

ÉVOLUTION DU ZOOPLANCTON DU LÉMAN

CHANGES IN THE ZOOPLANKTON OF LAKE GENEVA

Campagne 2004

PAR

Orlane ANNEVILLE et Leslie LAINÉ

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

RÉSUMÉ

En dépit de problèmes d'échantillonnage liés à l'abondance du phytoplancton qui rend difficile l'examen des échantillons, l'étude du zooplancton a pu être effectuée sur 12 prélèvements. L'analyse porte sur les échantillonnages réalisés de février à septembre.

Comme pour les années précédentes les microcrustacés présentent une forte saisonnalité. En 2004, on note une simultanéité entre le pic des Daphnies et l'augmentation de la transparence.

Que ce soit en terme de biomasse ou de dynamique saisonnière l'année 2004 ne se démarque pas des années postérieures à 1997. Toutefois les tendances à la baisse observées chez les microcrustacés et Daphnies depuis 1984 se confirment encore cette année. Il en est de même pour l'augmentation de Bythotrephes longimanus.

ABSTRACT

In spite of some methodological difficulties due to the abundance of algae, we were able to investigate the zooplankton in 12 samples. This report covers the samples collected between February and September.

As in previous years, the microcrustaceans displayed marked seasonality. The Daphnia peak and the increase in transparency occurred simultaneously.

In 2004, both the biomass and the seasonal pattern were similar to those observed in the years since 1997. However, the downward trend, which has been observed since 1984, has been confirmed again this year for both the total microcrustacean and daphnid populations. In contrast, Bythotrephes longimanus is still increasing.

1. INTRODUCTION

Le suivi CIPEL du zooplancton concerne les microcrustacés (entomostracés ou crustacés inférieurs dont la taille est inférieure à 200 µm) récoltés dans le domaine pélagique. Toutefois la méthode d'échantillonnage permet de capturer d'autres formes zooplanctoniques telles que les plus grosses espèces de rotifères et les larves véligères de la moule zébrée d'eau douce (*Dreissena polymorpha*). Ces groupes planctoniques feront donc l'objet d'une partie complémentaire en fin de ce rapport.

En raison de trop fortes quantités d'algues microplanctoniques, beaucoup d'échantillons n'ont pu être dépouillés, notamment ceux d'automne et d'hiver. Ainsi ce document traite de la dynamique observée de février à septembre.

2. MÉTHODOLOGIE

Le zooplancton est prélevé à la station SHL2 située au centre du Grand Lac. L'échantillonnage s'effectue à l'aide d'un filet à vide de maille de 0.20 mm lors de traits verticaux réalisés depuis 50 mètres de profondeur jusqu'en surface.

Les échantillons sont fixés au formol à 5 % et mis à décanter durant 24h dans des entonnoirs cylindro-coniques gradués, à l'abri des vibrations, afin de mesurer le biovolume sédimenté. Le volume de phytoplancton déposé au-dessus du zooplancton n'est pas pris en compte.

Les crustacés sont identifiés et comptés en fonction de leur stade de développement. Ce dénombrement est réalisé sous microscope standard à partir d'un sous-échantillon. En raison de leur grande taille et de leur faible abondance, *Bythotrephes longimanus* et *Leptodora kindtii* sont dénombrés dans l'intégrité du prélèvement.

Parmi les 20 prélèvements effectués, le biovolume sédimenté n'a pu être mesuré que sur 13 d'entre eux et les dénombrements du zooplancton sur 12, en raison de l'abondance du phytoplancton et surtout des algues filamenteuses ayant modifié les caractéristiques de filtration du filet à zooplancton rendant la détermination volumétrique du zooplancton sédimenté et les dénombrements très difficiles et très peu fiables (BALVAY, 2002).

L'analyse de la dynamique saisonnière du zooplancton a été réalisée à partir d'une méthode factorielle multitableaux, STATIS (ESCOUFIER, 1973 ; LAVIT et al., 1994). Le logiciel utilisé (ADE-4) propose différentes versions de STATIS, nous avons choisi la version qui se fonde sur la logique de l'ACP (ANNEVILLE et al., 2002). La matrice de données utilisée comporte les taxons zooplanctoniques en tant que variables. Les échantillons ont été regroupés par année, ainsi chaque année correspond à un sous-tableau. En appliquant cette méthode à ce type de matrice dite "multitableaux", il est possible d'identifier le modèle saisonnier caractéristique du milieu considéré. Cette méthode donne plus de poids aux taxons dont l'évolution saisonnière se retrouve identique sur plusieurs années. Ceci permet donc de mettre en évidence la structure commune existant entre les tableaux de données annuelles. La méthode permet également de juger l'écart de chaque année par rapport à la structure commune de la série. Les résultats s'interprètent comme ceux d'une analyse en composante principale, c'est-à-dire dans un espace factoriel dont les axes sont définis par les variables. La projection des échantillons peut se visualiser dans le plan composé de deux axes ou sur chaque axe de façon individuelle.

3. STRUCTURE ET DYNAMIQUE DU ZOOPLANCTON CRUSTACÉEN EN 2004

3.1 Structure

A l'instar des années précédentes, le peuplement zooplanctonique crustacéen est dominé, en termes d'abondance, par les Calanoïdes, un groupe qui dans le Léman ne compte qu'une seule espèce *Eudiaptomus gracilis*. Les Cyclopoïdes et Cladocères sont représentés en proportions quasi identiques (figure 1). Les Cladocères sont principalement représentés par *Daphnia hyalina* (79 %). *Eubosmina mixta* et *Eubosmina longispina* représentent respectivement 11% et 5% du peuplement. Bien que faibles en effectif (2 et 3 %), *Leptodora kindtii* et *Bythotrephes longimanus* montrent de fortes biomasses. *Daphnia longispina* et *Bosmina longirostris* n'ont pas été observées dans les échantillons. Les Cyclopoïdes sont dominés par le groupement "*Cyclops spp.*, *C. prealpinus*" (91 %), et *C. vicinus* représente une faible proportion.

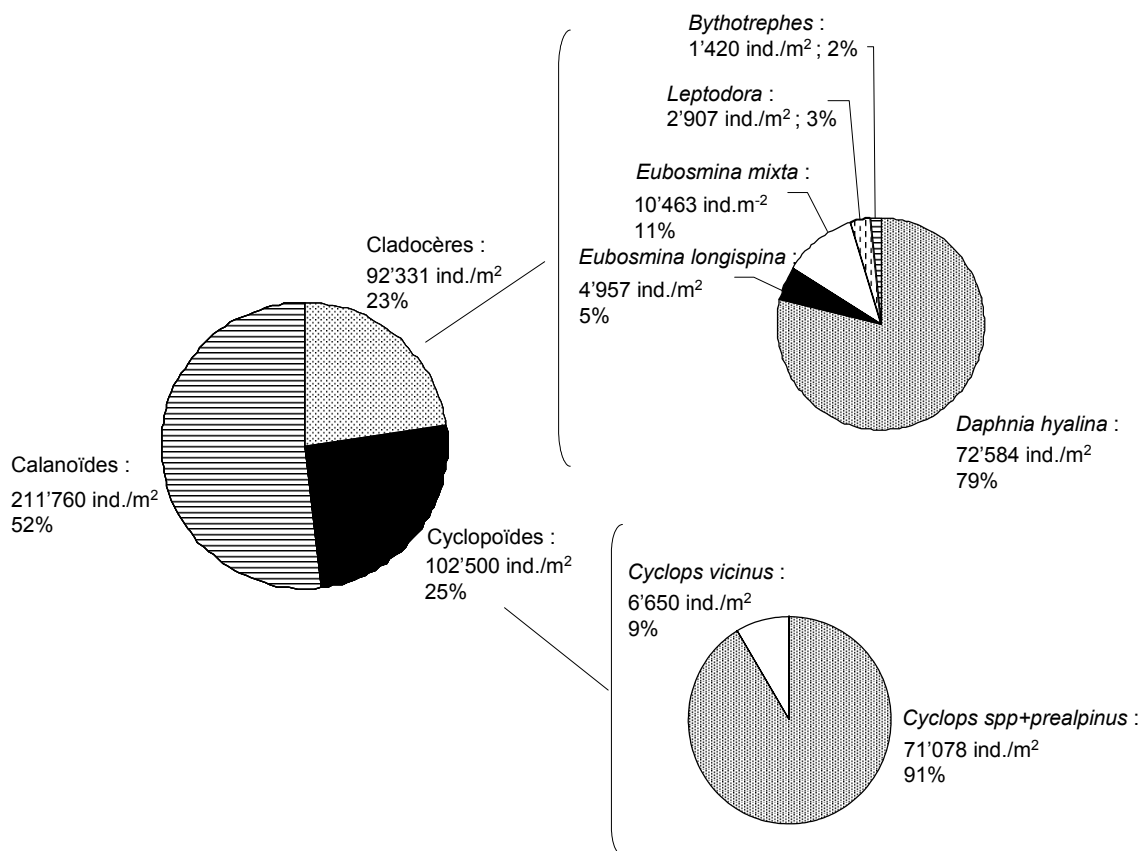


Figure 1 : Composition moyenne du zooplancton dans le Léman (SHL2) de février à septembre 2004.
 Figure 1 : Mean composition of zooplankton from February to September 2004 (Lake Geneva, SHL2).

3.2 Dynamique saisonnière

La figure 2 récapitule l'évolution du peuplement crustacéen au cours de l'année. La poussée d'*Eudiaptomus gracilis* débute le 14 avril dans un milieu où les températures sont encore relativement froides (7 °C) mais où le phytoplancton a déjà débuté sa croissance (TADONLEKE, 2005). Son pic printanier (548'089 ind./m²) apparaît le 10 mai et coïncide avec celui des Cyclopoïdes (260'179 ind./m²). A cette date, les concentrations en Chla sont au maximum de leurs valeurs printanières. La baisse observée au prélèvement suivant, le 26 mai, se retrouve également chez les Cyclopoïdes et semble être consécutive à la baisse du phytoplancton (TADONLEKE, 2005). Le pic printanier des Cladocères (255'802 ind./m²) a lieu le 7 juin. Ce groupe est alors dominé par l'herbivore *Daphnia hyalina* (figure 3A). Sa forte pression de broutage explique l'augmentation de la transparence observée à cette date (LAZZAROTTO et al., 2005), il s'agit de la phase des eaux claires. L'abondance des deux autres groupes diminue et se maintient aux alentours de 36'200 ind./m² (Cyclopoïdes) et 139'500 ind./m² (Calanoïdes) jusqu'au début du mois de septembre.

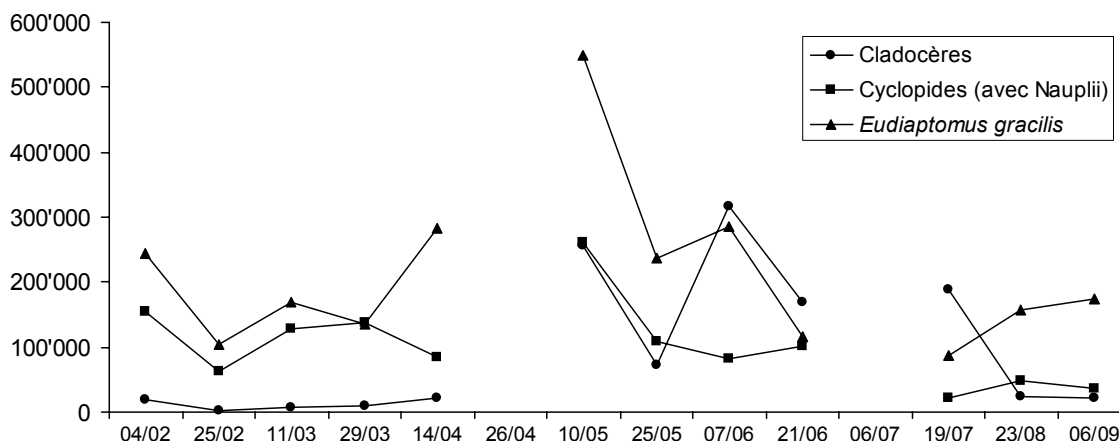


Figure 2 : Evolution saisonnière des principaux groupes zooplanctoniques en 2004 au Léman (SHL2).

Figure 2 : Seasonal changes in the main groups of zooplankton in Lake Geneva in 2004 (SHL2).

► **Dynamique saisonnière des cladocères**

Les Daphnies qui en 2004 sont uniquement représentées par *D. hyalina*, dominent le groupe des cladocères tout au long de l'année excepté le 23 août, date à laquelle les *Leptodora kindtii* présentent un pic d'abondance et constituent 77% de l'effectif de ce groupe (figure 3A). *Eubosmina mixta* est présente sur l'ensemble de la saison mais ses maxima d'abondance sont localisés entre mai et début juin (figure 3B). Sa disparition coïncide avec un fort développement d'*Eubosmina longispina* jusqu'alors présente en faible quantité. *Eubosmina longispina* ne se maintient pas et est absente du peuplement estival. Quelques individus de *Leptodora kindtii* ont été identifiés dès le mois de mars, mais ce n'est qu'au mois de juin que son effectif croît de façon significative. Son maximum est atteint en août. *Bythotrephes longimanus* est une espèce pérenne, elle est pratiquement présente tout au long de l'année, mais son développement débute réellement en mai avec la stratification. En été, en raison de sa compétition avec *Leptodora kindtii* et de sa sensibilité à la prédation (GERDEAUX, 2005), son abondance décroît.

► **Dynamique saisonnière des copépodes**

Le Calanoïde *Eudiaptomus gracilis* domine tout au long de l'année (figure 4A). La contribution de *Cyclops vicinus* au peuplement est faible, elle présente un maximum de 5 % le 10 mai et devient négligeable en été. Toutes les espèces présentent un pic d'abondance au printemps et montrent des effectifs relativement plus faibles en été (figure 4B).

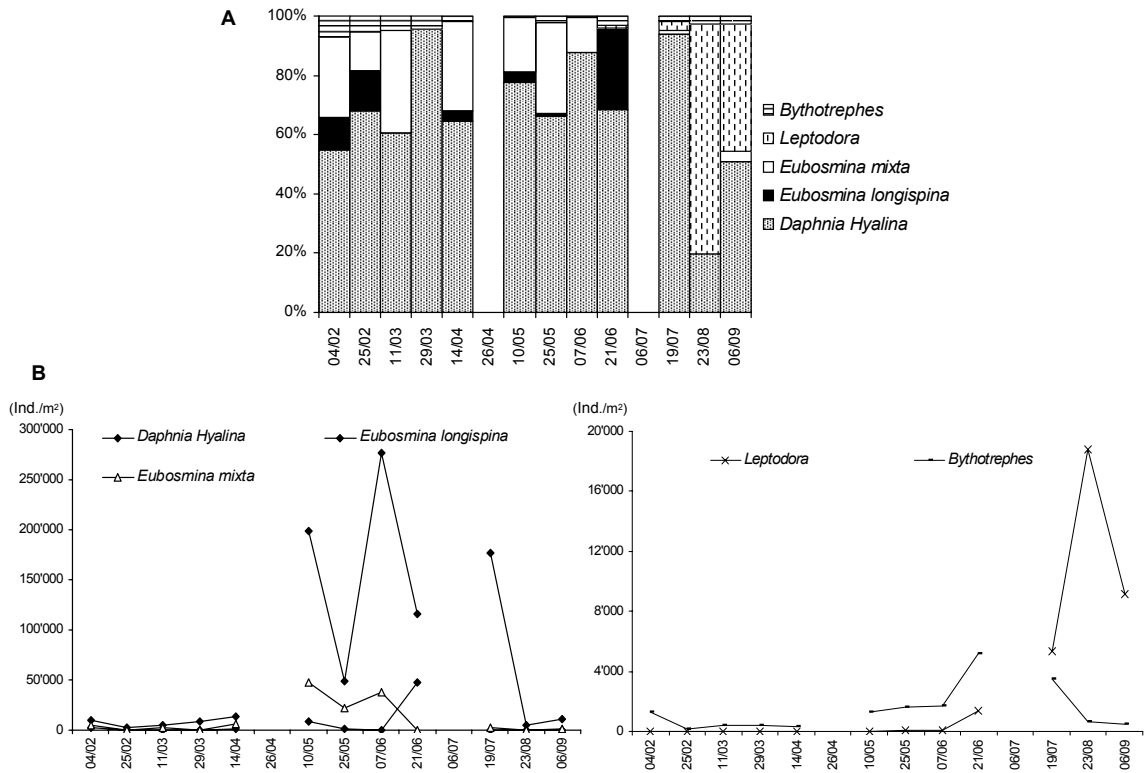


Figure 3 : Evolution saisonnière des contributions (A) et effectifs (B) des différentes espèces de cladocères observées en 2004 (Léman, SHL2).

Figure 3 : Seasonal changes in the proportions (A) and counts (B) of the various species of cladocera observed in 2004 (Lake Geneva, SHL2).

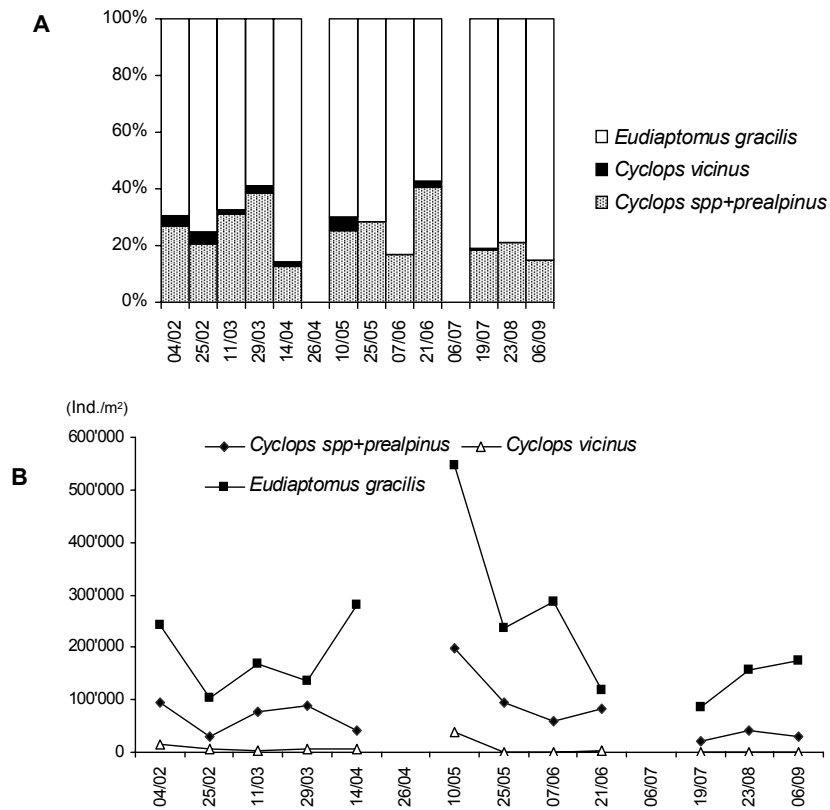


Figure 4 : Evolution saisonnière des contributions (A) et effectifs (B) des différentes espèces de copépodes observées en 2004 (Léman, SHL2).

Figure 4 : Seasonal changes in the proportions (A) and counts (B) of the various species of copepods observed in 2004 (Lake Geneva, SHL2).

4. ÉVOLUTION À LONG TERME DU ZOOPLANCTON CRUSTACÉEN: 2004 PAR RAPPORT AUX ANNÉES PRÉCÉDENTES

4.1 En terme d'abondance

Il est difficile de comparer les effectifs moyens annuels de cette année avec ceux présentés dans les précédents rapports CIPEL car, en raison de l'abondance du phytoplancton, seuls les échantillons prélevés entre février et septembre ont pu être dépouillés. De ce fait, nous présenterons cette année les effectifs obtenus pendant cette période, et nous les comparerons avec ceux obtenus pour cette même période depuis 1997 (figure 5). Aussi, afin de remettre ces observations dans un contexte de changement à long terme nous présenterons l'évolution des moyennes, calculées sur la période allant de février à septembre, depuis 1984 (figure 6).

Les valeurs observées en 2004 sont peu différentes de celles obtenues depuis 1997. On note donc une certaine stabilité dans les abondances des différents taxons (figure 5).

Depuis la forte augmentation observée en 2000, les Calanoïdes *Eudiaptomus gracilis* se maintiennent autour des 200'000 ind./m² (figure 5). Comme pour 2002 et 2003, *C. prealpinus* présente des valeurs globalement plus fortes que celles observées à la fin des années 90.

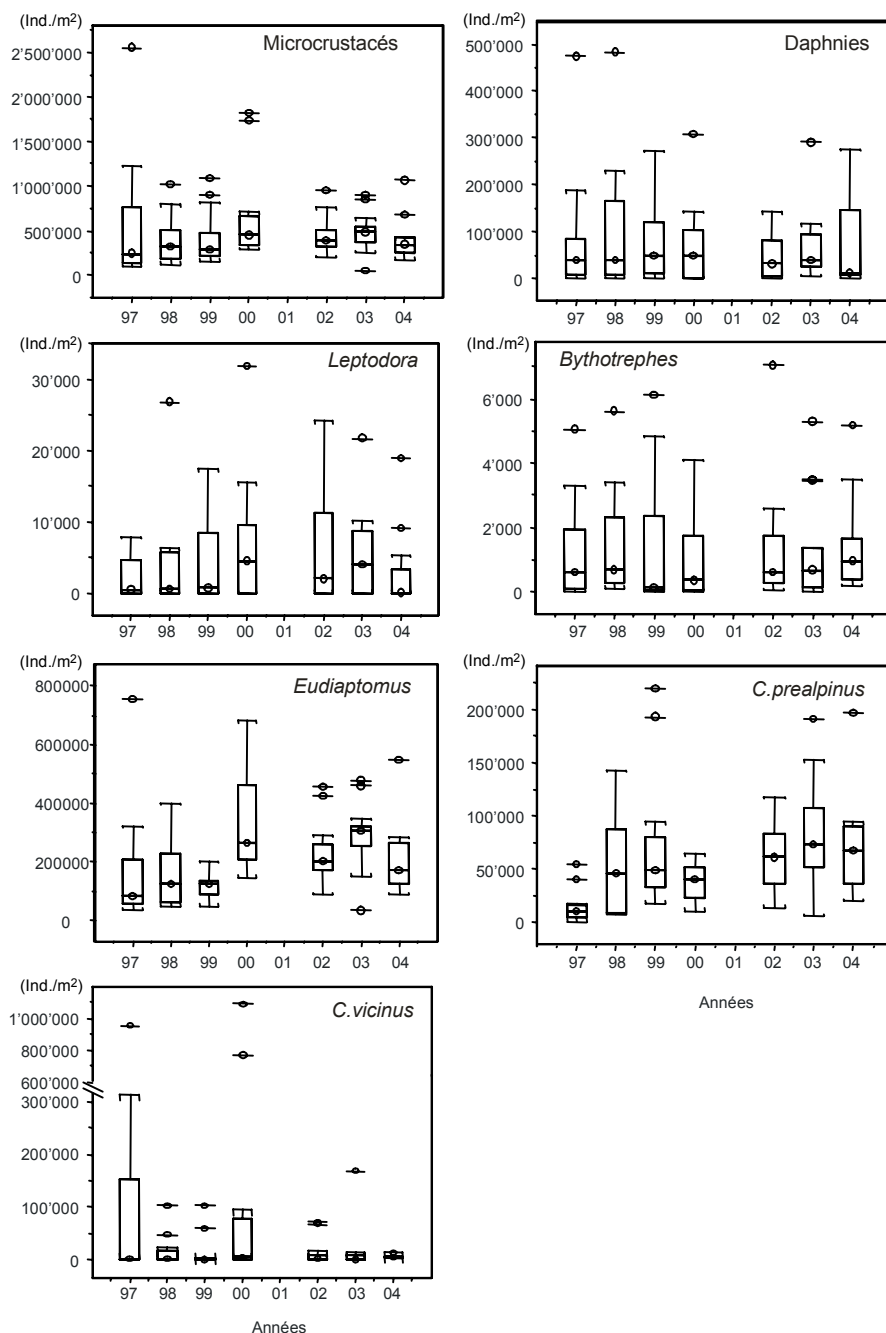


Figure 5 : Box-plots représentant les effectifs des taxons majeurs observés de février à septembre depuis 1997 (Léman, SHL2).

Figure 5 : Box-plots showing the populations of the main taxa observed between February and September since 1997 (Lake Geneva, SHL2).

La moyenne annuelle du nombre de microcrustacés est en légère baisse par rapport aux trois années précédentes mais elle se maintient à des valeurs comparables à celles observées en 1995, 1998 et 1999 (figure 6).

La moyenne annuelle des Daphnies est en légère augmentation. Toutefois la différence avec l'année 2003 n'étant pas significative (test non paramétrique Wilcoxon : p-value > 0.5) cette évolution ne compromet pas la tendance à la baisse observée depuis 1984. Les *Leptodora kindtii* sont en légère baisse par rapport à l'année 2003 mais là encore, comme l'indique la figure 5, la différence entre ces deux années consécutives n'est pas significative en raison de la très forte variabilité intra-annuelle. *Bythotrephes longimanus* se maintient également à des valeurs comparables à l'année précédente (test non paramétrique Wilcoxon $p > 0.1$) tout en confirmant la tendance à l'augmentation observée depuis 1984 (figure 6).

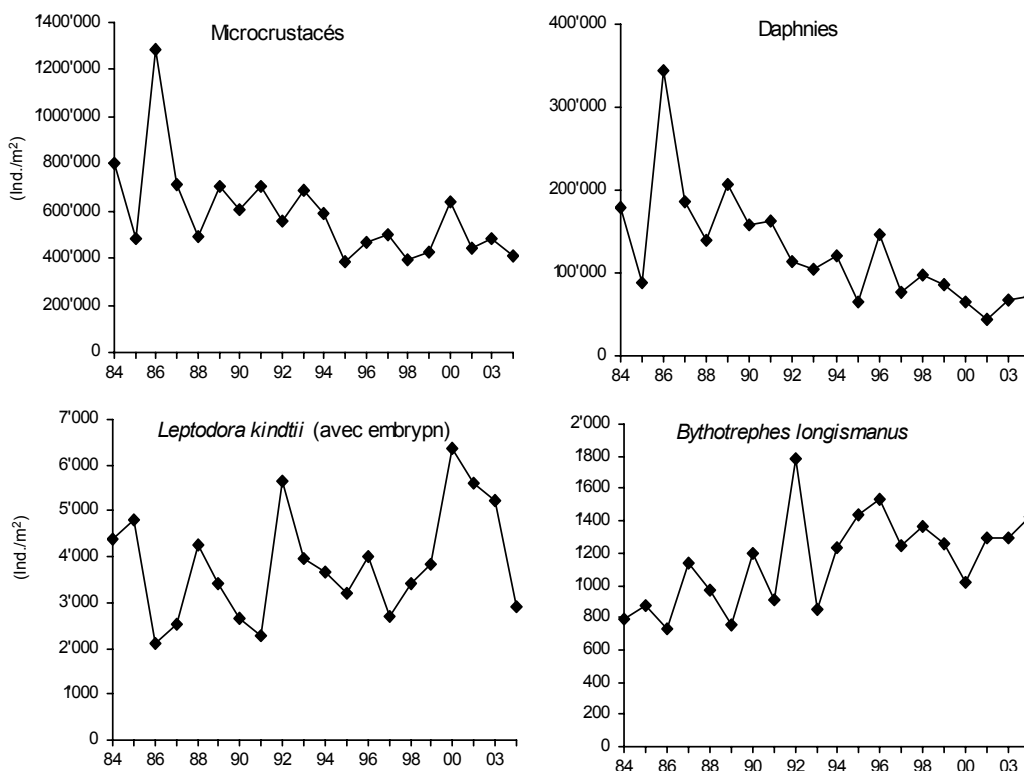


Figure 6 : Evolution à long terme des effectifs moyens de microcrustacés, Daphnies, *Leptodora kindtii* et *Bythotrephes longimanus* (Léman, SHL2).

Figure 6 : Long-term changes in the mean numbers of microcrutaceans, Daphnids, *Leptodora kindtii* and *Bythotrephes longimanus* (Lake Geneva, SHL2).

4.2 En terme de dynamique saisonnière

Dans les lacs tempérés, différentes espèces zooplanctoniques se succèdent au cours de l'année. Cette succession du zooplancton, qui se répète de façon plus ou moins similaire d'une année à l'autre, reflète les effets combinés de la prédation, des variations des ressources nutritives, des facteurs physiques et de la compétition. Grâce à une méthode factorielle multitableaux, STATIS (ESCOUFIER, 1973 ; LAVIT et al., 1994), nous avons identifié le modèle saisonnier caractéristique du Léman.

Depuis 1997 le cycle saisonnier du zooplancton se caractérise par un début d'année marqué par la présence de *C. vicinus* (figure 7A). En mars et avril, les espèces printanières *Eudiaptomus*, *C. prealpinus* et *Eubosmina* apparaissent et atteignent leur maxima en mai (Figure 7B). Parallèlement, on observe une recrudescence des *Bythotrephes longimanus* et *Daphnia*. En juin les effectifs des espèces printanières diminuent (figure 7B) et la communauté zooplanctonique est essentiellement composée des espèces pré-estivales *Bythotrephes longimanus* et *Daphnia* (figure 7A). Enfin, les mois estivaux juillet et août se caractérisent par l'abondance de *Leptodora kindtii* (figure 7B). Contrairement à l'année 2003 qui présentait une fin d'été marquée par des cladocères herbivores (BALVAY et al., 2004), l'année 2004 cadre avec ce modèle et on note la forte contribution des *Leptodora kindtii* (figure 7).

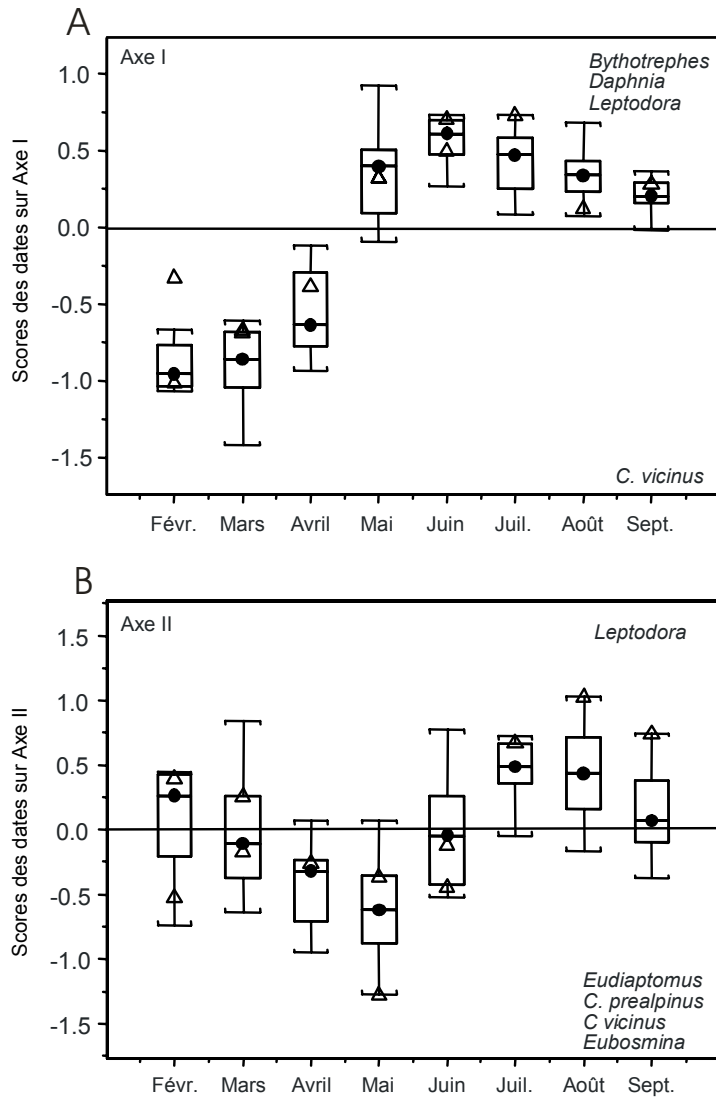


Figure 7 : Représentation graphique de la succession saisonnière de 2004 sur les axes factoriels décrivant le modèle saisonnier du Léman. Les box-plots représentent les scores des échantillons sur la période 1997-2004. Les cercles noirs correspondent aux médianes des scores et symbolisent le modèle saisonnier des successions zooplanctoniques caractéristiques pour cette période. Les triangles représentent les scores obtenus pour l'année 2004. Les espèces contribuant à la formation des axes sont indiquées sur la droite des graphiques.

Figure 7 : Graph showing the seasonal succession in 2004 on the factorial axes describing the seasonal model in Lake Geneva. The box plots show the scores of the samples for 1997-2004. The black circles correspond to the median scores and show the seasonal model of the characteristic zooplankton succession patterns during this period. The triangles indicate the scores obtained for 2004. The species contributing to the formation of the axes are indicated to the right of the graphs.

4.3 Biovolumes sédimentés

Les biovolumes sédimentés du zooplancton présentent des variations saisonnières se caractérisant par des valeurs faibles en hiver (inférieures à 100 mL/m²) et fortes (supérieures à 250 mL/m²) en période de développement phytoplanctonique (figure 8). L'augmentation qui s'initie le 14 avril s'explique par le début de croissance des Calanoïdes (figure 2). Le maxima (300 mL/m²) apparaît le 7 juin et correspond au pic des Daphnies.

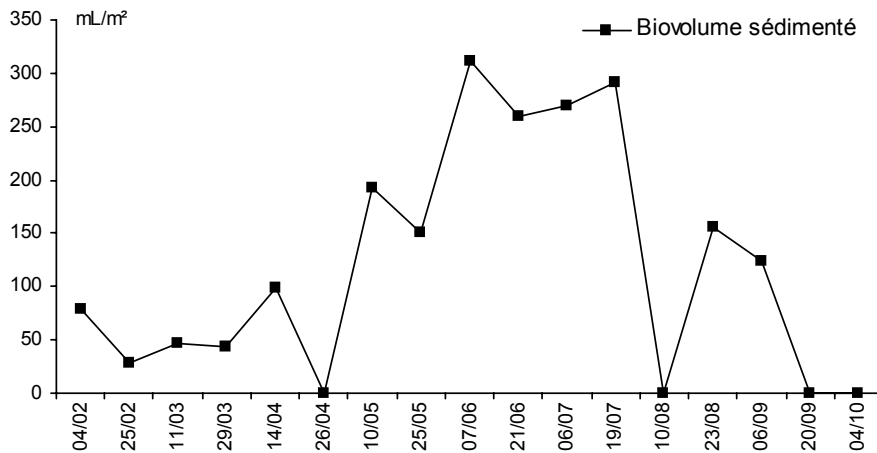


Figure 8 : Evolution du biovolume sédimenté en 2004 (Léman, SHL2).

Figure 8 : Changes in the settled biovolume during 2004 (Lake Geneva, SHL2).

Les biovolumes sédimentés du zooplancton présentait une évolution à long terme corrélée avec celle du phosphore jusqu'en 1995 ($r=0.76$; $N=39$) (BALVAY, 2000). De 1996 à 2000, ce paramètre devint stable et retrouve en 2002, la tendance générale à la baisse observée jusqu'en 1995. En 2003 on constatait une augmentation du biovolume sédimenté (119 mL/m^2), en 2004 les valeurs sont encore plus fortes (160 mL/m^2). Les observations de ces deux dernières années sont toutefois à prendre avec réserve car un artefact lié à l'absence de nombreuses mesures est fortement envisageable.

5. AUTRES GROUPES PLANCTONIQUES

Certains taxons de rotifères peuvent être dénombrés dans les prélèvements de zooplancton. Il s'agit d'espèces coloniales (*Conochilus unicornis*) ou d'individus de grande taille (*Asplanchna priodonta*, *Kellicottia longispina* et *Notholca caudata*).

Conochilus unicornis et *Kellicottia longispina* sont les deux espèces dominantes en terme d'abondance. La figure 9 permet de noter l'occurrence simultanée du pic saisonnier de *Kellicottia longispina* ($591'441 \text{ ind/m}^2$) et *Asplanchna priodonta* ($39'371 \text{ ind/m}^2$) en juin. Bien que considérée comme étant une espèce sténotherme d'eau froide (KOSTE, 1978), *Notholca caudata* présente également son maxima en juin ($6'999 \text{ ind/m}^2$). Le pic saisonnier de *Conochilus* apparaît plus tard dans l'année ($2'265'385 \text{ ind/m}^2$, 23 août).

Les larves véligères de la moule zébrée d'eau douce *Dreissena polymorpha* sont observées de juillet à septembre, leurs maxima étant le 23 août (Figure 9).

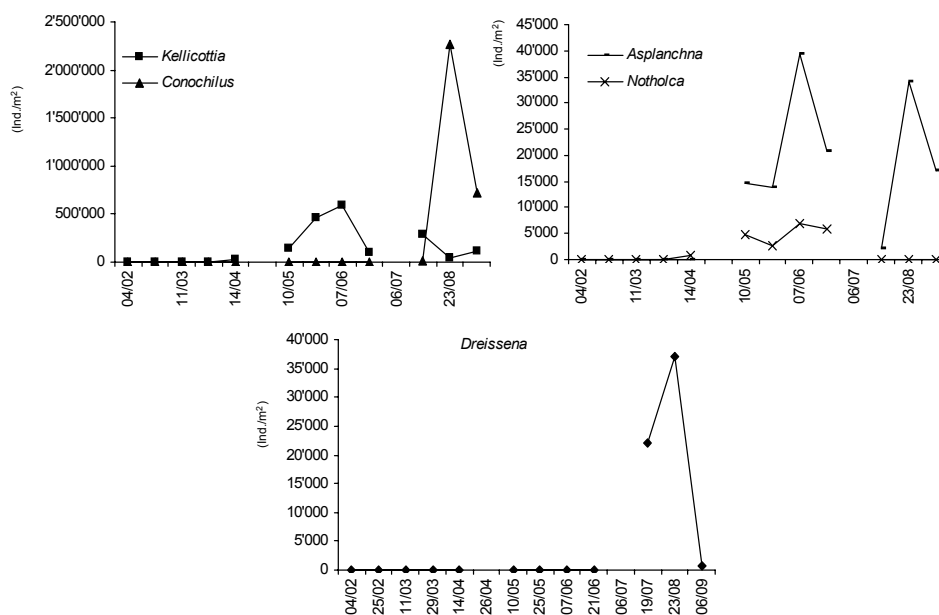


Figure 9 : Evolution saisonnière de quelques rotifères et de la larve véligère de *Dreissena polymorpha* en 2004 (Léman, SHL2).

Figure 9 : Seasonal changes in some Rotifera and the veligerous larvae of *Dreissena polymorpha* in 2004 (Lake Geneva, SHL2).

6. CONCLUSIONS

Depuis plusieurs années, les importants développements d'algues filamenteuses et de diatomées coloniales rendent difficile le dépouillement de certains échantillons. Toutefois l'analyse effectuée sur la période de février à septembre révèle une certaine stabilité de la communauté tout en confortant les tendances observées depuis 1984 chez certains taxons (Daphnies et Bythotrephes).

En terme d'abondance et de dynamique saisonnière l'année 2004 est comparable et se démarque peu des années postérieures à 1997.

BIBLIOGRAPHIE

- ANNEVILLE, O., GINOT, V., DRUART, J.-C. ET ANGELI, N. (2002) : Long-term study (1974-1998) of seasonal changes in the phytoplankton in Lake Geneva: a multi-table approach. *Journal of Plankton Research*, 24, 993-1007.
- BALVAY, G. (2000) : Evolution du zooplancton du Léman. *Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1999*, 79-90.
- BALVAY, G. (2002) : Bref aperçu sur le zooplancton du Léman. *Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2001*, 85-88.
- BALVAY, G., LAINE, L. et ANNEVILLE, O. (2004) : Evolution du zooplancton du Léman. *Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2003*, 81-92.
- ESCOUFIER, Y. (1973) : Le traitement des variables vectorielles. *Biometrics*, 29, 750-760.
- LAVIT, C., ESCOUFIER, Y., SABATIER, R. et TRAISSAC, P. (1994) : The ACT (STATIS method). *Comput. Stat. Data Anal.*, 18, 97-119.
- KOSTRE, W. (1978) : Rotatoria. Die Rädertiere Mitteleuropas. *Gebrüder Borntraeger (Ed.), Berlin*, Tome 1, 673 pp., Tome 2, 472 pp.
- TADONLEKE, R. D. (2005) : Production et biomasse phytoplanctoniques dans le Léman. *Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2004*, 91-99.
- LAZZAROTTO, J., RAPIN, F. et CORVI, C. (2005) : Evolution physico-chimique des eaux du Léman. *Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2004*, 31-53.
- GERDEAUX, D. (2005) : Régime alimentaire des corégones du Léman en milieu pélagique. *Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2004*, 111-116.