

ÉVOLUTION DU PHYTOPLANCTON DU LÉMAN

CHANGES IN THE PHYTOPLANKTON OF LAKE GENEVA

Campagne 2004

PAR

Jean-Claude DRUART, Anne ROLLAND et Rémy TADONLEKE

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

RÉSUMÉ

Comme les années précédentes, 20 campagnes de prélèvements ont été effectuées en 2004, au centre du Grand Lac, dans la couche 0-20 m.

Avec un total de 122 taxons recensés, la diversité spécifique du phytoplancton a sensiblement régressé (140 taxons en 2003). Elle est comparable à celle enregistrée en 2002 avec 119 taxons. Cette diversité reste toutefois dans le cadre des variations interannuelles observées au cours de la dernière décennie, de 91 taxons en 2001 à 140 taxons en 2003.

La biomasse annuelle moyenne est en forte augmentation cette année (2'666 mg/m³) par rapport à 2003 (1'727 mg/m³), mais la tendance entre 1994 et 2004 (moyenne 2'358 mg/m³) est assez stable, de 1'168 mg/m³ en 1994 à 4'826 mg/m³ en 2001.

Avec 846 mg/m³, la biomasse printanière est en net recul par rapport à 2003 (1'075 mg/m³), du fait de la diminution de la biomasse nanoplanctonique au cours de cette période. Ce phénomène influence le rapport BP/BE (Biomasse Printanière/Biomasse Estivale), qui est forte baisse cette année (tableau 1). Par contre, la biomasse estivale est en très forte augmentation (4'154 mg/m³ contre 2'007 mg/m³ en 2003) due essentiellement à des développements massifs des filamenteuses *Mougeotia gracillima* et *Oedogonium* sp.

Après 2003, caractérisée par une forte proportion de nanoplancton (27 % de la biomasse totale), la part enregistrée en 2004 (16 %) est comparable à celles des années 2000 et 2001.

ABSTRACT

As in the previous years, 20 sampling surveys were carried out in 2004, in the center of the Grand Lac of Lake Geneva, in the 0-20 m layer.

With a total of 122 taxons identified, the species diversity of the phytoplankton is perceptibly lower than last year (140 taxons in 2003). The number was similar to that reported in 2002 (119 taxons), and this diversity remains within the range of interannual fluctuations recorded over the previous decade, ranging from 91 taxons in 2001 to 140 taxons in 2003.

The mean annual biomass was considerably higher this year (2'666 mg/m³) than in 2003 (1'727 mg/m³), but the overall trend from 1994 to 2004 (mean 2'358 mg/m³) is fairly stable, ranging from 1'168 mg/m³ in 1994 to 4'826 mg/m³ in 2001.

The springtime biomass of 846 mg/m³ has declined markedly compared to 2003 (1'075 mg/m³), due to the lower nanoplanktonic biomass during this period. This phenomenon influences the SpB/SuB (Spring Biomass/Summer Biomass) ratio, which has fallen sharply this year (Table 1). In contrast, the summer biomass has risen very considerably (4'154 mg/m³ versus 2'007 mg/m³ in 2003) due essentially to massive blooms of the filamentous organisms *Mougeotia gracillima* and *Oedogonium* sp.

After 2003, which was characterized by the high proportion of nanoplankton (27 % of the total biomass), the proportion recorded in 2004 (16 %) is comparable to those for the years 2000 and 2001.

1. INTRODUCTION

L'évolution du phytoplancton a fait l'objet d'un suivi durant l'année 2004. Comme les années précédentes, ce dernier a été réalisé à la station SHL2 au centre du Grand Lac (coord. CH : 534.70 / 144.95) entre Evian et Lausanne. Cette étude comporte l'analyse de l'évolution qualitative et quantitative des peuplements phytoplanctoniques. La biomasse chlorophyllienne et la production phytoplanctonique, font l'objet d'un chapitre séparé (TADONLEKE, 2005).

2. MÉTHODES

Le phytoplancton étudié a été récolté de février à décembre 2004 dans les 20 premiers mètres de la colonne d'eau à l'aide d'une cloche intégratrice d'eau brute. Ces prélèvements ont été effectués deux fois par mois de février à octobre et une fois par mois en novembre et décembre. A noter que la campagne du mois de janvier a dû être déplacée en février en raison de mauvaises conditions météorologiques. Au final, 20 campagnes ont été menées en 2004, comme en 2003.

Les échantillons d'eau brute sont fixés au lugol; puis chaque sous-échantillon d'un volume de 50 mL est mis à sédimenter dans des chambres de sédimentation. Les examens qualitatif et quantitatif se font au microscope inversé suivant la technique D'UTERMÖHL (1958).

Depuis 1974, la biomasse phytoplanctonique d'un échantillon est calculée par addition des biovolumes cellulaires algaux, et exprimée en poids de matière fraîche par mètre cube d'eau (densité algale voisine de 1).

3. RÉSULTATS

3.1 Variations saisonnières et évolution interannuelle de la biomasse

Comme chaque année, on peut distinguer en 2004 plusieurs phases dans les variations saisonnières de la biomasse phytoplanctonique. La figure 1 illustre ces variations pour les biomasses totale, microplanctonique (longueur de la cellule ou de la colonie > 50 µm et volume > 10 000 µm³) et nanoplanctonique (longueur de la cellule ou de la colonie < 50 µm et volume < 10 000 µm³). Aujourd'hui la définition du nanoplancton est : organismes phytoplanctoniques compris entre 2 et 20 µm (WETZEL, 2001). Il a été décidé qu'à partir de 2006, la biomasse nanoplanctonique sera calculée sur cette nouvelle base pour se mettre en conformité avec la littérature actuelle, avec recalcul des valeurs antérieures afin de pouvoir effectuer des comparaisons interannuelles.

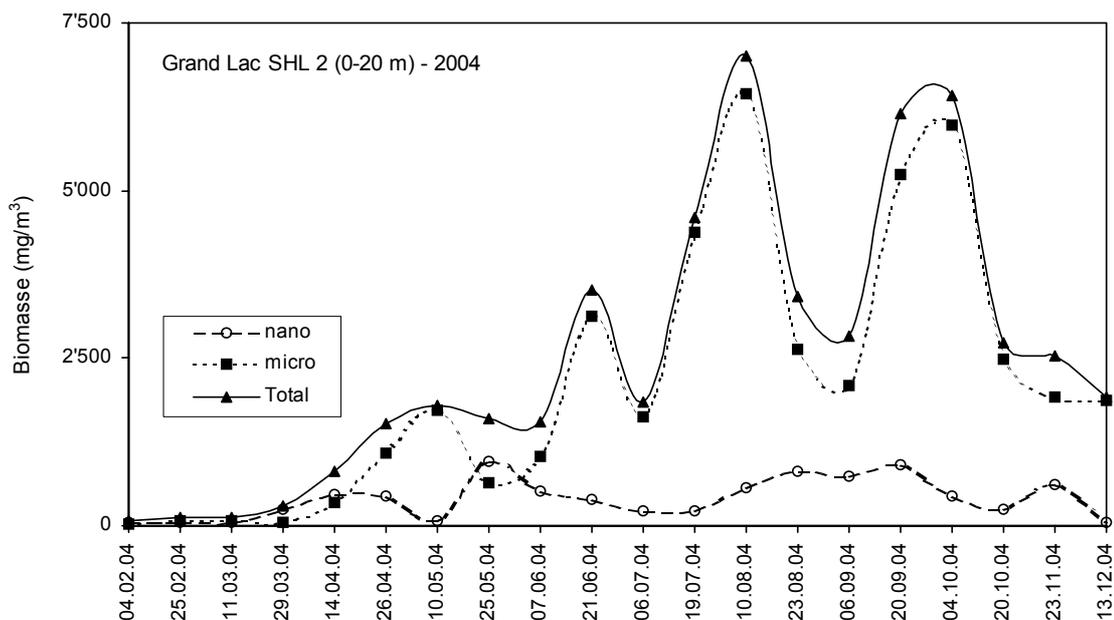


Figure 1 : Variations saisonnières des biomasses totale, microplanctonique et nanoplanctonique du phytoplancton dans le Léman (Grand Lac, SHL 2) en 2004.

Figure 1 : Seasonal changes in total phytoplankton microplankton and nanoplankton biomass at the Station SHL 2 in Lake Geneva in 2004.

D'une manière générale, la biomasse totale maximale observée en 2004 est beaucoup plus importante que celle enregistrée en 2003 (7'082 mg/m³ contre 4'447 mg/m³ en 2003).

En 2004, on observe plusieurs pics de biomasse phytoplanctonique : le 10 mai, le 21 juin, le 10 août et le 4 octobre. Tous ces pics sont dus à une biomasse du microplancton. On observe un seul pic nanoplanctonique le 25 mai.

Durant ces pics de biomasse, la communauté n'est jamais dominée par la même classe. En effet, le 10 mai, les diatomées (97 %) et en particulier les espèces microplanctoniques *Fragilaria crotonensis* (31 %) et *Diatoma tenuis* (32 %) dominent. Le 21 juin, ce sont les xanthophycées qui représentent 50 % de la biomasse totale (*Tribonema* sp.). Le pic du 10 août est dominé par *Mougeotia gracillima* (64 % de la biomasse totale), qui fait partie de la classe des conjuguées, cette dernière classe représentant 65 % de la biomasse totale de la communauté phytoplanctonique à cette date. Enfin, le pic automnal du 4 octobre est le résultat du développement des chlorophycées et en particulier l'espèce filamenteuse *Oedogonium* sp.

La biomasse moyenne annuelle du nanoplancton, qui n'a cessé d'augmenter les 3 années précédentes est en baisse cette année (figure 4). Elle atteint 16 % contre 28 % en 2003. La biomasse moyenne annuelle du microplancton augmente à nouveau par rapport à la diminution observée ces 3 dernières années et atteint 84.1 % cette année contre 72 % en 2003. Son importance est due au développement, entre autres, des filamenteuses *Tribonema* sp., *Oedogonium* sp. et *Mougeotia gracillima*.

La phase hivernale (de début janvier à fin mars) se caractérise par un faible développement algal. La biomasse moyenne pour les trois premiers prélèvements est de 84 mg/m³, ce qui est significativement différent de la valeur trouvée en 2003 (337 mg/m³). Le stock de phosphore total dans la couche 0-20 m a encore diminué en 2004 (LAZZAROTTO et al., 2005), limitant à nouveau le développement du nanoplancton. Le début de la phase hivernale est essentiellement dominé par les petites diatomées centriques du genre *Stephanodiscus* ainsi que par la petite cryptophycée *Rhodomonas minuta*.

La phase printanière observée du 14 avril au 10 mai, est caractérisée par une légère augmentation de la biomasse totale (4'111 mg/m³ cette année contre 3'326 mg/m³ en 2003).

Le nanoplancton domine au début de cette période, puis est remplacé par le microplancton. L'augmentation de biomasse débute avec le développement de la petite cryptophycée *Rhodomonas minuta*. Puis la biomasse des *Stephanodiscus* spp et de *Rhodomonas minuta* diminue brusquement pour être remplacée par des espèces microplanctoniques (*Aulacoseira islandica* subsp. *helvetica* et *Asterionella formosa* le 26 avril; *Diatoma tenuis* et *Fragilaria crotonensis* le 10 mai). Cette transition du nano au microplancton pourrait être induite par un broutage sélectif du zooplancton.

Après **la phase des eaux claires**, observée entre le 25 mai et le 7 juin (transparence de 8.2 m et biomasse de 1'478 mg/m³), **la phase estivale** est observée du 7 juin au 10 août. La biomasse atteint son maximum le 10 août (7'082 mg/m³). 65 % de la biomasse totale à cette date est due à *Mougeotia gracillima*. Le pic du 21 juin (3'470 mg/m³) résulte de la croissance de deux autres espèces, *Tribonema* sp. (1'741 mg/m³) et *Dinobryon divergens* (1'066 mg/m³), qui représentent 80 % de la biomasse phytoplanctonique totale. Il est intéressant de noter également que le début de la phase estivale marque le début de la dominance du microplancton sur le nanoplancton, dominance qui se poursuivra jusqu'à la fin de la phase hivernale.

La transition entre la phase estivale et **la phase automnale** (23 août-13 décembre) est marquée par une chute importante de la biomasse de *Mougeotia gracillima* qui passe de 4'440 mg/m³ le 10 août à 338 mg/m³ le 23 août. Par contre, la période de faible biomasse est courte puisque, dès le 20 septembre, la biomasse totale augmente significativement, due essentiellement au développement de la chlorophycée filamenteuse *Oedogonium* sp. (2'479 mg/m³ le 20 septembre et 3'682 mg/m³ le 4 octobre). Pendant le reste de la saison automnale, *Oedogonium* sp. régresse à nouveau, mais la biomasse phytoplanctonique totale reste toutefois relativement élevée à cause de la présence permanente de *Mougeotia gracillima*. A noter la régression importante de la cyanobactérie filamenteuse *Planktothrix rubescens* par rapport aux années précédentes.

Le tableau 1 et la figure 2 présentent l'évolution interannuelle des biomasses printanières, estivales et annuelles moyennes.

La biomasse printanière moyenne est légèrement inférieure à celle de 2003, qui est plus élevée d'environ 20 %. Par contre, la biomasse estivale moyenne augmente fortement, pratiquement de 50 % par rapport à l'année 2003.

Tableau 1 : Biomasses phytoplanctoniques (mg/m³) de 1999 à 2004 (SHL2, 0-20 m)
BP = de janvier à la phase des eaux claires ; BE = de la phase des eaux claires à décembre.

Table 1 : Phytoplankton biomass (mg/m³) from 1999 to 2004 (SHL2, 0-20 m)
BP = from January to the clear water phase; BE = from the clear water phase to December.

Année	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Biomasse annuelle moyenne	2'015	2'379	4'826	2'747	1'727	2'666
Biomasse printanière moyenne (BP)	952	659	967	1'183	1'075	847
Biomasse estivale moyenne (BE)	2'395	3'255	6'938	3'530	2'007	4'154
Rapport BP/BE	0.40	0.20	0.13	0.34	0.54	0.20
Biomasse printanière maximale (mois)	2'703 (04)	2'650 (04)	1'541 (04)	5'767 (03)	2'004 (04)	1'790 (05)
Biomasse estivale maximale (mois)	9'187 (08)	22'258 (08)	26'848 (08)	11'946 (08)	4'447 (06)	7'082 (08)
Biomasse annuelle moyenne du microplancton	1'505	2'043	4'239	2'230	1'264	2'313
Biomasse annuelle moyenne du nanoplancton	510	336	587	517	463	353

La biomasse annuelle moyenne qui avait fortement chuté en 2003 (37 %) par rapport à 2002, retrouve une valeur de 2'666 mg/m³ en 2004, comparable à celle des années précédentes (exception faite pour 2001).

La valeur du rapport BP/BE, qui n'avait cessé d'augmenter de 2001 à 2003, chute à nouveau pour atteindre une valeur de 0.20, rejoignant ainsi celle de l'année 2000. Cela peut s'expliquer par une recrudescence du microplancton, essentiellement due au développement d'espèces filamenteuses comme *Mougeotia gracillima* ou *Oedogonium* sp. Ces algues de grande taille sont faiblement broutées par le zooplancton et amoindrissent la qualité de nourriture pour ce niveau trophique supérieur.

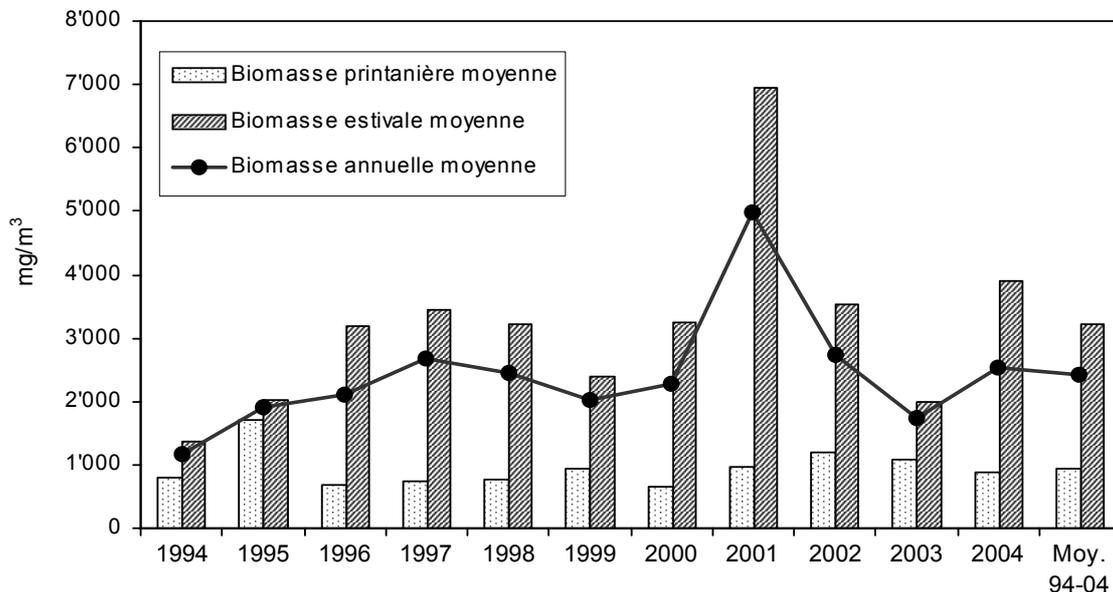


Figure 2 : Evolution des biomasses printanière, estivale et annuelle moyenne dans le Léman (SHL 2) de 1994 à 2004.

Figure 2 : Change in the Springtime, Summer and Mean Annual Biomass in Lake Geneva (SHL 2) from 1994 to 2004.

La littérature moderne montre qu'aujourd'hui les calculs de biomasses devraient s'estimer par rapport au carbone organique contenu dans chaque cellule algale (WETZEL et LIKENS, 2000). Il faut alors prendre ce rapport au carbone organique de chaque groupe taxonomique (par exemple 0.22 pour les cyanobactéries, 0.11 pour les diatomées, 0.16 pour les chlorophycées, 0.13 pour les péridiniens et 0.11 pour tous les autres groupes) et le multiplier par les biomasses ou biovolumes actuels de chaque groupe pour avoir la biomasse "carbonée" totale de l'échantillon, mais qui va être très inférieure à celle que nous enregistrons aujourd'hui. Il a été décidé qu'à partir de 2006, nous opterons pour cette nouvelle façon de calculer la biomasse algale. La comparaison avec des données des années antérieures exigera toutefois un recalcul de toutes les valeurs.

3.2 Richesse taxonomique

122 taxons ont été identifiés en 2004, soit 18 de moins qu'en 2003 (140). Cette diminution concerne plus le nanoplancton (-12 taxons) que le microplancton (- 6 taxons).

8 taxons ont été recensés pour la première fois dans le Grand Lac en 2004. Globalement, ces nouveaux taxons sont de statut trophique méso-eutrophe :

- 1 cyanobactérie coloniale : *Woronichinia naegeliana*,
- 2 diatomées : *Cymbella affinis* et *Nitzschia vermicularis*,
- 2 chlorophycées : *Monoraphidium indicum* et *Scenedesmus armatus*,
- 3 conjuguées : *Closterium cornu*, *Closterium diana* et *Closterium lineatum*.

L'évolution de la richesse taxonomique entre 1994 et 2004 est présentée à la figure 3. Les résultats pour 2004 montrent une diminution du nombre de taxons par rapport à l'année 2003 et un retour aux valeurs observées en 1996 et 1998.

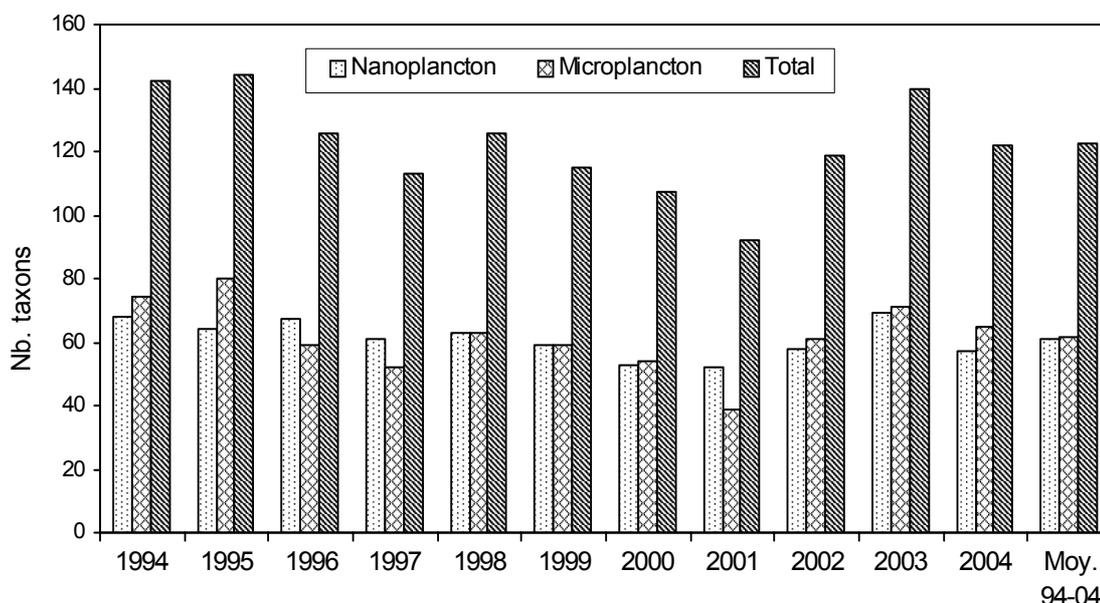


Figure 3 : Nombre de taxons (total, micro- et nanoplancton) observés à la station SHL2 entre 1994 et 2004 et moyennes pour la période.

Figure 3 : Number of taxa (total, micro- and nanoplankton) that were recorded at the SHL2 station between 1994 and 2004, and the mean for this period.

3.3 Répartition par classes d'algues et par classes de taille

La répartition en 2004 du nombre de taxons entre les différentes classes d'algues ainsi que leur appartenance au micro ou au nanoplancton figurent dans le tableau 2.

Tableau 2 : Répartition entre micro- et nanoplancton du nombre de taxons des différentes classes d'algues à la station SHL2 en 2004.

Table 2 : Relative numbers of micro- and nanoplankton taxa in the various phytoplankton categories at the SHL2 station in 2004.

Classe	Microplankton	Nanoplankton	Total
Cyanobactéries	14	1	15
Dinophycées	3	5	8
Cryptophycées	0	3	3
Chrysophycées	3	6	9
Xanthophycées	1	0	1
Diatomées	17	18	35
Chlorophycées	17	23	40
Conjuguées	10	1	11
Total	65	57	122

La figure 4 présente l'évolution en % des biomasses relatives des deux groupes de taille entre 1994 et 2004 où l'on observe à nouveau une diminution du nanoplancton par rapport aux deux années précédentes. Si nous prenons les biomasses réelles annuelles (tableau 1), nous observons que la biomasse nanoplanctonique de l'année 2004 est comparable à celle de l'année 2000. Globalement, les valeurs enregistrées depuis 1996 montrent de fortes fluctuations interannuelles.

La figure 5 montre qu'en 2004, la répartition des biomasses relatives des différentes classes d'algues est relativement différente de celle de l'année précédente et correspond plus au schéma de répartition de l'année 1998 où il y avait une proportion importante de conjuguées, peu de cyanobactéries et des xanthophycées. Ces dernières sont quasiment absentes entre 1999 et 2003. La proportion des autres classes fluctue légèrement mais correspond relativement bien à la distribution retrouvée les années précédentes.

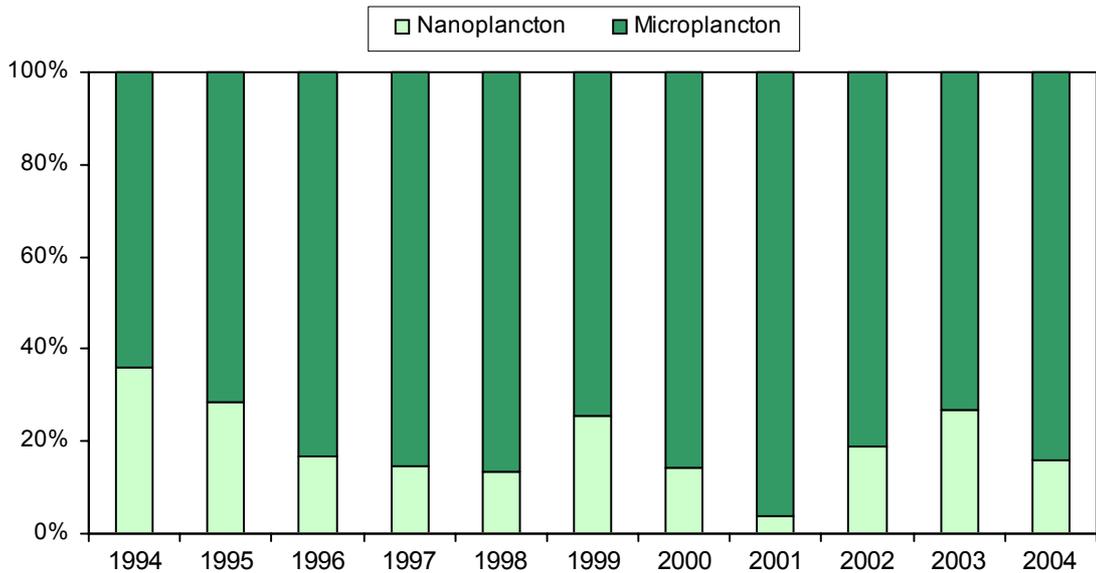


Figure 4 : Biomasses relatives du nano- et du microplancton de 1994 à 2004 à la station SHL2.

Figure 4 : Relative biomass of the nano- and microplankton from 1994 to 2004 at the SHL2 station.

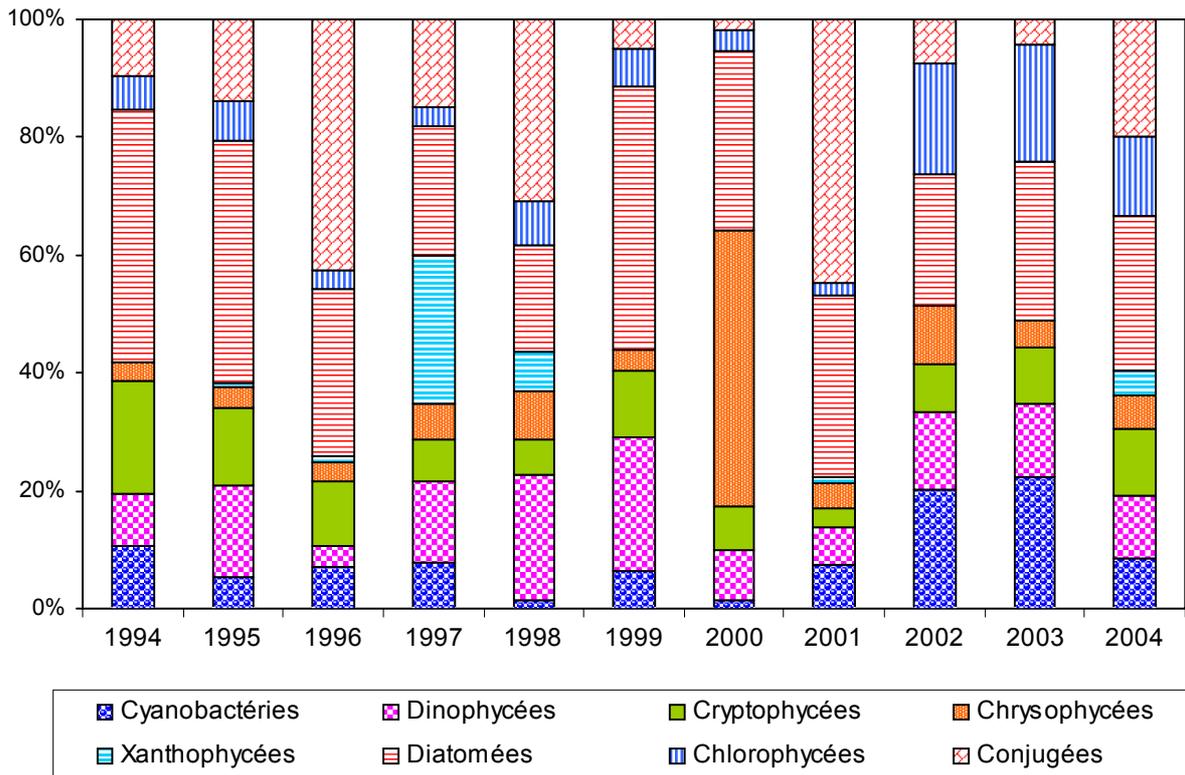


Figure 5 : Biomasses relatives des différentes classes d'algues de 1994 à 2004 à la station SHL2.

Figure 5 : Relative biomass of the various phytoplankton classes from 1994 to 2004 at the SHL2 station.

Comme en 2003, les diatomées sont toujours la classe la plus abondante (26 %). Cependant, les cyanobactéries laissent leur deuxième place aux conjuguées (20 %) et les chlorophycées sont toujours la troisième classe dominante. Cependant, leur biomasse relative (13 %) est moins élevée que l'année précédente (20 %). Les dinoflagellés, les cryptophycées et les chrysophycées sont présentes en proportion relativement identiques à celles de 2003. Par contre, les xanthophycées représentées par l'espèce *Tribonema* sp. réapparaissent alors que cette classe était quasiment absente depuis 1999.

3.4 Contribution des principales espèces au sein de la biomasse totale

L'évolution des espèces dominantes depuis 1999 est présentée au tableau 3 en annexe.

En 2004, sur 122 espèces inventoriées, trois sont considérées comme "très abondantes" (> 6 % de la biomasse totale annuelle) et constituent presque 48 % de la biomasse totale (tableau 3).

17 autres espèces sont abondantes (entre 1 % et 6 % de la biomasse annuelle totale), trois d'entre elles ont une biomasse se situant entre 4 % et 6 %. En tout, neuf taxons représentent 71% de la biomasse totale annuelle (tableau 3).

3 autres espèces ont une biomasse moins importante cette année mais font quand même partie des 9 espèces principales. Il s'agit de *Planktothrix rubescens*, *Fragilaria crotonensis* et *Diatoma tenuis*.

Par contre, *Dinobryon divergens* et *Mougeotia gracillima* voient leur biomasse multipliée par 8 et 9 respectivement. Quant à *Tribonema sp.*, elle avait été identifiée en 1999 mais n'avait pas été retrouvée depuis cette date. Sa biomasse est relativement importante en 2004 et constitue pratiquement 5 % de la biomasse phytoplanctonique totale.

En 2003, les espèces "très abondantes" étaient également au nombre de 9, mais ne représentaient que 67 % de la biomasse annuelle. *Dinobryon sociale* et *Rhodomonas minuta* qui faisaient partie des 9 espèces les plus abondantes les années précédentes ont vu leur biomasse fortement régresser, de 4.6 à 0.01 % et de 6.1 à 2.2 % respectivement. En 2004, ces deux espèces ne se retrouvent donc plus dans les espèces principales.

3.5 Développement des principales espèces au cours de l'année

En 2004, on peut relever les éléments suivants au sujet du développement des espèces principales, présenté dans la figure 6.

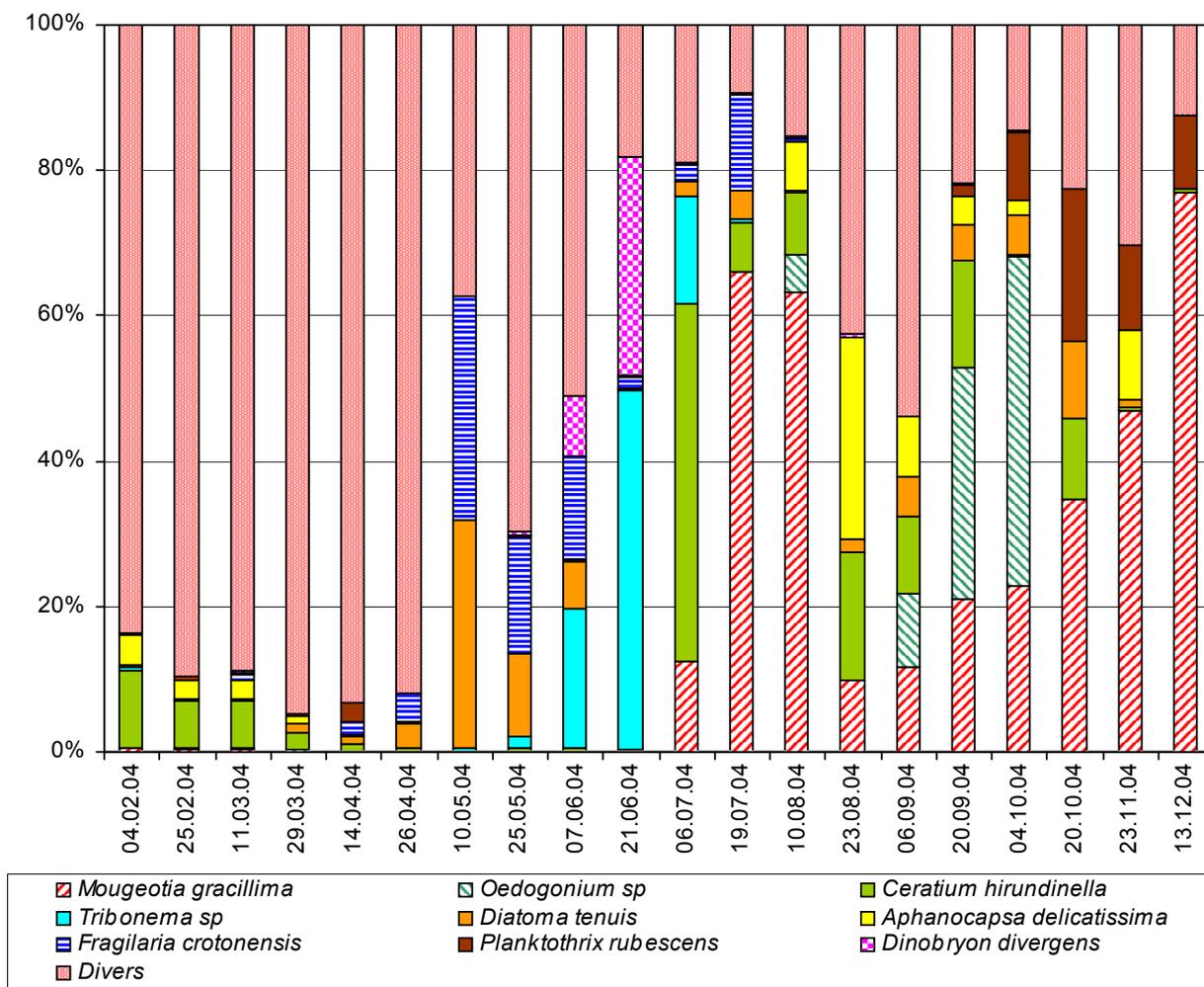


Figure 6 : Biomasses relatives mensuelles des neuf taxons dominants à la station SHL2 en 2004.

Figure 6 : Relative monthly biomass of the nine dominant taxa at the SHL2 station in 2004.

Tout d'abord, la proportion de la biomasse des espèces dominantes est relativement faible du début de l'année 2004 jusqu'à la fin du mois d'avril par rapport à la biomasse du reste du phytoplancton.

- ▶ *Mougeotia gracillima* qui est l'espèce dont la biomasse relative est la plus importante, se retrouve essentiellement dans la deuxième moitié de l'année. Sa biomasse est élevée entre la mi-juillet et la mi-août. Puis on constate une chute drastique de la biomasse à la fin du mois d'août et une reprise de croissance jusqu'au mois de décembre, date à laquelle sa biomasse atteint quasiment 80 % de la biomasse totale du phytoplancton.
- ▶ *Oedogonium* sp. est présente en quantité importante durant les mois de septembre et octobre. Sa biomasse relative a augmenté de 30 % par rapport à l'année 2003. Il serait important de continuer à prendre des mesures pour freiner sa croissance tout comme celle de *Mougeotia gracillima*, cette espèce filamenteuse est une source de nourriture médiocre pour le zooplancton mais qui peut poser des problèmes pour les pêcheurs. En effet, elles se fixent sur les filets dérivants, les rendent visibles et par conséquent, totalement inefficaces. Notons que ces deux espèces constituent à elles seules, 40 % de la biomasse totale annuelle moyenne ce qui équivaut à la proportion d'algues filamenteuses que l'on retrouvait en 2001 (LAVIGNE et DRUART, 2002).
- ▶ *Ceratium hirundinella* est un taxon qui se développe dans des eaux relativement chaudes et présente une biomasse maximale en plein été (6 juillet). Cependant, on retrouve cette espèce durant l'automne et l'hiver et en quantité moindre durant le printemps. Sa biomasse relative moyenne reste stable par rapport à l'année dernière (8 % en 2003 et 2004).
- ▶ *Tribonema* sp. est une algue filamenteuse constituée de longues cellules cylindriques. Elle fut responsable d'une prolifération excessive en 1997 (ANNEVILLE et al., 2001). Cette année, elle se développe de manière importante le 21 juin où elle constitue pratiquement 5 % de la biomasse annuelle totale moyenne du phytoplancton.
- ▶ *Diatoma tenuis* est généralement rencontrée en automne (SOMMER, 1986b), dans les lacs eutrophes (YANG et PICK, 1996). Cette année, si elle est surtout présente durant la période automnale, elle se rencontre également au printemps et en été (564 mg/m³ le 10 mai). Sa biomasse relative moyenne a diminué de 50% par rapport à l'année dernière (4.6 % en 2004 contre 8.1 % en 2003).
- ▶ *Aphanocapsa delicatissima* est une cyanobactérie coloniale cosmopolite largement distribuée dans les régions tempérées d'Europe (KOMAREK et ANAGNOSTIDIS, 1999). On la retrouve pendant les trois premiers mois de l'année puis en fin d'été où elle atteint une biomasse de 951 mg/m³. Sa dernière apparition dans le lac date de 2002 et sa proportion par rapport à l'ensemble du phytoplancton était identique à celle de cette année (4.5 %).
- ▶ *Fragilaria crotonensis* est généralement abondante dans les lacs et les réservoirs eutrophes car elle répond de manière drastique à des concentrations de phosphore élevées (KINGSTON, 2003). On la retrouve également au début de l'été, quand les eaux sont pauvres en silice. En 2004, elle montre une forte croissance le 10 mai, puis moyenne les 25 mai et 7 juin, ce qui contraste totalement avec sa distribution au cours de l'année 2003 où elle était présente à la fin de l'automne et au début de l'hiver (du 13 octobre au 9 décembre 2003; DRUART et al., 2004). On la retrouve également en plein été, les 6 et 19 juillet où elle présente respectivement une biomasse de 44 mg/m³ et 609 mg/m³.
- ▶ *Planktothrix rubescens* se rencontre presque tout au long de l'année (17 fois sur 20 campagnes). Quantitativement, elle est surtout présente durant la période allant de la mi-septembre à la fin décembre, mais à aucun moment elle ne domine le peuplement algal comme c'était le cas en 2003 (DRUART et al., 2004). Elle atteint sa biomasse maximale le 4 octobre (615 mg/m³). Sa biomasse relative moyenne est en régression par rapport à l'année dernière, elle chute de 60 % (11.4 % en 2003 contre 3.4 % en 2004). Si nous regardons l'évolution interannuelle des biomasses de ce taxon, nous observons qu'après un maximum de 18.3 mg/m³ enregistré en 1992, cette espèce s'est montrée très discrète jusqu'en 2002 et 2003 où nous obtenions des valeurs respectivement de 10.9 et 11.4 mg/m³.
- ▶ *Dinobryon divergens* est une algue mixotrophe, typique de la communauté planctonique estivale et qui fait partie de la classe des chrysophytes. Dans le Grand Lac, *Dinobryon divergens* est présente de manière sporadique jusqu'au mois de juin où sa biomasse atteint 1'066 mg/m³. Par la suite, sa biomasse chute d'un seul coup mais reste présente jusqu'à la fin de l'année. Il est à noter que dans de nombreux lacs ou réservoirs, cette espèce se développe au printemps.

4. CONCLUSIONS

La biomasse annuelle moyenne a augmenté d'un tiers environ par rapport à l'année dernière (2'542 mg/m³ en 2004 contre 1'727 mg/m³ en 2003). Cette valeur se rapproche de celle de 2002 (2'747 mg/m³) (DRUART et al., 2003). La biomasse estivale moyenne est aussi en augmentation (4'154 mg/m³ contre 2'007 mg/m³ en 2003) contrairement à la biomasse printanière qui diminue (847 mg/m³ contre 1'075 mg/m³ en 2003). La biomasse nanoplanctonique diminue fortement alors que les algues filamenteuses prolifèrent; le rapport BP/BE atteint donc la valeur de 0.20, du fait de la présence excessive des algues filamenteuses. Globalement, de la mi-juillet à fin décembre, la communauté phytoplanctonique est dominée par deux algues filamenteuses, *Mougeotia gracillima* et *Oedogonium* sp., qui se succèdent ou co-dominent. Quant à la richesse taxonomique, cette dernière a légèrement diminué peut-être à cause de certaines espèces qui dominent le peuplement, en tirant profit des ressources nutritionnelles encore en abondance dans le lac. Cette diminution de la diversité peut-être préoccupante si elle perdure.

Les concentrations en phosphore continuent de diminuer dans le Léman (29.5 µgP/L, LAZZAROTTO et al., 2005), malheureusement sans influence sur le développement du microplancton, en particulier des algues filamenteuses citées ci-dessus. Ces dernières, adaptées aux faibles intensités lumineuses, vont sans doute utiliser le phosphore à de plus grandes profondeurs et peuvent poser des problèmes pour les pêches professionnelles et la fourniture d'eau potable (LAVIGNE et DRUART, 2002). Un suivi de la colonisation de la tranche 20-50 m par les algues filamenteuses a été instauré dès 2005.

BIBLIOGRAPHIE

- ANNEVILLE, O., GINOT, V. et ANGELI, N. (2001) : Evolution de l'état de santé du Léman évaluée par l'analyse des séries chronologiques du phytoplancton. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2000, 161-189.
- DRUART, J.-C., LÉBOULANGER, C. et ROLLAND, A. (2004) : Evolution du phytoplancton du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2003, 69-79.
- DRUART, J.-C., LAVIGNE, S. et PERFETTA, J. (2003) : Evolution du phytoplancton du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2002, 69-83.
- KINGSTON, J.C. (2003) : Araphid and Monoraphid Diatoms. In : Freshwater Algae of North America. Ecology and Classification. Wehr, J. D. and Sheath, R. G. (Eds) Academic Press, Paris.
- KOMAREK, J. et ANAGNOSTIDIS, K. (1999) : Cyanoprokaryota - 1. Teil : Chroococcales. Gustav Fisher, Jena.
- LAVIGNE, S. et DRUART, J.-C. (2002) : Evolution du phytoplancton du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2001, 71-84.
- LAZZAROTTO, J., RAPIN, F. et CORVI, C. (2002) : Evolution physico-chimique et recherche de métaux et de quelques micropolluants dans les eaux du Léman. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2001, 33-59.
- LAZZAROTTO, J., RAPIN, F. et CORVI, C. (2005) : Evolution physico-chimique des eaux du Léman. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2004, 31-53.
- SOMMER, U. (1986b) : The periodicity of phytoplankton in Lake Constance (Bodensee) in comparison to other deep lakes of central Europe. Hydrobiologia, 138, 1-7.
- TADONLEKE, R. (2005) : Production et biomasse phytoplanctonique dans le Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2004, 91-99.
- UTERMÖHL, H. (1958) : Toward the improvement of the quantitative phytoplankton method. Mitteilungen-Internationale Vereinigung für Limnologie, 9, 1-38 (In German).
- WETZEL, R.G. and LICKENS, G.L. (2000) : Limnological Analyses. Third edition, Springer-Verlag New York.
- WETZEL, R.G. (2001) : Limnology. Lake and River Ecosystems. Third edition, Academic Press, San Diego.
- YANG, J.R. et PICK, F.R. (1996) : Changes in the phytoplankton diatom flora of a large mountain lake in response to fertilization. Journal of Phycology, 32, 232-243.

Tableau 3 : Biomasse relative des espèces les plus abondantes (Léman SHL2, 1999 à 2004).

Table 3 : Relative biomass of the most abundant species (Lake Geneva SHL2, 1999 to 2004).

	1999	2000	2001	2002	2003	2004
CYANOBACTÉRIES						
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	0.01	0.8	*3.6	*2.3	*2.8	0.5
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>				*4.2		*4.5
<i>Planktothrix rubescens</i>	*1.0		*1.7	**10.9	**11.4	*3.6
<i>Oscillatoria limnetica</i>	*1.7	0.2	0.7	*1.6	0.3	*1.0
<i>Pseudanabaena galeata</i>	*2.9	0.3	0.7	0.3	*1.4	0.7
DINOPHYCÉES						
<i>Gymnodinium helveticum</i>	*1.0	0.9	0.3	0.4	*1.0	0.9
<i>Peridinium willei</i>	*2.2		0.3	0.5	*2.2	0.2
<i>Ceratium hirundinella</i>	**16.2	**6.9	*5.7	**10.6	**7.7	**7.9
<i>Woloszynskia pseudopalustre</i>				*1.3		
CRYPTOPHYCÉES						
<i>Cryptomonas</i> sp.p	**6.5	*2.1	0.7	*1.9	*2.4	*2.1
<i>Rhodomonas minuta</i>	*3.4	*4.4	*2.2	*4.7	**6.1	*2.2
<i>Rhodomonas minuta</i> var. <i>nannoplanctonica</i>	*1.4	*1.1	0.3	*1.6	0.5	*1.2
CHRYSOPHYCÉES						
<i>Dinobryon sociale</i>	*1.2	**45.5	*2.0	**7.8	*4.6	0.0
<i>Dinobryon sociale</i> var. <i>stipitatum</i>	1.3	0.0	0.9	0.9	*3.0	*1.5
<i>Dinobryon divergens</i>	0.7	0.9	*2.2	0.1	0.3	*2.5
<i>Erkenia subaquaeclitata</i>	0.3	0.1	0.0	0.9	0.3	*1.2
XANTHOPHYCÉES						
<i>Tribonema</i> sp.	0.1					*4.7
DIATOMÉES						
<i>Aulacoseira islandica</i> subsp. <i>helvetica</i>	0.5	0.7	0.0	0.0	0.3	*1.6
<i>Stephanodiscus neoastreae</i>	*1.7	0.3	0.3	0.3	0.5	0.2
<i>Stephanodiscus alpinus</i>	0.0	1.5	0.1	*1.9	0.0	
<i>Stephanodiscus minutulus</i>	*2.2	*1.5	0.0	*1.2	0.0	0.3
<i>Diatoma tenue</i>	**26.2	*1.5	**25.1	*5.6	**8.1	*4.6
<i>Fragilaria crotonensis</i>	**7.8	**7.3	0.3	**8.0	**13.2	*3.7
<i>Fragilaria ulna</i>	0.3		0.0	*2.2		
<i>Asterionella formosa</i>	*1.8	*1.2	0.2	0.8	0.5	2.2
<i>Synedra acus</i> var. <i>angustissima</i>	*1.1	0.3	0.2	0.1	0.4	
<i>Cyclotella radiosa</i>	0.0	0.0	0.1	0.1	0.3	
<i>Cyclotella cyclopuncta</i>	2.0	0.9	0.7	*1.5	*4.9	*2.5
<i>Tabellaria flocculosa</i>	0.5	**15.3	*4.1			
CHLOROPHYCÉES						
<i>Chlamydomonadaceae</i> sp.p		0.0			*4.2	
<i>Chlamydomonas</i> sp.	*1.4	0.1	0.2	*1.7	*3.0	0.7
Chlorophycées indéterminées	0.0	0.2	0.2	0.8	0.8	*1.1
<i>Coelastrum microporum</i>						*1.0
<i>Eudorina elegans</i>	0.4	0.2		0.0	0.2	*1.0
<i>Oedogonium</i> sp.					**7.2	**10.9
<i>Pseudosphaerocystis lundii</i>		0.1		**13.2	0.1	0.1
<i>Ulothrix</i> spp				*1.8	0.1	0.3
CONJUGUÉES						
<i>Mougeotia gracillima</i>	*1.9	0.2	**44	*5.9	*3.0	**29.0
<i>Staurastrum cingulum</i>	*1.4	*1.0	0.2	0.7		0.2

** : espèces très abondantes (plus de 6 % de la biomasse totale)

* : espèces abondantes (entre 1 et 6 % de la biomasse totale)

