

ÉVOLUTION DU ZOOPLANKTON DU LÉMAN

CHANGES IN THE ZOOPLANKTON OF LAKE GENEVA

Campagne 2006

PAR

Marie-Elodie PERGA et Leslie LAINÉ

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

RÉSUMÉ

Un nouveau protocole mis en place au cours de l'année 2006 a permis de s'affranchir du problème posé par la présence d'algues filamenteuses lors du comptage des échantillons. Ainsi, tous les prélèvements ont pu, cette année, être comptés.

L'évolution du zooplancton en 2006 a montré deux caractéristiques assez atypiques. D'une part, le copépode cyclopoïde Cyclops prealpinus a atteint un pic d'abondance exceptionnel à la mi-mai, avec des maxima proches de 1'800'000 ind·m⁻². D'autre part, les daphnies ont montré une dynamique différente du modèle pré-établi qui prévoit une dynamique bimodale comprenant un pic printanier et un pic automnal, séparés par une période estivale où les densités sont quasi nulles.

En 2006, les abondances de daphnies sont, au contraire, restées relativement élevées tout au long de l'été pour ne décroître progressivement qu'à partir de l'automne.

L'évolution interannuelle des abondances d'espèces confirme la diminution des abondances des daphnies et la recrudescence des prédateurs Bythotrephes longimanus.

ABSTRACT

A new protocol introduced in 2006 made it possible to get round the problem resulting from the presence of filamentous algae when counting the samples. As a result, this year it was possible to count all the samples.

Changes in the zooplankton in 2006 revealed two rather unusual characteristics. On the one hand, the cyclopoid copepod Cyclops prealpinus was unusually abundant in mid-May, with peaks of about 1'800'000 ind·m⁻². On the other hand, the daphnids displayed a dynamic pattern that differed from the established model, which predicts a bimodal pattern, with peaks in the Spring and Autumn/Fall, separated by a summer period during which the population densities are virtually zero.

In contrast, in 2006 the abundances of daphnids remained fairly high throughout the summer, and only declined gradually after the Autumn/Fall.

The interannual change in species abundance confirms the decline in the abundance of daphnids and the resurgence of predators Bythotrephes longimanus.

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.

Comme au cours des années précédentes, les algues filamenteuses ont été abondantes en hiver (ANNEVILLE et LAINÉ, 2005; ANNEVILLE et LAINÉ, 2006). La présence d'algues filamenteuses empêchant les comptages, les échantillons dans lesquels elles étaient présentes, jusqu'à présent, étaient exclus du suivi. En conséquence, en 2005, 8 des 19 échantillons avaient dû être éliminés.

Une réflexion méthodologique a donc été engagée dans l'objectif de résoudre le problème du nombre croissant d'échantillons présentant des algues filamenteuses. Au moment du prélèvement, il semblerait que ces algues filamenteuses ne conduisent pas au colmatage des filets puisque aucun refoulement n'a été observé à l'entrée des filets. La présence d'algues filamenteuses n'affecterait donc pas, par conséquent, la capturabilité des espèces zooplanctoniques lors des prélèvements. Elle poserait cependant une difficulté technique lors des processus de comptages au microscope.

Ce document traite de la composition spécifique de la communauté zooplanctonique en 2006, des dynamiques saisonnières des deux principales sous-classes des microcrustacés (branchiopodes et copépodes) et de leur évolution à long terme, puis des biovolumes sédimentés et des autres groupes planctoniques observés dans les échantillons.

2. MÉTHODOLOGIE

L'échantillonnage, mensuel puis bimensuel à partir du mois de mars, s'effectue à la station pélagique 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 :

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

- 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) et
 - 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 Leslie LAINÉ. 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. A chaque étape de tamisage, l'absence de zooplancton dans les fractions éliminées a été vérifiée. Le tamisage résulte en une élimination partielle des algues filamenteuses, suffisante pour permettre le comptage des échantillons mais encore pas totale. Pour les dates de prélèvements pour lesquelles le traitement de tamisage a dû être appliqué (09/01/06 ; 07/11/06 ; 20/11/06 et 11/12/06), les biovolumes sédimentés restent affectés par la présence résiduelle d'algues filamenteuses. Néanmoins, les 19 prélèvements de 2006 ont pu ainsi être comptés.

3. RÉSULTATS

3.1 Composition spécifique de la biocénose crustacéenne

Dans le Léman, la classe des branchiopodes est représentée par un unique ordre, celui des cladocères, qui en 2006 représente 23 % de la communauté zooplanctonique crustacéenne. Cet ordre comprend *Daphnia hyalina* et *D. galeata*, *Eubosmina longispina* et *E. mixta*, *Leptodora kindtii* et *Bythotrephes longimanus*.

La sous-classe des copépodes se compose quant à elle de l'ordre des cyclopoïdes et calanoïdes. Les cyclopoïdes dominent la communauté zooplanctonique (51 %) alors que les calanoïdes ne représentent que 25 %. En 2006, 3 espèces de cyclopoïdes ont été observées. Le plus abondant, *Cyclops prealpinus*, est observé tout au long de l'année. *C. vicinus* était présent uniquement en hiver et en début de printemps. *Macrocyclops albidus* n'a été observé qu'à une seule occasion, le 17/10/06. Dans le Léman les calanoïdes sont représentés par une unique espèce, *Eudiaptomus gracilis*.

3.2 Dynamique saisonnière du zooplancton en 2006

Les maxima des branchiopodes sont plus précoces par rapport à ceux des cyclopoïdes ou calanoïdes (figure 1). Le pic printanier d'abondance des branchiopodes apparaît dès le 18 avril avec 200'000 ind·m⁻². Ces abondances se maintiennent entre 100'000 et 200'000 ind·m⁻² de mi-mai à mi-juillet. Les abondances diminuent ensuite progressivement à partir de mi-août jusqu'à mi-novembre.

L'abondance des cyclopoïdes augmente très tôt au printemps, pour atteindre un maxima de 1'700'000 ind·m⁻² le 15/5. L'abondance diminue ensuite drastiquement dès le mois de juin pour stagner à des valeurs inférieures à 60'000 ind·m⁻² pour le reste de l'année.

La dynamique des calanoïdes est quant à elle, bimodale en 2006, avec un pic d'abondance automnal plus important que le pic printanier. Le maximum printanier d'abondance des calanoïdes est assez tardif, le 12/06, pour une valeur de 340'000 ind·m⁻². Après une décroissance estivale, l'abondance des calanoïdes augmente à nouveau en automne, avec une valeur maximum de 570'000 ind·m⁻².

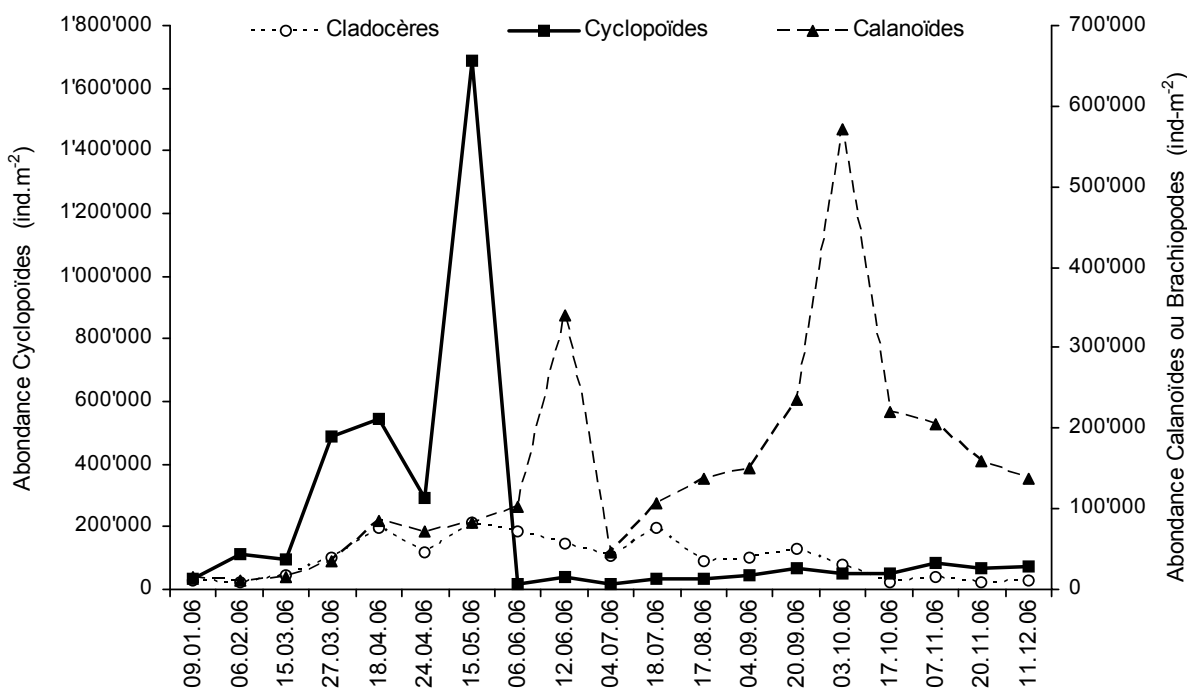


Figure 1 : Evolution saisonnière du peuplement crustacéen en 2006 (Léman, SHL2).

Figure 1 : Seasonal changes in the abundance of Crustacea in 2006 (Lake Geneva, SHL2).

Les Bosminidés présentent un pic printanier précoce, dès le mois d'avril, avec des abondances qui atteignent 200'000 ind·m⁻² (figure 2a). Les abondances diminuent ensuite rapidement pour devenir très faibles dès le mois de juillet. Les Daphniidés composés de *Daphnia hyalina* et *D. galeata*, se développent à partir de mi-mai, avec des abondances qui plafonnent à 200'000 ind·m⁻² au mois de juillet.

En 2006, la population de Daphnies se maintient cependant tout au long de l'été autour de 150'000 ind·m⁻² et ne décroît progressivement qu'à partir du mois d'octobre. Aucun pic automnal d'abondance n'a été observé contrairement aux années précédentes.

Les grands cladocères prédateurs, *Bythotrephes* et *Leptodora*, se caractérisent quant à eux par un développement en saison chaude (figure 2b). Leurs maxima sont décalés dans le temps, et apparaissent le 12 juin pour *Bythotrephes* et le 17 août pour *Leptodora*.

Les cyclopoïdes sont essentiellement représentés par le genre *Cyclops*. L'ensemble *C. prealpinus* + *C. spp* est dominant par rapport à *C. vicinus* (figures 1 et 3). La population de cyclopoïdes se développe tôt, dès le mois de mars. Le maximum printanier des Cyclopoïdes est atteint le 15 mai avec des abondances exceptionnelles de 1'800'000 ind·m⁻².

C. vicinus apparaît dès le mois de février et domine la population de cyclopoïdes jusqu'à mi-mars. *C. prealpinus* + *C. spp*. montrent ensuite un développement rapide et représentent la totalité du pic d'abondance printanier. Les abondances de cyclopoïdes diminuent rapidement ensuite et se maintiennent entre 20'000 et 100'000 ind·m⁻² le reste de l'année. Il n'y a pas de pic marqué d'abondance automnale.

La dynamique des calanoïdes, exclusivement représentés par *E. gracilis*, est clairement bimodale en 2006 (figures 1 et 4). Le pic d'abondance printanier est atteint plus tardivement (le 12 juin) que pour les cladocères herbivores et les copépodes, et culmine à 340'000 ind·m⁻². Les abondances estivales sont faibles mais un deuxième pic apparaît le 3 octobre, avec une abondance encore supérieure à celle du pic printanier, de l'ordre de 570'000 ind·m⁻². Les abondances, bien qu'en phase décroissante, restent relativement élevées jusqu'à la fin de l'année.

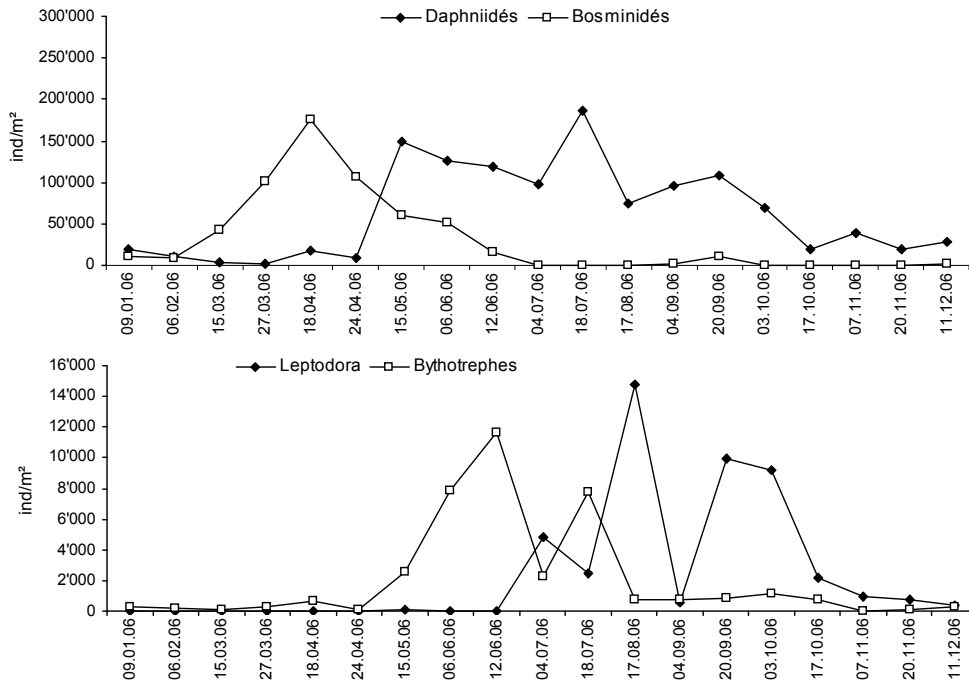


Figure 2 : Evolution saisonnière de l'abondance des Branchiopodes a) herbivores b) carnivores en 2006 (Léman, SHL2).

Figure 2 : Seasonal changes in the abundance of herbivorous and carnivorous Branchiopoda in 2006 (Lake Geneva, SHL2).

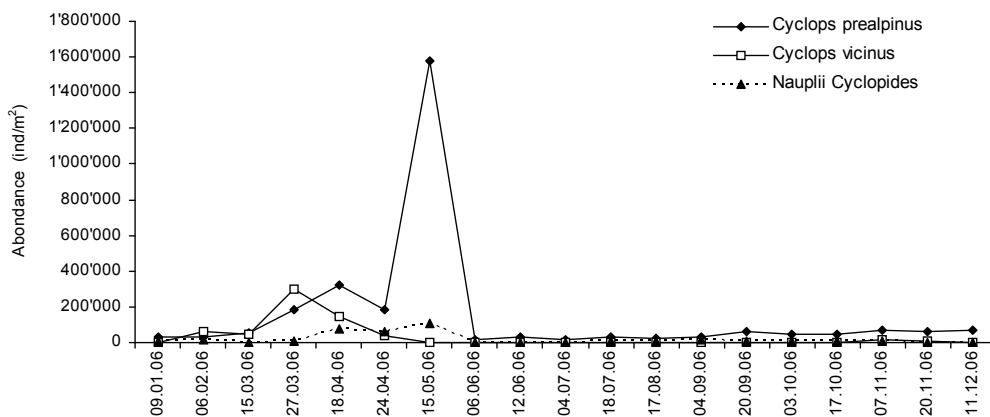


Figure 3 : Evolution saisonnière de l'abondance des cyclopoides en 2006 (Léman, SHL2).

Figure 3 : Seasonal changes in the abundance of cyclopoida in 2006 (Lake Geneva, SHL2).

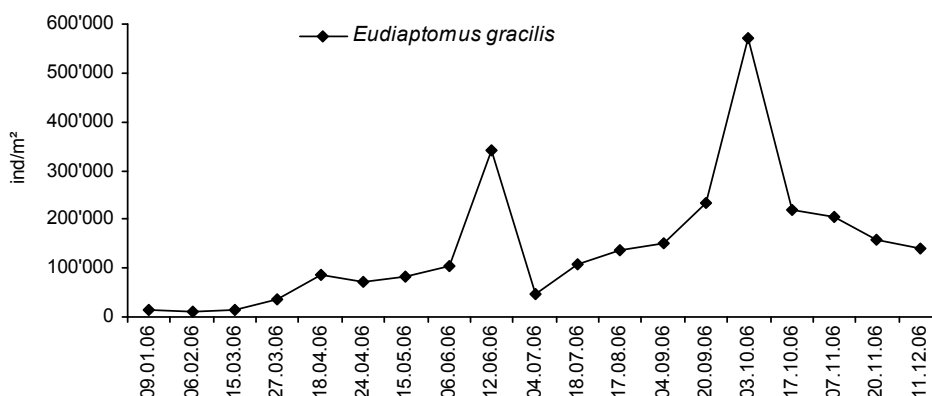


Figure 4 : Evolution saisonnière de l'abondance du calanoïde *Eudiaptomus gracilis* en 2006 (Léman, SHL2).

Figure 4 : Seasonal changes in the abundance of calanoïda *Eudiaptomus gracilis* in 2006 (Lake Geneva, SHL2).

3.3 Evolution à long terme du zooplancton

La figure 5 présente l'évolution interannuelle des moyennes estivales calculées sur la période de mai à septembre.

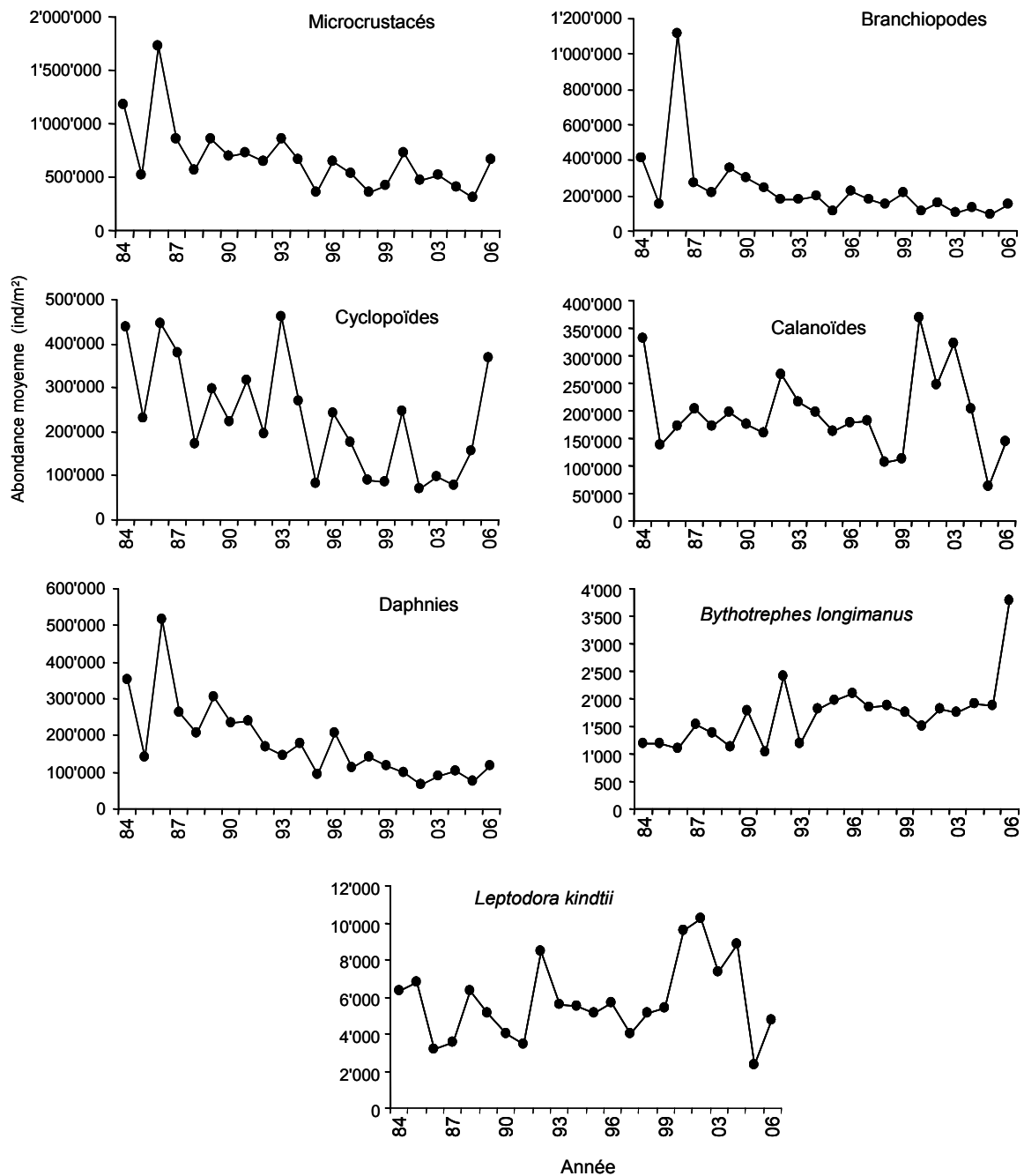


Figure 5 : Evolution interannuelle de l'abondance estivale des différentes catégories de zooplancton crustacéen (Léman, SHL2).

Figure 5 : Inter-annual changes in summer abundance of the crustacean zooplankton (Lake Geneva, SHL2).

La tendance à la baisse chez les microcrustacés, observée depuis 1984, se confirme encore en 2006. Elle est liée à la diminution de l'abondance des cyclopoïdes et des branchiopodes, en particulier des daphnies. Les tendances sont beaucoup moins claires pour les calanoïdes et *L. kindtii*. La tendance à l'augmentation des effectifs de *B. longimanus* depuis 1984 se confirme, avec des abondances particulièrement élevées en 2006.

A titre de comparaison, les abondances de daphnies avaient atteint un pic de 300'000 ind·m⁻² en juin 2005 puis avaient diminué rapidement en début d'été pour atteindre des valeurs inférieures à 50'000 ind·m⁻² de juillet à septembre 2005

Des abondances de cyclopoïdes du même ordre de grandeur ont toutefois déjà été dénombrées aux printemps 1984, 1986, 1991, 1993 et 2000.

3.4 Biovolumes sédimentés et autres groupes planctoniques

Entre mars et octobre, le cycle d'abondance du biovolume sédimenté du zooplancton (figure 6) présente des variations saisonnières importantes, de 73 mL·m⁻² (4 septembre) à 509 mL·m⁻² (15 mai). Ces variations sont fortement corrélées à celles décrites pour les daphnies ($r = 0.689$, p -value < 0.01). Le profil temporel décrit une première phase avec des biovolumes forts au printemps qui ne décroissent que progressivement au cours de l'été. L'accroissement de la population des daphnies 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 et les périodes à forts biovolumes sédimentés. La phase des eaux claires s'observe entre le 15 mai et le 6 juin. En 2005, la phase des eaux claires avait été établie au 20 juin.

En 2006, la transparence est restée relativement élevée tout l'été, ce qui pourrait être à relier avec les faibles biomasses nanoplanctoniques estivales (DRUART et TADONLEKE, 2007) ainsi qu'avec les abondances élevées de daphnies tout au long de l'été. En revanche, la transparence automnale est relativement plus faible et à relier avec le fort développement de *Planktothrix rubescens* observé à cette même période (DRUART et TADONLEKE, 2007). Le pic de biovolume sédimenté observé à la même date résulte plus probablement du pic automnal des calanoïdes que des effectifs de daphnies et reste relativement faible. En 2005, à la même date, la transparence était de l'ordre de 12 m.

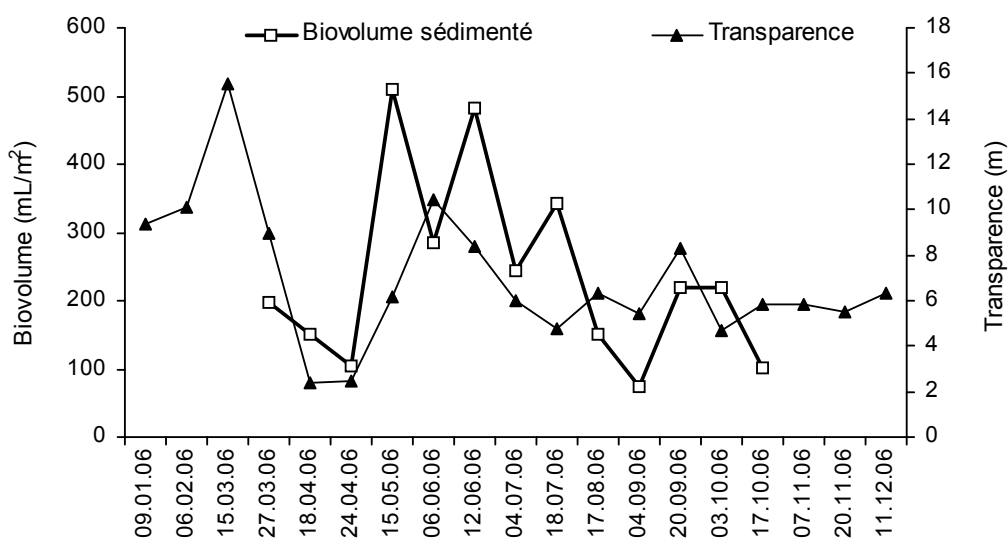


Figure 6 : Evolution saisonnière du biovolume sédimenté de zooplancton et de la transparence des eaux mesurée au disque de Secchi en 2006 (Léman, SHL2).

Figure 6: Seasonal changes in the settled biovolume and Secchi disk transparency values in 2006 (Lake Geneva, SHL2).

Les larves véligères de la moule zébrée ont été observées, conformément aux années précédentes en période estivale, de juin à septembre, avec un maximum de 29'500 ind·m⁻² le 4/09. Le pic de densité est du même ordre de grandeur mais plus tardif qu'au cours des années précédentes. Des densités proches du millier d'individus au m² étaient encore observables en octobre et novembre 2006 (Tableau 1).

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).

<i>Dreissena</i> (ind·m ⁻²)	1998	1999	* 2000	2002	* 2003	* 2004	* 2005	* 2006
Maximum (date)	22'400 (04/08/06)	22'000 (02/08/06)	225'100 (17/07/06)	19'700 (19/08/06)	16'100 (2/07/06)	37'000 (23/08/06)	6'200 (04/07/06)	29'500 (04/09/06)

* année incomplète.

Aucune donnée disponible pour l'année 2001

Parmi les rotifères, aucun individu du genre *Notholca*, pourtant présent en 2004, n'a pu être observé en 2006. Parmi les trois taxa dénombrés, *Conochilus* est celui dont les abondances ont été les plus fortes en 2006 (figure 7). L'abondance de *Conochilus* montre un premier pic à 100'000 ind·m⁻² en début d'été, puis un pic de fin d'été le 04/09/06 de près de 500'000 ind·m⁻². A titre comparatif, l'abondance maximale de ce taxa était 10 fois inférieure au cours de l'année 2005. *Asplanchna* et *Kellicottia* ont atteint leur abondance maximale de façon synchrone, en fin d'été, avec respectivement 170'000 et 120'000 ind·m⁻² au 17/08/06.

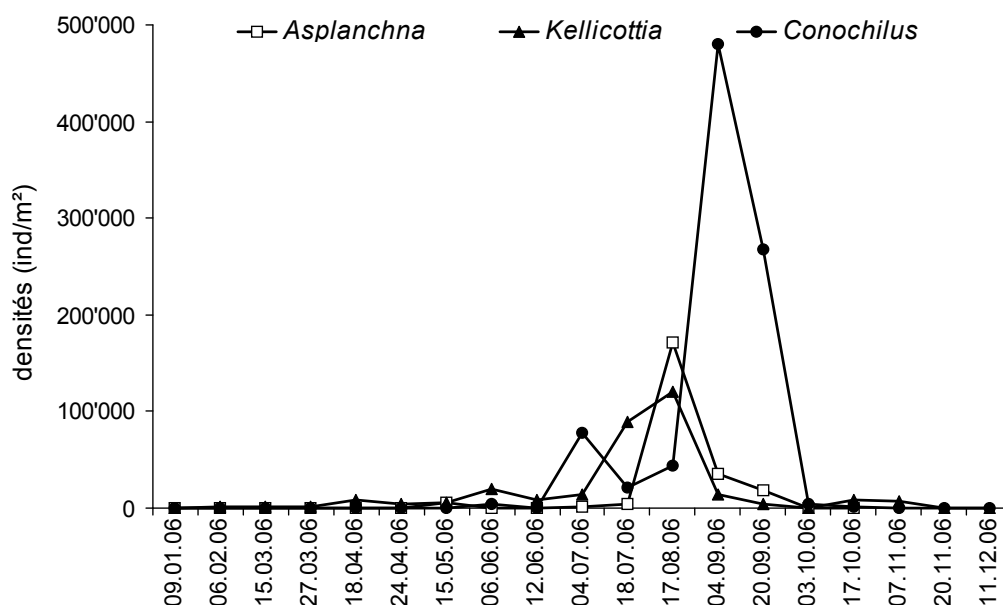


Figure 7 : Evolution saisonnière de quelques rotifères en 2006.
 Figure 7 : Seasonal patterns of some Rotifera taxa in 2006.

4. DISCUSSION-CONCLUSION

La dynamique des crustacés a été atypique en 2006. D'une part, le copépode cyclopoïde *Cyclops prealpinus* a atteint un pic d'abondance exceptionnel à la mi-mai, avec des maxima proches de 1'800'000 ind.m⁻².

D'autre part, les abondances de daphnies sont restées relativement élevées tout au long de l'été, en dépit de faibles biomasses phytoplanctoniques, pour ne décroître progressivement qu'à partir de l'automne. Au cours des années précédentes, une dynamique modèle des populations des daphnies avait été établie (ANNEVILLE et LAINÉ, 2005). Ce modèle prévoit une dynamique bimodale comprenant un pic printanier et un pic automnal, séparés par une période estivale où les densités sont quasi nulles. Si l'abondance annuelle (calculée de mai à septembre) des branchiopodes, et en particulier des daphnies, est du même ordre de grandeur que celles mesurées entre 2001 et 2005, leur dynamique saisonnière ne suit pas, en 2006, le schéma bimodal observé assez classiquement sur les lacs méso-eutrophes. Cette dynamique atypique pourrait être mise en relation avec la dynamique du phytoplancton en 2006. La biomasse carbonée phytoplanctonique a été globalement faible mais dominée largement par les quatre taxons que sont *Planktothrix* (22 %), *Mougeotia* (12 %), *Ceratium* (12 %), *Aphanizomenon* (11 %). Ces quatre espèces sont difficilement broutables, limitant d'autant plus la ressource disponible pour les espèces zooplanctoniques herbivores. L'absence de pic automnal des daphnies en particulier pourrait être dû au développement massif de la cyanobactérie filamenteuse *P. rubescens* sous sa forme toxique à cette même période.

BIBLIOGRAPHIE

- ANNEVILLE, O. et LAINÉ, L. (2005) : Evolution du zooplancton du Léman. Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut., Campagne 2004, 101-109.
- ANNEVILLE, O. et LAINÉ, L. (2006) : Evolution du zooplancton du Léman. Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut., Campagne 2005, 127-132.
- DRUART, J.C. (2007) : Phytoplancton du Léman. Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut., Campagne 2006, 83-92.

CONSEIL SCIENTIFIQUE

DE LA COMMISSION INTERNATIONALE
POUR LA PROTECTION DES EAUX DU LÉMAN
CONTRE LA POLLUTION

RAPPORTS

SUR LES ÉTUDES
ET RECHERCHES ENTREPRISES
DANS LE BASSIN LÉMANIQUE

PROGRAMME QUINQUENNAL 2006-2010
CAMPAGNE 2006

*Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut.,
Campagne 2006, 2007*

Editeur :

Commission internationale pour la protection
des eaux du Léman contre la pollution

ACW - Changins - Bâtiment DC
50, route de Duillier
Case postale 1080
CH - 1260 NYON 1

Tél. : CH - 022 / 363 46 69
FR - 00 41 22 / 363 46 69

Fax : CH - 022 / 363 46 70
FR - 00 41 22 / 363 46 70

E-mail : cipel@cipel.org

Site web : <http://www.cipel.org>

La reproduction partielle de rapports et d'illustrations publiés dans les
"Rapports de la Commission internationale pour la protection des eaux du Léman contre la pollution"
est autorisée à la condition d'en mentionner la source.
La reproduction intégrale de rapports doit faire l'objet d'un accord avec l'éditeur.