

ÉVOLUTION DU ZOOPLANKTON DU LÉMAN

CHANGES IN THE ZOOPLANKTON OF LAKE GENEVA

Campagne 2007

PAR

Marie-Elodie PERGA et Leslie LAINÉ

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

RÉSUMÉ

L'abondance exceptionnelle d'une algue conjuguée filamenteuse, *Mougeotia gracillima*, du début de l'été à la fin de l'année dans la colonne d'eau, limite fortement en 2007 la pertinence des comptages zooplanctoniques. Sur les 18 échantillons collectés en 2007, 7 ne sont pas comptables. Ces échantillons correspondent à la fin du printemps et à l'été, période critique de dynamique zooplanctonique. Par conséquent, en l'absence de données de densités pour cette période, la dynamique du zooplancton ne peut faire l'objet d'une analyse pertinente en 2007. Elle ne peut non plus être comparée à celle des années précédentes. L'étude de la dynamique saisonnière zooplanctonique de 2007 est donc restreinte à la période précédant la phase des eaux claires, seule période pour laquelle les comptages fournissent des informations pertinentes.

L'apparition d'algues filamenteuses à de fortes densités se produit régulièrement dans le Léman depuis les 6 dernières années. Parce que la présence de ces algues filamenteuses dans les échantillons de zooplancton empêche leur comptage, un protocole de "tri" des algues filamenteuses avait été établi en 2006. Cependant, l'efficacité de ce protocole semble dépendant de l'espèce filamenteuse présente. Le protocole s'était révélé efficace lorsque les algues filamenteuses étaient dominées par *Aphanizomenon flos aquae* et *Planktothrix rubescens*, comme en 2006, mais inopérant en 2007, année dominée par *M. gracillima*. Ainsi, dans la mesure où 2007, année dominée par *Mougeotia gracillima* et non plus par *A. flos aquae* ou *P. rubescens*, reste une année exceptionnelle, le protocole de tri des algues filamenteuses établi en 2006 sera utile et la qualité de la série de données à long-terme du zooplancton ne sera pas compromise. Par contre, si le fort développement, dès le début de l'été, d'algues filamenteuses, telles que *M. gracillima*, persiste et devient fréquent, la poursuite du suivi de l'évolution du zooplancton du Léman nécessitera de repenser totalement les protocoles de prélèvement du zooplancton.

ABSTRACT

The exceptional abundance in the column of water of the conjugated filamentous alga, *Mougeotia gracillima*, from the beginning of the summer to the end of the year, severely limited the pertinence of the zooplankton counts in 2007. Seven of the 18 samples collected in 2007 could not be counted. These samples corresponded to the end of spring and to summer, a critical period for zooplankton dynamics. Consequently, in the absence of density data for this period, the dynamics of the zooplankton could not be subjected to a pertinent analysis in 2007. Nor could it be compared to the count in the preceding years. The investigation of the seasonal zooplankton dynamics in 2007 was therefore restricted to the period preceding the clear water phase, the only period for which the counts provide pertinent information.

High densities of filamentous algae have appeared regularly in Lake Geneva for the last 6 years. Because the presence of these filamentous algae in zooplankton samples makes counting impossible, a protocol for "sorting" the filamentous algae had been drawn up in 2006. However, the efficacy of this protocol seems to depend on the filamentous species actually present. The protocol was found to be effective when the filamentous algae were dominated by *Aphanizomenon flos aquae* and *Planktothrix rubescens*, as in 2006, but did not work in 2007, a year dominated by *M. gracillima*. Thus, to the extent that in 2007, a year dominated by *Mougeotia gracillima* and no longer by *A. flos aquae* or *P. rubescens*, remains an unusual year, the protocol for sorting the filamentous algae established in 2006 will be useful, and the quality of the series of long-term data for the zooplankton will not be compromised. In contrast, if the marked development from the beginning of summer of filamentous algae, such as *M. gracillima*, continues and becomes a frequent occurrence, a complete rethink of the protocols for zooplankton sampling will be required in order to be able to continue monitoring the change in zooplankton in 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 2007, 18 campagnes de prélèvements ont été réalisées. Comme au cours des années précédentes, les algues filamenteuses ont été abondantes dans les prélèvements de zooplancton de 2007. En revanche, au cours des années précédentes, ces algues filamenteuses, notamment la cyanobactérie *Aphanizomenon flos aquae* et *Planktothrix rubescens*, se développaient en automne. 2007 est une année à développement phytoplanctonique atypique, tant à cause des niveaux de biomasse de *Mougeotia gracillima*, une conjuguée filamenteuse, les plus élevés depuis 1974 (79 % de la biomasse carbonée totale) que dans la période de développement de cette filamenteuse (RIMET et DRUART, 2008). *M. gracillima* est une espèce qui se développe classiquement en automne, comme la plupart des filamenteuses. En 2007, elle apparaît dès le 20 février et se maintient à des abondances faibles (< 3 %) jusqu'au 4 juin. Les biomasses de *M. gracillima* deviennent réellement importantes à partir de juillet, et ce jusqu'à la fin de l'année. De plus, le protocole mis en place lors de la campagne 2006 (PERGA et LAINE, 2007) pour éliminer au moins partiellement les algues filamenteuses des échantillons s'est révélé inefficace sur les prélèvements de 2007. Ainsi, non seulement 7 prélèvements n'ont pu être comptés, mais ces comptages absents correspondent de plus à une période cruciale du développement zooplanctonique, limitant fortement l'analyse des données 2007. Dans les rapports précédents, les évolutions inter-annuelles des abondances zooplanctoniques étaient décrites à partir des moyennes annuelles des effectifs calculées de mai à septembre. En raison de l'absence de nombreux comptages au cours de cette période en 2007, nous avons exclu du rapport 2007 les analyses de tendance inter-annuelle. L'étude de la dynamique saisonnière est elle aussi restreinte à la période précédant la phase des eaux claires, période pour laquelle les comptages fournissent des informations pertinentes.

Ce rapport traite (i) des biovolumes sédimentés, (ii) de la composition spécifique de la communauté zooplanctonique et (iii) des autres groupes planctoniques observés dans les échantillons 2007.

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 :

$$K^2 = (N_{\text{ind}} \times \text{Vol. flacon} \times 50) / (\text{Vol. comp} \times 4.81)$$

où : N_{ind} est le nombre d'individus dénombrés dans le sous-échantillon

Vol. flacon est le volume de l'échantillon ajusté (en mL)

Vol. comp est le volume du sous-échantillon (en mL)

50 est la hauteur du prélèvement (en m)

4.81, le volume filtré par le filet (en m³).

Un protocole de tamisage successif des échantillons saturés d'algues filamenteuses a été mis en place par L. LAINE en 2006 (PERGA et LAINE, 2006). Les échantillons contenant des algues filamenteuses ont été tamisés sur des filtres de 200 µm de vide de maille avec brassage continu dans un grand volume d'eau jusqu'à élimination suffisante des algues. Ce protocole s'est toutefois révélé inefficace pour éliminer les algues filamenteuses des prélèvements de 2007, en raison soit de la taille trop élevée de *M. gracillima*, soit des abondances exceptionnelles.

3. RÉSULTATS

3.1 Biovolume sédimenté

Entre mars et juin, le cycle d'abondance du biovolume sédimenté du zooplancton (figure 1) présente des variations saisonnières importantes, de 467 mL·m⁻² (21 mai) à 57 mL·m⁻² (6 août). Le profil temporel décrit une phase avec des biovolumes forts au printemps qui atteignent leur valeur maximale le 21 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 la date des maxima de transparence printaniers et des périodes à forts

biovolumes sédimentés. La phase des eaux claires s'observe entre le 21 mai et le 4 juin. En 2006, la phase des eaux claires avait été établie pour des dates similaires.

En 2007, la transparence est restée faible de la fin du printemps à la fin de l'automne, due à la présence massive de microplancton et notamment de l'algue filamenteuse *M. gracillima*.

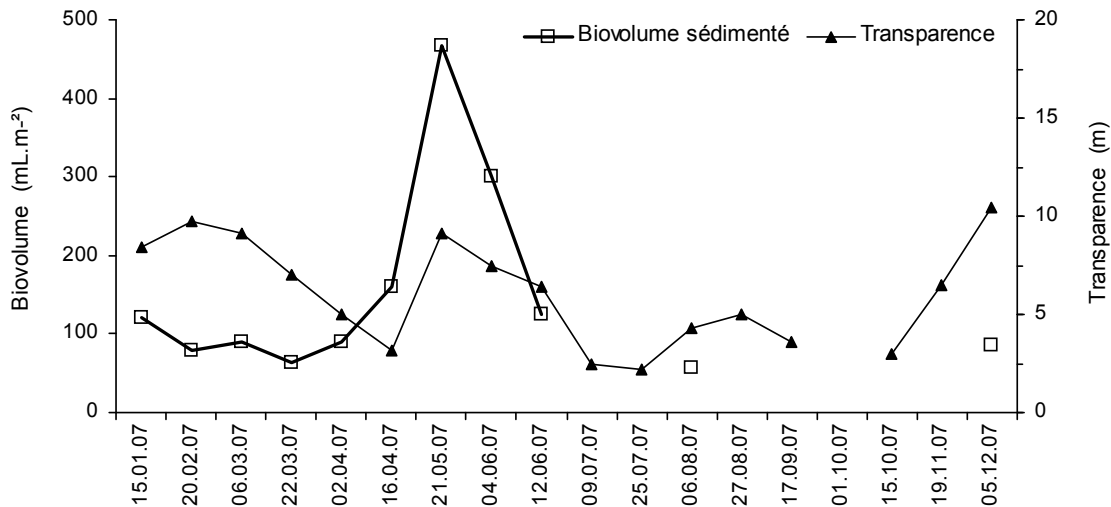


Figure 1 : Evolution saisonnière du biovolume sédimenté de zooplancton et de la transparence des eaux mesurée au disque de Secchi en 2007 (Léman, SHL2).

Figure 1 : Seasonal changes in the settled biovolume and Secchi disk transparency values in 2007 (Lake Geneva, SHL2).

3.2. Composition spécifique de la biocénose crustacéenne

Le zooplancton crustacéen est, chaque année, largement dominé par les copépodes. En 2007, les copépodes représentent 78,5 % de l'abondance totale des crustacés. La sous-classe des copépodes se compose des cyclopoïdes et des calanoïdes. Dans les comptages de 2007, les calanoïdes sont les plus abondants, représentant 45 % de l'abondance crustacéenne totale contre 23,5 % pour les cyclopoïdes. L'ordre qui domine la communauté des copépodes varie largement d'une année sur l'autre. En 2006 par exemple, les cyclopoïdes dominaient la communauté des copépodes.

Les calanoïdes sont représentés par une unique espèce, *Eudiaptomus gracilis*. Les cyclopoïdes appartiennent à 3 espèces : *Cyclops prealpinus*, la plus abondante (21 %), *C. vicinus* (4 %) et *Macrocyclus albidus*, observé dans seulement deux échantillons (15/01/07 et 22/03/07).

La classe des branchiopodes est représentée par un unique ordre, celui des cladocères, qui en 2007 représente 21,5 % de la communauté zooplanctonique crustacéenne. Cet ordre comprend *Daphnia hyalina* + *galeata*, *Eubosmina longispina* et *E. mixta*, *Leptodora kindti* et *Bythotrephes longimanus*.

3.3. Dynamique saisonnière du zooplancton en 2007

En raison de l'absence de comptage d'échantillons estivaux, l'étude de la dynamique crustacéenne est difficilement comparable aux données des années précédentes.

Les maxima des copépodes (figure 2) sont plus précoces par rapport à ceux des branchiopodes (figure 3). Le pic printanier d'abondance des copépodes est synchrone pour les cyclopoïdes et les calanoïdes et apparaît dès le 16 avril avec 450'000 ind.m⁻² pour chaque sous-classe. Ces maxima printaniers sont globalement supérieurs à ceux observés pour chacun des deux taxons sur la période 2003-2007. Ces abondances se maintiennent ensuite autour de 150 000 ind.m⁻² aux dates suivantes de comptage.

Le pic d'abondance des cladocères (figure 3) semble apparaître entre le 21 mai et le 4 juin, avec des effectifs de 200'000 ind.m⁻², proches des valeurs au maximum printanier observées depuis 2004. La date de ce pic correspond aussi à la date de biovolume sédimenté maximum. Ces maxima correspondent de plus aux minima de biomasse phytoplanctonique ainsi qu'au maximum printanier de transparence, datant ainsi la phase des eaux claires entre le 21.05.07 et le 04.06.07.

Le pic printanier de cladocères est quasiment exclusivement composé de *Daphnia hyalina* + *galeata*, les bosminidés représentant moins de 3 % de l'abondance des cladocères herbivores lors de la phase des eaux claires (figure 3a).

Les grands cladocères prédateurs, *Bythotrephes longimanus* et *Leptodora kindti*, se caractérisent quant à eux par un développement en saison chaude. *B. longimanus* atteint des abondances de 8'000 ind.m⁻², valeur proche des maxima atteints les années précédentes, dès le 21/05/07 (figure 3b). L'absence de comptages estivaux empêche toute conclusion sur la dynamique de *L. kindti*.

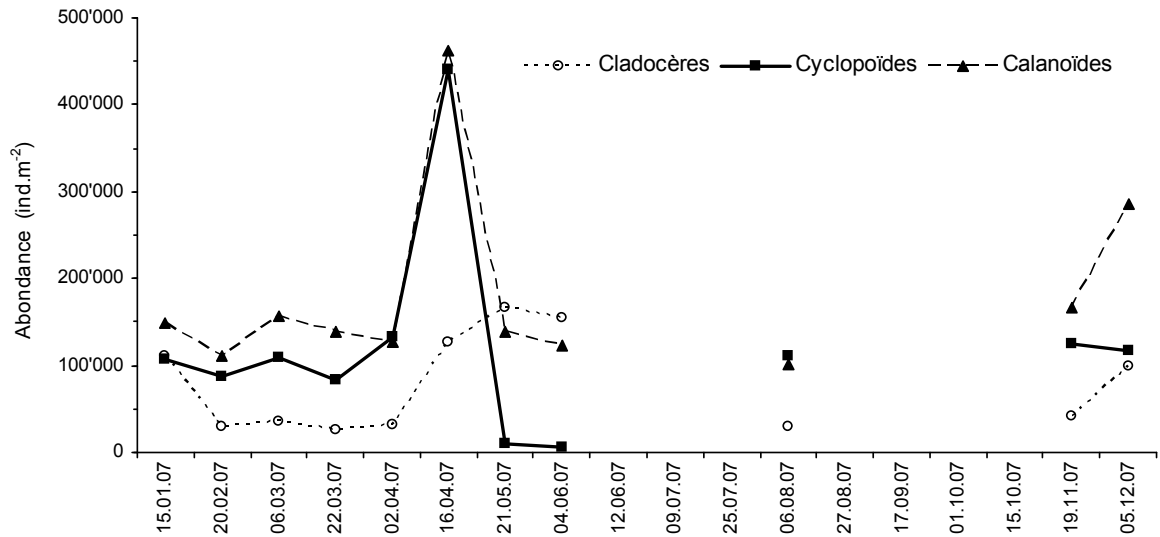


Figure 2 : Evolution saisonnière du peuplement crustacéen en 2007 (Léman, SHL2).
 Figure 2 : Seasonal changes in the abundance of Crustaceae in 2007 (Lake Geneva, SHL2).

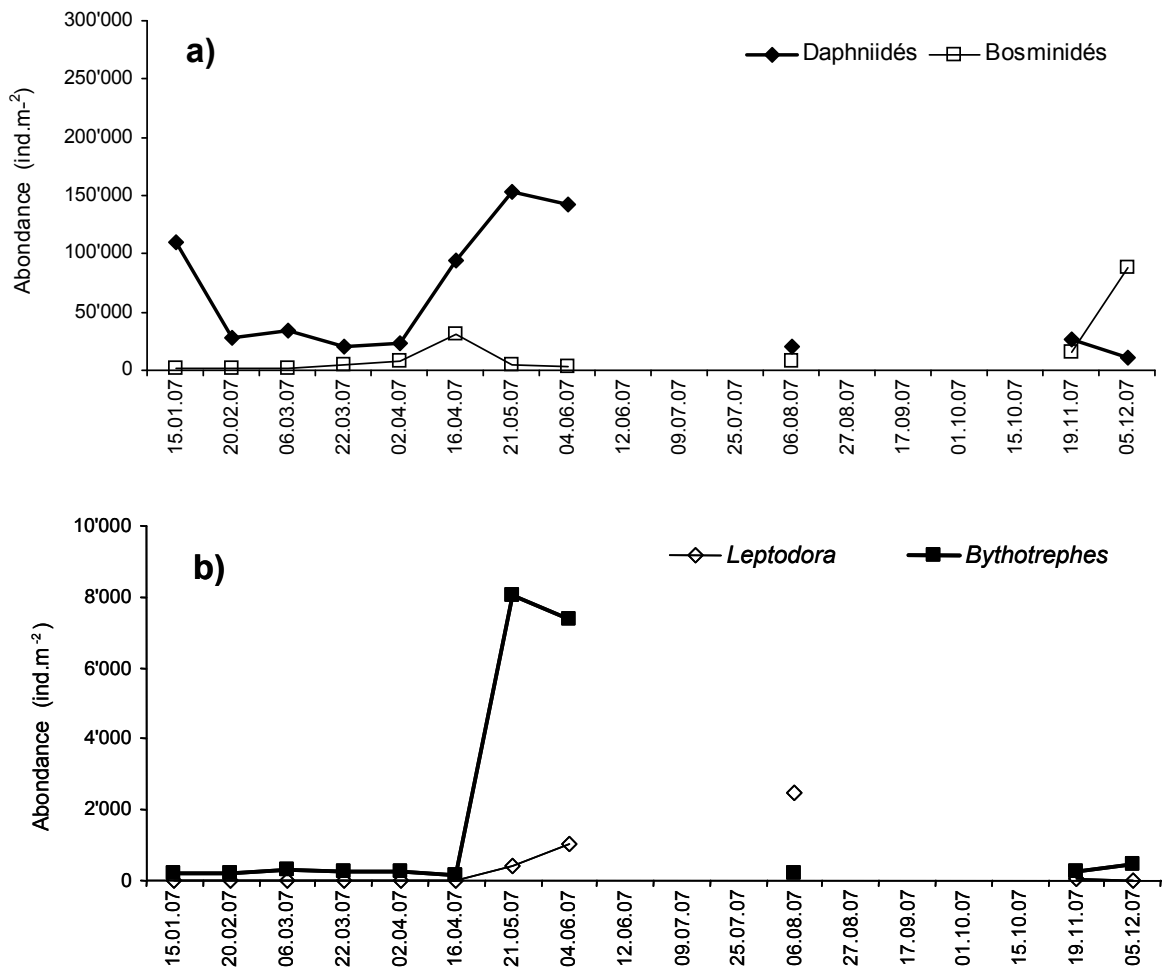


Figure 3 : Evolution saisonnière de l'abondance des Cladocères : a) herbivores ; b) carnivores en 2007 (Léman, SHL2).
 Figure 3 : Seasonal changes in the abundance of herbivorous a) and carnivorous b) Cladocerans in 2007 (Lake Geneva, SHL2).

Les cyclopoïdes sont essentiellement représentés par le genre *Cyclops* et l'ensemble *C. prealpinus* + *C. spp* est encore dominant par rapport à *C. vicinus*, qui apparaît dès le mois de février mais reste minoritaire sur l'ensemble des dates de prélèvements. La population de cyclopoïdes se développe tôt, dès le mois d'avril. Le maximum printanier des cyclopoïdes est atteint le 16 avril avec des abondances de 500'000 ind·m⁻² (figure 4).

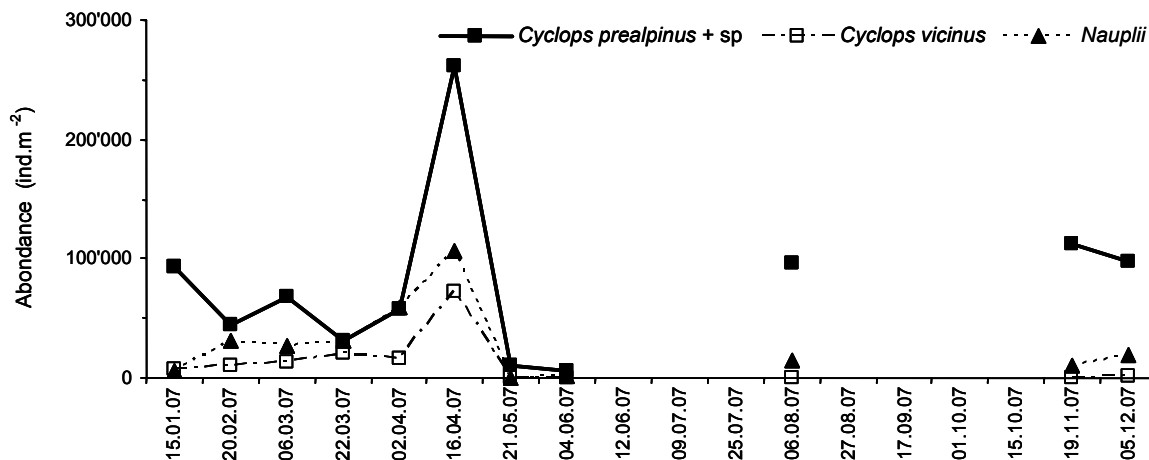


Figure 4 : Evolution saisonnière de l'abondance des cyclopoïdes en 2007 (Léman, SHL2).

Figure 4 : Seasonal changes in the abundance of cyclopoïda in 2007 (Lake Geneva, SHL2).

Sur les dates de comptages, la dynamique des calanoïdes et des cyclopoïdes sont synchrones. Les effectifs d'*Eudiaptomus gracilis* sont stables, pour des valeurs de 100-150'000 ind·m⁻² en hiver, puis montrent un pic bref à des valeurs de 450'000 ind·m⁻² le 16.04.07. Pour le reste des dates de comptages, les effectifs sont stables, à des valeurs proches de 150'000 ind·m⁻² (figure 5).

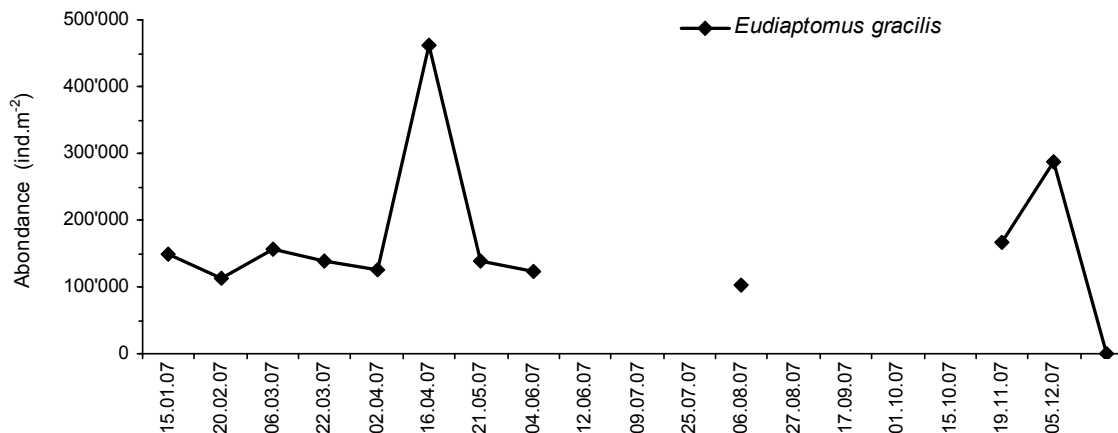


Figure 5 : Evolution saisonnière de l'abondance du calanoïde *Eudiaptomus gracilis* en 2007 (Léman, SHL2).

Figure 5 : Seasonal changes in the abundance of calanoïda *Eudiaptomus gracilis* in 2007 (Lake Geneva, SHL2).

3.4. Autres groupes planctoniques

Les larves véligères de la moule zébrée apparaissent chaque année en période estivale. En 2007, un effectif relativement important de 13 000 ind·m⁻² de larves véligères de moule zébrée a pu être observé lors de l'unique comptage estival, le 6 août.

Parmi les rotifères, aucun individu de l'espèce *Notholca* n'a pu être observé en 2007, tout comme au cours de l'année précédente. Parmi les trois taxa dénombrées, *Conochilus* est celui dont les abondances ont été les plus fortes en 2006. L'abondance de *Conochilus* montre un pic à 200'000 ind·m⁻² en début d'été. A titre comparatif, l'abondance maximale de ce taxa était 10 fois inférieure au cours de l'année 2005, et 2 fois inférieure au cours de l'année 2006. *Asplanchna* et *Kellicotia* atteignent en général leur abondance maximale en fin d'été. En 2007, des effectifs faibles d'*Asplanchna* ont été observés au printemps (40'000 ind·m⁻²) tandis que l'abondance des *Kellicotia* atteint 100'000 ind·m⁻² le 21.05.07 (figure 6).

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*
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)

* année incomplète.

Aucune donnée disponible pour l'année 2001.

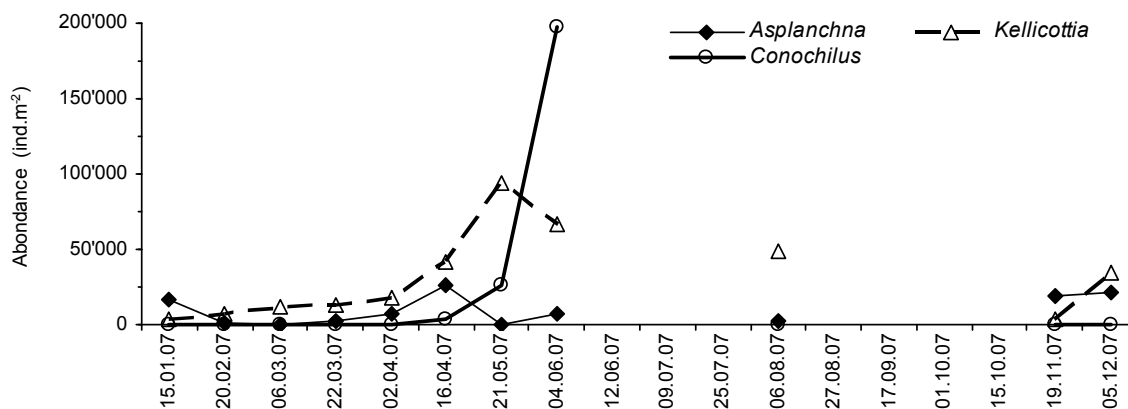


Figure 6 : Evolution saisonnière de quelques rotifères en 2007.

Figure 6 : Seasonal patterns of some Rotifera taxa in 2007.

4. CONCLUSIONS

2007 a été marquée par des abondances exceptionnelles, dès le début de l'été et jusqu'à la fin de l'année, d'une grande algue conjuguée filamenteuse, *Mougeotia gracillima*. La présence de cette algue en grande proportion dans les échantillons, de mi-juin à octobre, a fortement limité (i) la pertinence du prélèvement du zooplancton au filet ainsi que (ii) la possibilité de comptage zooplanctonique dans les échantillons sur cette période.

L'étude du zooplancton de Léman en 2007 est d'autant plus limitée par le fait que les échantillons incomptables correspondent à une période cruciale de la dynamique zooplanctonique. Ainsi, les données 2007 ne permettent ni de décrire pertinemment le compartiment zooplanctonique en 2007, ni de resituer sa dynamique dans le schéma de dynamique du zooplancton du Léman établi au cours des années précédentes. Seule la période précédant la phase des eaux claires a pu être analysée. Ce problème est d'autant plus gênant qu'il empêche de plus d'étudier les conséquences de ces blooms estivaux exceptionnels d'algues filamenteuses sur la dynamique zooplanctonique.

Ainsi, dans la mesure où 2007, année dominée par *Mougeotia gracillima* et non plus par *A. flos aquae* ou *P. rubescens*, reste une année exceptionnelle, le protocole de "tri" des algues filamenteuses établi en 2006 sera utile et la qualité de la série de données à long terme du zooplancton ne sera pas compromise. Par contre, si le fort développement, dès le début de l'été, d'algues filamenteuses, telles que *M. gracillima*, persiste et devient fréquent, la poursuite du suivi de l'évolution du zooplancton du Léman nécessitera de repenser totalement les protocoles de prélèvement du zooplancton.

BIBLIOGRAPHIE

- RIMET, F., DRUART, J. C. et MOREAU, L. (2008) : Phytoplancton du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2007, 85-95.
- PERGA, M.-E. et LAINE, L. (2007) : Evolution du zooplancton du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2006, 103-109.