

ÉVOLUTION DU ZOOPLANCTON DU LÉMAN

CHANGES IN THE ZOOPLANKTON OF LAKE GENEVA

Campagne 2008

PAR

Marie-Elodie PERGA et Leslie LAINÉ

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

RÉSUMÉ

Contrairement aux années précédentes (2004-2007), les faibles abondances en algues filamenteuses dans la colonne d'eau tout au long de l'année ont permis de réaliser la totalité des comptages de l'abondance du zooplancton en 2008. La dynamique saisonnière des crustacées en 2008 a suivi le schéma bimodal typique attendu pour un lac mésotrophe. Le pic printanier d'abondance des crustacés herbivores, essentiellement composés des Daphnies, coïncide avec la période où les transparences sont maximales, marquant ainsi clairement la phase des eaux claires entre les 13 et 22 mai 2008. Les abondances crustacéennes sont ensuite restées à des valeurs faibles au cours de l'été, avant de montrer un second pic, plus modeste et dominé par les Calanoïdes, en début d'automne. Ce pic automnal coïncide avec la reprise de la croissance des Dinophycées.

*La tendance à la diminution des abondances moyennes annuelles des micro-crustacés, observée depuis 1984, est confirmée. Cette tendance résulte essentiellement de la diminution des effectifs de Cyclopoïdes et des Daphnies et est cohérente avec celle attendue pour un lac en contexte de ré-oligotrophisation. Les variations inter-annuelles de l'abondance des Calanoïdes et *L. kindtii* sont beaucoup plus fluctuantes sur la série 1984-2008 mais étonnamment similaires et ont pu être négativement corrélées aux variations inter-annuelles de la biomasse des algues de type conjuguées. Par conséquent, les variations inter-annuelles des abondances des Cyclopoïdes et des Daphnies, taxons à développement plus printanier, seraient essentiellement dépendantes de la production primaire lors de la reprise de fin d'hiver, tandis que celles des Calanoïdes et *L. kindtii*, taxons à préférendums plus estivaux, seraient à relier au développement d'algues filamenteuses en fin d'été.*

ABSTRACT

In contrast with what had been observed in previous years (2004-2007), in 2008 low abundances of filamentous algae in the Lake Geneva water column made it possible to count all zooplankton samples. Crustacean seasonal dynamics in 2008 followed the typical pattern expected for a mesotrophic lake. The spring abundance peak of herbivorous cladocerans, dominated by Daphnia, coincided with maximum water column transparency, resulting in a Clear-Water Phase between May 13 and 22. Crustacean abundances remained low throughout the summer, with a second abundance peak, which was not as great but dominated by calanoids, occurred early in the fall. This fall peak matched the fall growth phase of dinophytes.

*The general trend towards decreasing micro-crustacean abundances observed since 1984 was confirmed. This trend actually results from the decreasing abundances of Daphnia and cyclopoids, and is consistent with the trend expected for a lake undergoing re-oligotrophication. In contrast, the interannual variations in the abundances of calanoids and *L. kindtii* fluctuated more, but were found to be negatively correlated to interannual changes in conjugate algae biomass. i.e. higher abundances of calanoids and *L. kindtii* occurred in years with a low conjugate biomass. This means that interannual changes in the abundances of Daphnia and cyclopoids, taxa that develop in the spring, are more likely to be related to the springtime primary production, while those of calanoids and *L. kindtii*, taxa with summer optima, are more likely to depend on the late summer biomasses of filamentous algae.*

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 2008, 20 campagnes de prélèvements ont été réalisées et tous les échantillons ont pu faire l'objet de comptages.

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 2008.

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 57 mL·m⁻² (31 mars) à 441 mL·m⁻² (13 mai). Le profil temporel décrit une phase avec des biovolumes forts au printemps qui atteignent leur valeur maximale le 13 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 (10 m) et le maximum de biovolume sédimenté, entre les 13 et 22 mai 2008, correspondant ainsi à la date de la phase des eaux claires.

En 2008, la transparence est restée relativement élevée (> 5 m) tout au long de l'année, notamment au cours de l'été et de l'automne, ce qui traduit la faible quantité d'algues filamenteuses telles que *Mougeotia gracillima* dans la colonne d'eau du Léman, contrairement notamment à l'année précédente (RIMET et DRUART, 2009).

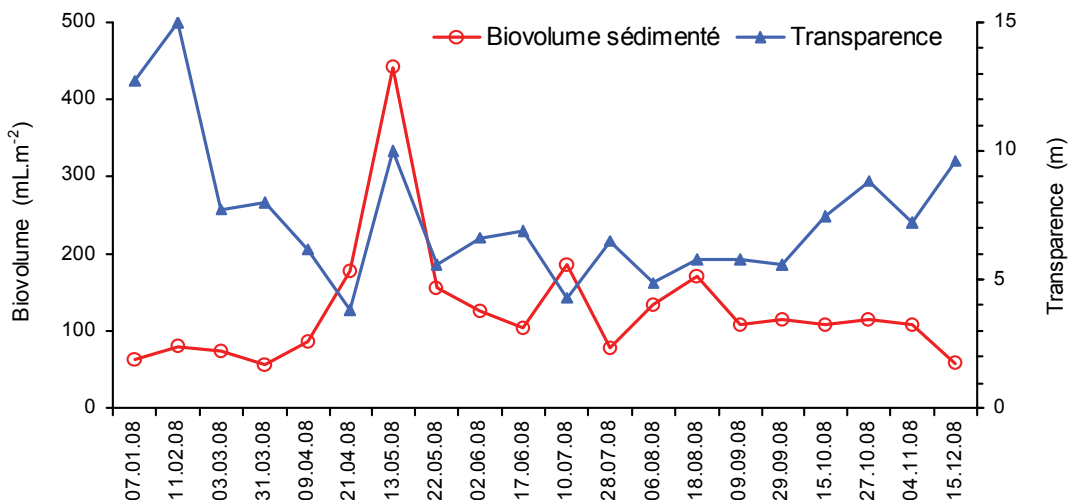


Figure 1 : Evolution saisonnière du biovolume sédimenté de zooplancton et de la transparence des eaux mesurée au disque de Secchi en 2008 (Léman, SHL2).

Figure 1 : Seasonal changes in the settled biovolume and Secchi disk transparency values in 2008 (Lake Geneva, SHL2).

3.2 Composition spécifique de la biocénose crustacéenne

Le zooplancton crustacéen est, chaque année, largement dominé par les copépodes. En 2008, les copépodes représentent 78.4 % de l'abondance totale des crustacés. La sous-classe des copépodes se compose des Cyclopoïdes et des Calanoïdes. Dans les comptages de 2008, les Calanoïdes sont les plus abondants, représentant 50.5 % de l'abondance crustacéenne totale contre 27.9 % pour les Cyclopoïdes.

Les Calanoïdes sont représentés par une unique espèce, *Eudiaptomus gracilis*. Les Cyclopoïdes appartiennent à 3 espèces : *Cyclops prealpinus*, la plus abondante (19 %), *C. vicinus* (2 %) et *Macrocyclops albidus*, observé à une seule occasion (15.04.2008).

La classe des branchiopodes est représentée par un unique ordre, celui des cladocères, qui en 2008 représente 21.6 % de la communauté zooplanctonique crustacéenne. Cet ordre est largement dominé dans le Léman par *Daphnia hyalina* + *galeata* (18 %), les autres taxons étant minoritaires [*Eubosmina longispina* + *E. mixta* (1.6 %), *Leptodora kindtii* (1 %) et *Bythotrephes longimanus* (1 %)].

3.3 Dynamique saisonnière du zooplancton en 2008

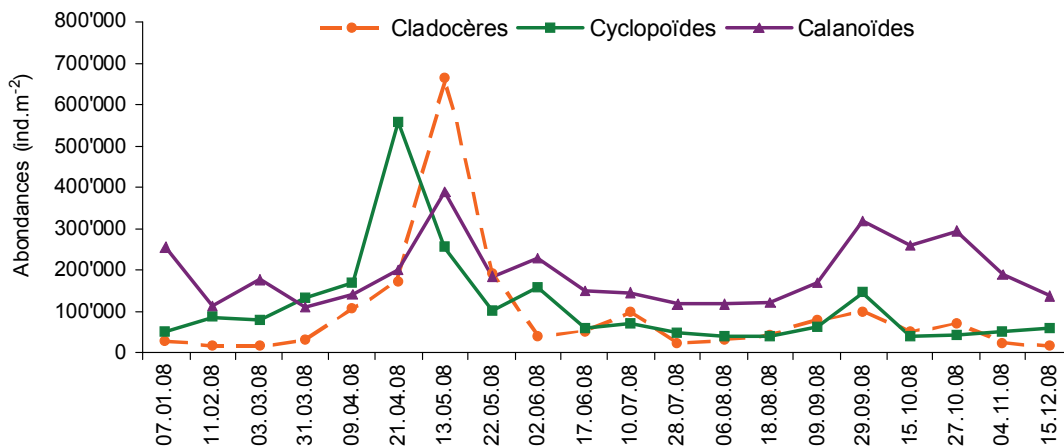


Figure 2 : Evolution saisonnière du peuplement crustacéen en 2008 (Léman, SHL2).

Figure 2 : Seasonal changes in the abundance of Crustacea in 2008 (Lake Geneva, SHL2).

Le peuplement crustacéen du Léman suit une dynamique bimodale typique des lacs mésotrophes en 2008, avec un pic d'abondance au printemps et un second pic, plus modeste, en début d'automne (figure 2). Le pic printanier de Cyclopoïdes apparaît le 21 avril lors du maximum du pic printanier d'abondance phytoplanctonique (RIMET et DRUART, 2009), avec des abondances proches de 600'000 ind.m⁻², tandis que le pic des taxons herbivores (Calanoïdes et Cladocères) a lieu trois semaines plus tard, à des abondances respectives de 400'000 et 700'000 ind.m⁻², et coïncide avec la phase des eaux claires, et donc les minima printaniers d'abondance phytoplanctonique (RIMET et DRUART, 2009).

Les abondances des taxons crustacéens diminuent rapidement après la phase des eaux claires et restent à des niveaux plus faibles (< 200'000 ind.m⁻² pour les Calanoïdes et < 100'000 ind.m⁻² pour Cyclopoïdes et Cladocères) tout au long de la période estivale. Les abondances des trois taxons augmentent à nouveau à partir du 29 septembre de façon synchrone. Ce second pic d'abondance zooplanctonique correspond à la croissance automnale des Dinophycées (RIMET et DRUART, 2009). Si les abondances de Calanoïdes atteintes lors du pic automnal sont du même ordre de grandeur que celles du pic printanier, celles des Cyclopoïdes et des cladocères sont, elles, cinq fois plus faibles environ. Toutefois, les abondances des trois taxons diminuent à nouveau en début d'hiver.

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

Le pic printanier des cladocères herbivores correspond, en 2008, à une augmentation synchrone de l'abondance des Daphniidés ainsi que des Bosminidés, dont les maxima sont toutefois 15 fois moindres (figure 3a). Le pic automnal, par contre, n'est le fait que d'une nouvelle augmentation de l'abondance des Daphniidés, alors que les Bosminidés se maintiennent à des abondances très faibles dès le début de l'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 26 juin pour *B. longimanus*, avec un effectif de 30 000 ind.m⁻², et le 10 juillet pour *L. kindtii*, pour un effectif plus de 10 fois moindre.

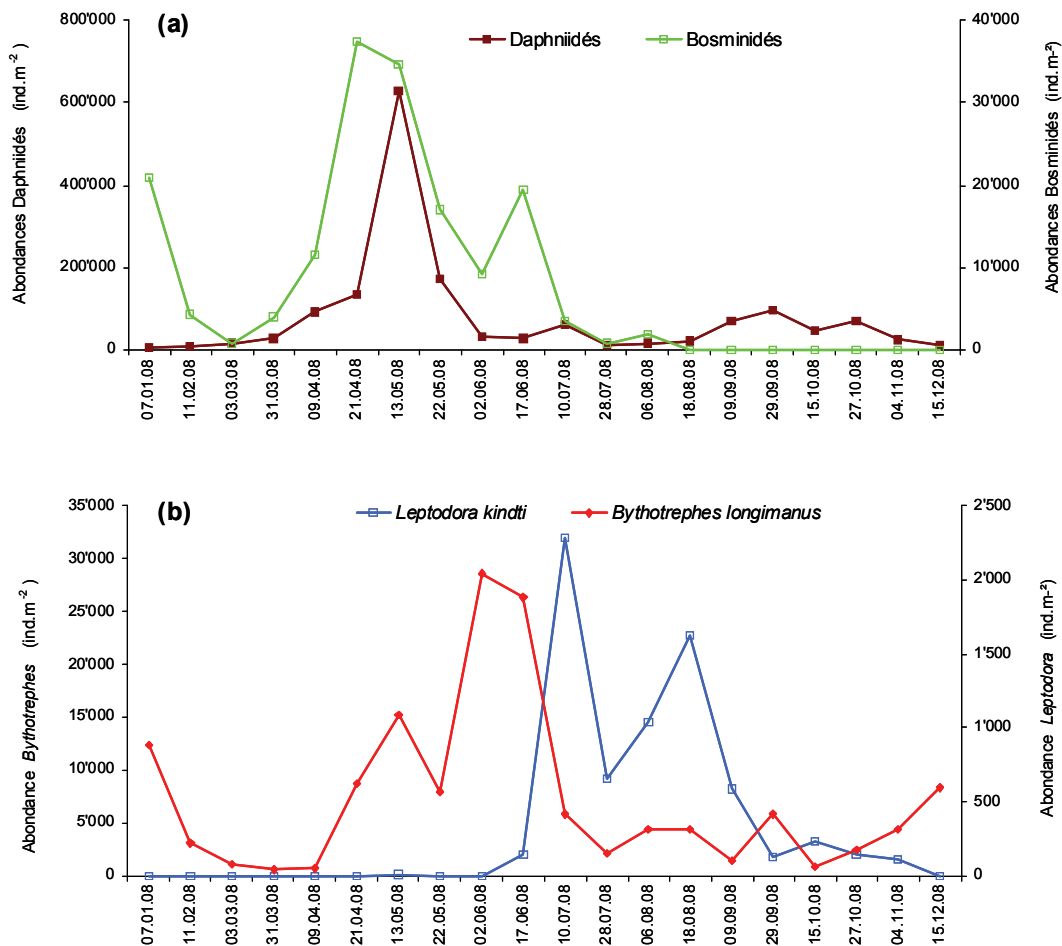


Figure 3 : Evolution saisonnière de l'abondance des Branchiopodes : a) herbivores ; b) carnivores en 2008 (Léman, SHL2).

Figure 3 : Seasonal changes in the abundance of herbivorous a) and carnivorous b) Branchiopoda in 2008 (Lake Geneva, SHL2).

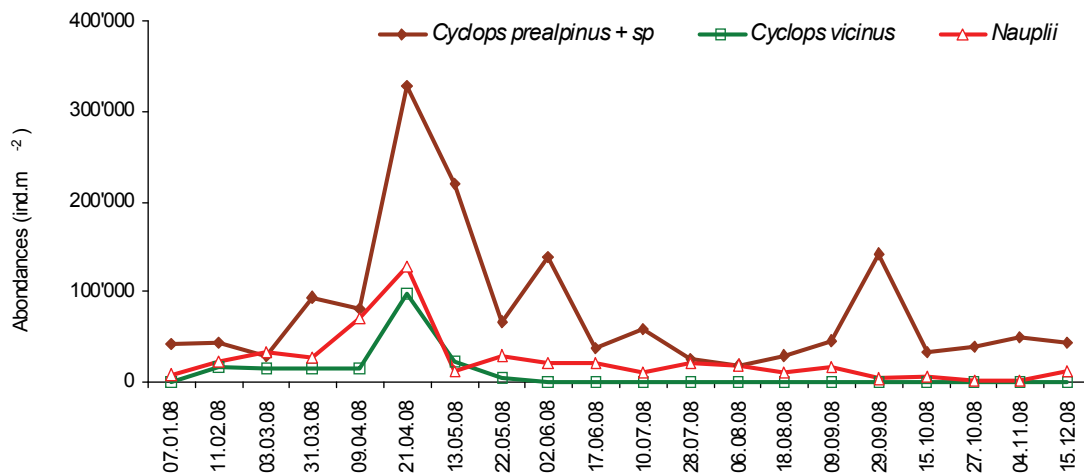


Figure 4 : Evolution saisonnière de l'abondance des Cyclopoïdes en 2008 (Léman, SHL2).

Figure 4 : Seasonal changes in the abundance of cyclopoida in 2008 (Lake Geneva, SHL2).

Les Cyclopoïdes sont essentiellement représentés par le genre *Cyclops* et l'ensemble *C. prealpinus* + *C. 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 (RIMET et DRUART, 2009). Le maximum printanier des Cyclopoïdes est atteint le 21 avril avec des abondances de 350'000 ind·m⁻² pour *C. prealpinus* et 125'000 ind·m⁻² pour *C. vicinus*. L'abondance des deux espèces de Cyclops 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. Seul *C. prealpinus* montre un pic d'abondance automnal, avec des effectifs maximaux de 140'000 ind·m⁻², avant de décroître à nouveau en début d'hiver.

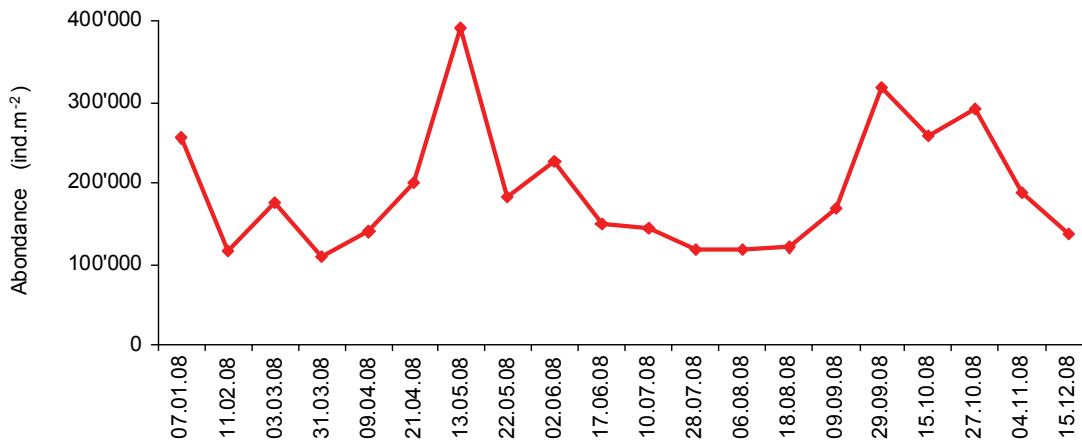


Figure 5 : Evolution saisonnière de l'abondance du Calanoïde *Eudiaptomus gracilis* en 2008 (Léman, SHL2).
Figure 5 : Seasonal changes in the abundance of calanoida *Eudiaptomus gracilis* in 2008 (Lake Geneva, SHL2).

La dynamique des Calanoïdes, exclusivement représentés par *E. gracilis*, est clairement bimodale en 2008 (figure 5). Le pic d'abondance printanier est atteint le 13 mai, et culmine à 400'000 ind·m⁻². Les abondances estivales sont faibles mais un deuxième pic apparaît le 29 septembre, avec une abondance comparable à celle du pic printanier, de l'ordre de 350'000 ind·m⁻². Les abondances, bien qu'en phase décroissante après cette date, restent relativement élevées jusqu'à la fin de l'année.

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 2008. Elle est liée à la diminution de l'abondance des Cyclopoïdes et des branchiopodes, en particulier des daphnies. Les évolutions temporelles de l'abondance moyenne annuelle des Calanoïdes et de *L. kindtii* sont particulièrement corrélées (figure 7a) et semblent, elles, plutôt liées à l'abondance moyenne annuelle des algues filamenteuses (figure 7b), avec des abondances élevées de Calanoïdes et de *L. kindtii* pour les années à faibles abondances d'algues conjuguées, comme en 2008. Alors que les effectifs de *B. longimanus* montraient une tendance à l'augmentation depuis 1984, les valeurs obtenues pour 2008 sont exceptionnellement basses et s'écartent de cette tendance.

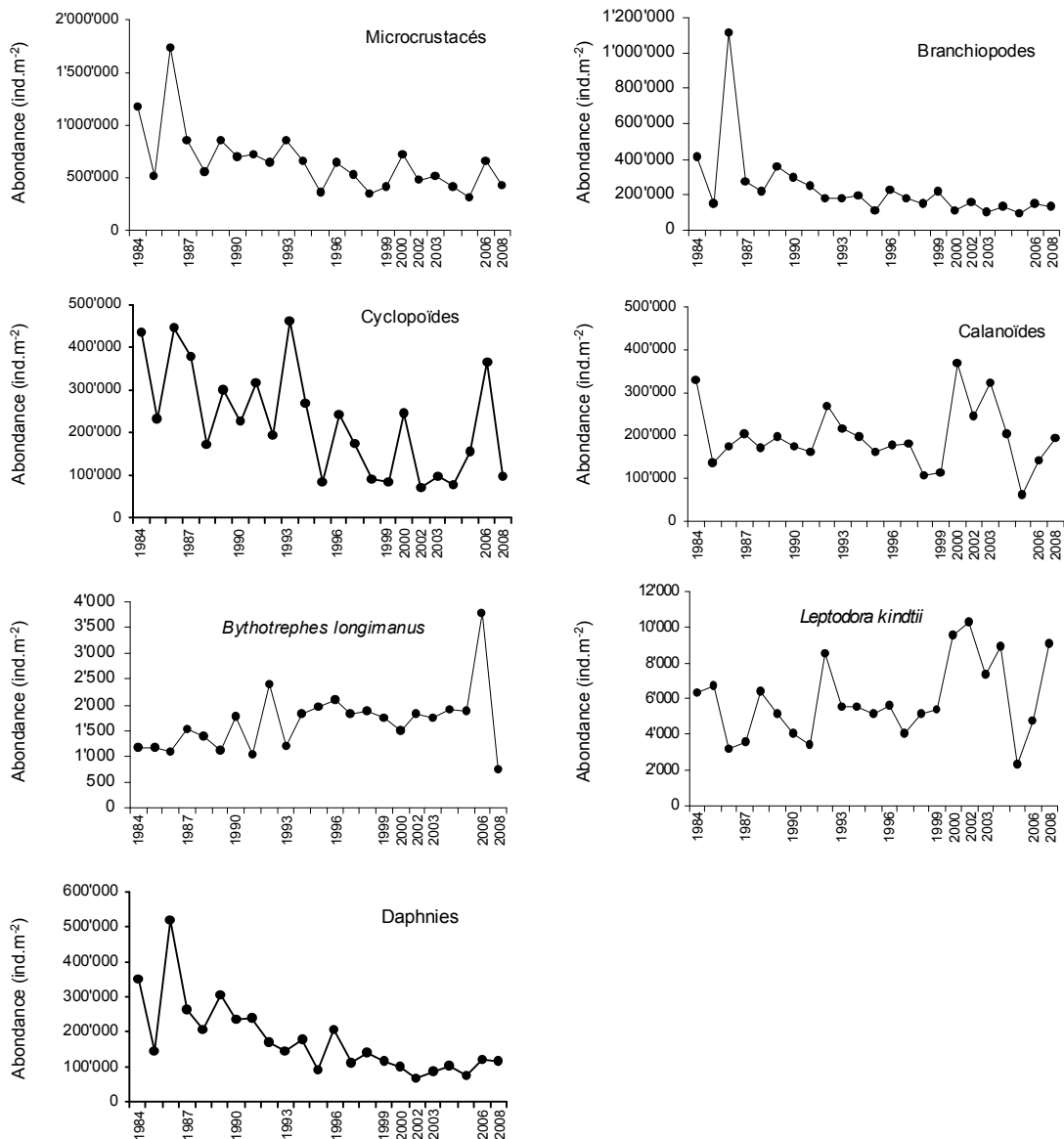


Figure 6 : Evolution interannuelle de l'abondance estivale des différentes catégories de zooplancton crustacéen (Léman, SHL2). En raison du manque d'échantillons comptables, les années 2001 et 2007 n'ont pas été incluses.

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.

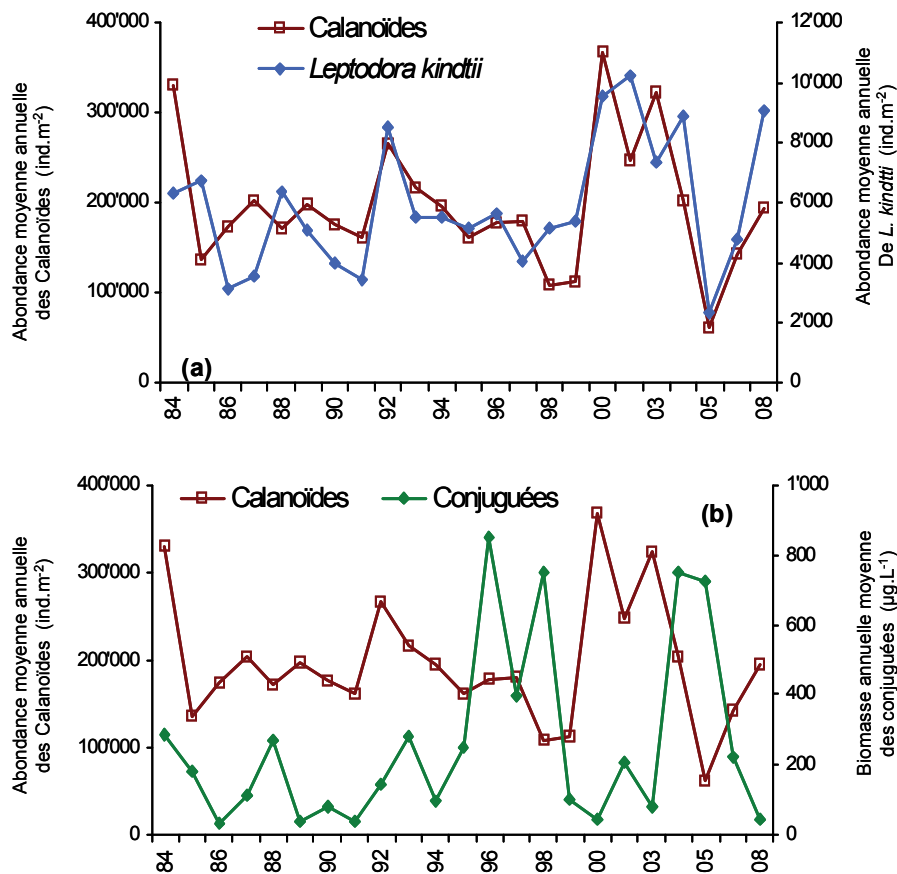


Figure 7 : (a) relations entre les évolutions interannuelles des Calanoïdes et de *L. kindtii* ; (b) relations entre l'évolution interannuelle de l'abondance des Calanoïdes et de la biomasse des algues conjuguées (Léman, SHL2).

Figure 7 : (a) Relationships between the interannual changes in the abundances of calanoids and of *L. kindtii* ; (b) Relationships between the interannual changes in calanoid abundance and conjugate biomass (Lake Geneva, SHL2).

3.5 Autres groupes planctoniques

Les larves véligères de la moule zébrée apparaissent chaque année en période estivale. En 2008, un effectif relativement important de 29510 ind·m⁻² de larves véligères de moule zébrée a pu être observé le 18 août.

Tableau 1 : Evolution de l'abondance des larves planctoniques de *Dreissena polymorpha* (Léman, SHL2).

Table 1 : Seasonal changes in the abundance of the planktonic larvae of the zebra mussel *Dreissena polymorpha* (Lake Geneva, SHL2). Data not available for year 2001.

<i>Dreissena</i> (ind·m ⁻²)	1998	1999	*2000	2002	*2003	*2004	*2005	*2006	2007*	2008
Maximum (date)	22'400 (04.08.98)	22'000 (02.08.99)	225'100 (07.07.00)	19'700 (19.08.02)	16'100 (02.07.03)	37'000 (23.08.04)	6'200 (04.07.05)	29'500 (04.09.06)	13'000 (06.08.07)	29'510 (18/08/08)

* année incomplète / incomplete year.

Aucune donnée disponible pour l'année 2001.

Parmi les rotifères, aucun individu de l'espèce *Notholca* n'a pu être observé en 2008, tout comme au cours des deux années précédentes. Parmi les trois taxa dénombrées, *Conochilus* est celui dont les abondances ont été les plus fortes en 2008. L'abondance de *Conochilus* montre un pic à 650'000 ind·m⁻² en début d'été. A titre comparatif, l'abondance maximale de ce taxa était 30 fois inférieure au cours de l'année 2005, et 6 fois inférieure au cours de l'année 2006. *Asplanchna* montre des phases de développement tout au long de l'année, tandis que *Kellicotia* atteint son abondance maximale au début de l'été 2008, à 300'000 ind·m⁻² (figure 8).

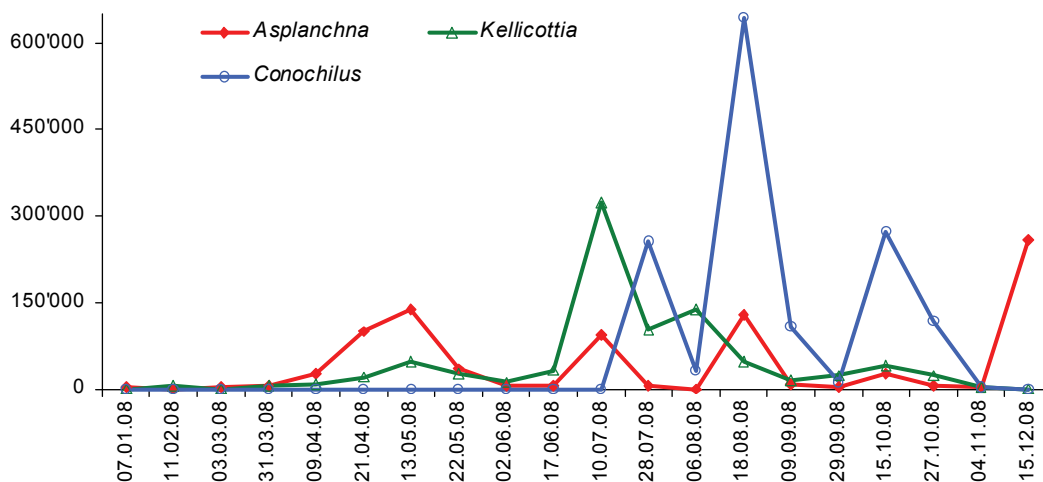


Figure 8 : Evolution saisonnière de quelques rotifères en 2008.

Figure 8 : Seasonal patterns of some Rotifera taxa in 2008.

4. CONCLUSIONS

Contrairement aux années précédentes (2004-2007), les faibles abondances en algues filamenteuses dans la colonne d'eau tout au long de l'année 2008 ont permis de réaliser la totalité des comptages de l'abondance du zooplancton en 2008. La dynamique saisonnière des crustacés en 2008 a suivi le schéma bimodal typique attendu pour un lac mésotrophe (SOMMER *et al.*, 1986). Le pic printanier d'abondance des crustacés herbivores, essentiellement composés des Daphnies, coïncide avec la période où les transparences sont maximales, marquant ainsi clairement la phase des eaux claires. Les abondances crustacéennes sont ensuite restées à des valeurs faibles au cours de l'été, avant de montrer un second pic, plus modeste et dominé par les Calanoïdes, en début d'automne. Ce pic automnal coïncide avec la reprise de la croissance des Dinophycées.

La tendance à la diminution des abondances moyennes annuelles des micro-crustacés observée depuis 1984 et qui résulte essentiellement à la diminution des effectifs de Cyclopoïdes et des Daphnies se confirme en 2008. Cette tendance est cohérente avec celle attendue pour un lac en contexte de ré-oligotrophisation. Les variations inter-annuelles de l'abondance des Calanoïdes et *L. kindtii* sont beaucoup plus fluctuantes sur la série 1984-2008 mais étonnamment similaires. De plus, les variations inter-annuelles de l'abondance des Calanoïdes et *L. kindtii* sont négativement corrélées avec la biomasse moyenne annuelle des conjuguées. Ainsi, les variations inter-annuelles des abondances des Cyclopoïdes et des Daphnies, taxons à développement plus printanier, seraient essentiellement dépendantes de la production primaire lors de la reprise de fin d'hiver, tandis que celles des Calanoïdes et *L. kindtii*, taxons à préférendums plus estivaux, seraient à relier au développement d'algues filamenteuses en fin d'été.

BIBLIOGRAPHIE

RIMET, F., DRUART, J. C. (2009) : Phytoplancton du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2008, 91-102.

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.