 6 : Interannual changes in the summer abundance of the crustacean zooplankton (Lake Geneva, SHL2). Years 2001 and 2007 were not included due to a lack of countable samples..

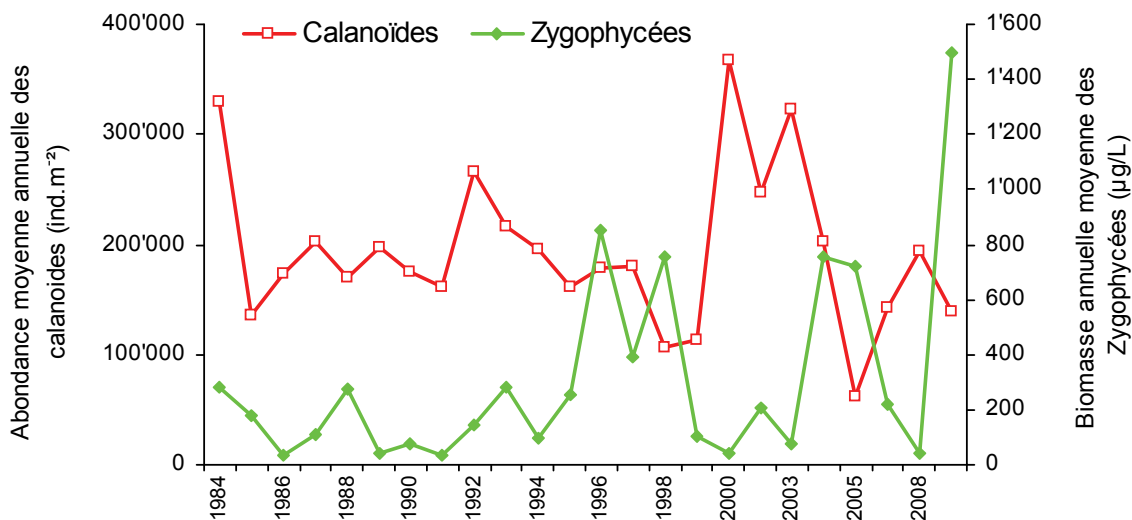


Figure 7 : Relations entre l'évolution interannuelle de l'abondance des calanoïdes et de la biomasse des algues zygotophycées (Léman, SHL2).

Figure 7 : Relationships between the inter-annual changes in calanoids abundances and zygotophytes biomass (Lake Geneva, SHL2).

3.5 Autres groupes planctoniques

Les larves véligères de la moule zébrée apparaissent chaque année en période estivale. En 2009, le pic d'abondance atteint 113'000 ind·m⁻² le 20 juillet, ce qui correspond à la 2^{ème} valeur la plus importante sur la série 1998-2009 (figure 8).

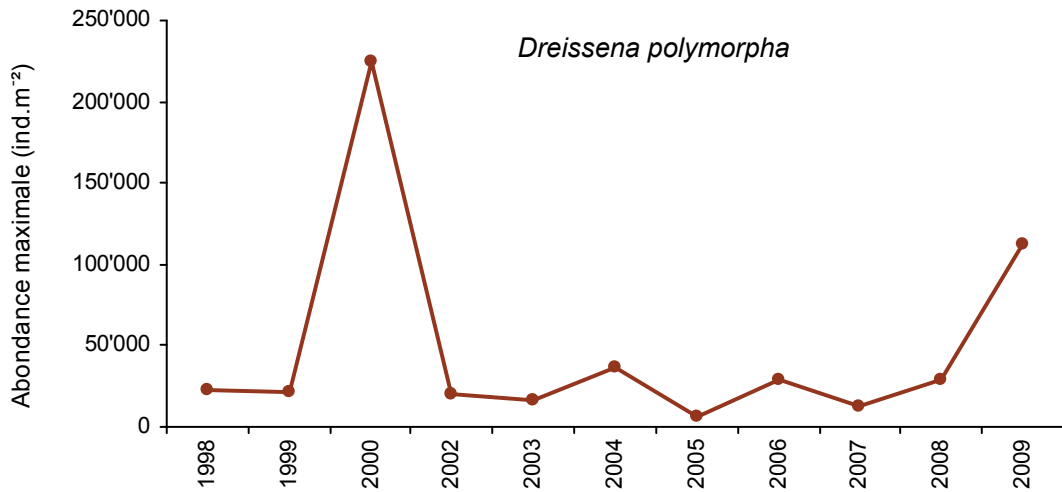


Figure 8 : Evolution de l'abondance maximale des larves planctoniques de *Dreissena polymorpha* (Léman, SHL2). Aucune donnée disponible pour l'année 2001.

Figure 8 : Annual changes in the maximum abundance of the planktonic larvae of the zebra mussel *Dreissena polymorpha* (Lake Geneva, SHL2).

Parmi les rotifères, aucun individu de l'espèce *Notholca caudata* n'a pu être observé en 2009, tout comme au cours des trois années précédentes. *Conochilus* sp. n'a été observée qu'à une seule date en 2009 (21 janvier), avec des abondances faibles (425 ind·m⁻²), alors qu'elle était la plus abondante en 2008, parmi les trois espèces classiquement observées dans les échantillons de zooplancton. *Asplanchna* sp. montre un pic d'abondance printanier précoce, le 21 avril, à des abondances proches de 90'000 ind·m⁻², tandis que le maximum d'abondance printanier de *Kellicottia* sp., du même ordre de grandeur, est atteint pendant la phase des eaux claires. Les abondances des deux espèces diminuent ensuite rapidement en fin de printemps, mais *Kellicottia* sp. montre une nette reprise de croissance le 20 juillet avec un maximum de 105'000 ind·m⁻².

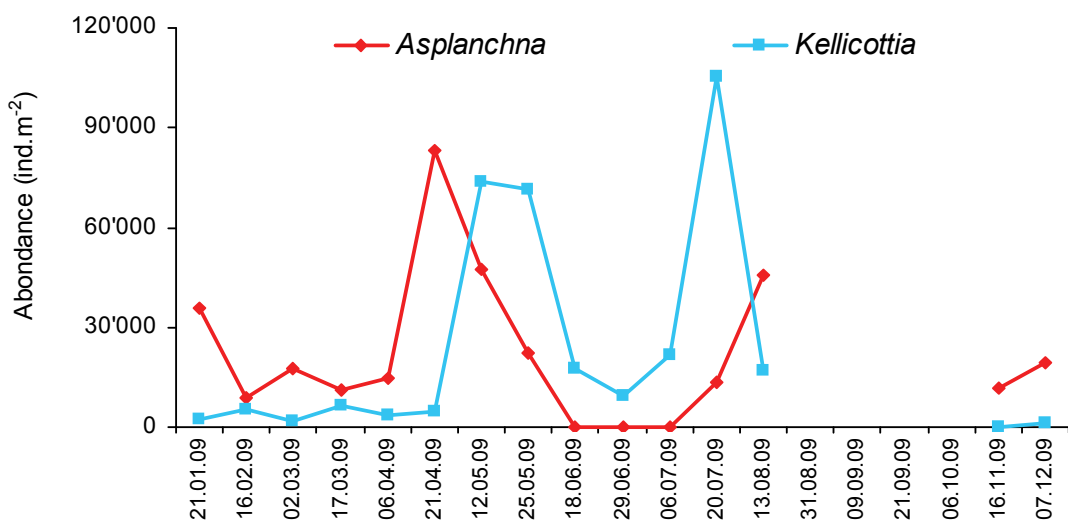


Figure 9 : Evolution saisonnière de l'abondance de quelques rotifères en 2009.

Figure 9 : Seasonal patterns in the abundance of some Rotifera taxa in 2009.

4. CONCLUSIONS

Les changements saisonniers d'abondance des crustacées du zooplancton correspondent en 2009 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 entre le 25 mai et le 18 juin 2009, suivie d'une diminution drastique des abondances en fin de printemps.

Les tendances inter-annuelles dans la structure du compartiment crustacéen observées depuis 1984 se confirment. La diminution de l'abondance des microcrustacés due essentiellement à la décroissance des effectifs de Daphnies et de Cyclopoïdes, est cohérente avec les processus de re-oligotrophisation, tandis que l'abondance des Calanoïdes semble plutôt dépendante de la composition du phytoplancton. En effet, l'année 2009, marquée par un fort développement de *Mougeotia gracillima*, montre des effectifs faibles de Calanoïdes, conformément aux prédictions du modèle énoncé au cours du rapport de la campagne précédente (PERGA et LAINE, 2009).

BIBLIOGRAPHIE

- PERGA, M. E. et LAINE, L. (2009) : Evolution du zooplancton du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2008, 109-116.
- RIMET, F. (2010) : Phytoplancton du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2009, 77-88.
- SOMMER, U., GLIWICZ, Z.M., LAMPERT, W. et DUNCAN, A. (1986) : The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in fresh waters. Arch. Hydrobiol., 106, 433-471.