

ÉVOLUTION DU PHYTOPLANCTON DU LÉMAN

CHANGES IN THE PHYTOPLANKTON OF LAKE GENEVA

Campagne 2002

PAR

Jean-Claude DRUART

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

Sophie LAVIGNE et Jean PERFETTA

SERVICE CANTONAL DE L'ÉCOLOGIE DE L'EAU, C.P. 78, CH - 1211 GENÈVE 8

RÉSUMÉ

Au cours de l'année 2002, vingt et un prélèvements de phytoplancton (couche 0-20 m) ont été réalisés dans le Grand Lac et 12 dans le Petit Lac. La biomasse moyenne annuelle, qui avait connu une très grande augmentation en 2001 avec 4'976 mg/m³, a été estimée à 2'747 mg/m³ en 2002, se rapprochant ainsi des valeurs plus habituelles pour le Léman.

Le nombre des taxons a augmenté (de 91 à 119), mais celui des espèces dominantes (9) est resté le même. Parmi ces 9 espèces, 6 étaient déjà présentes en 2001, mais dans des proportions nettement plus faibles.

La tendance observée depuis ces dernières années d'un rapport des biomasses printanières aux biomasses estivales (BP/BE) relativement faible n'apparaît pas en 2002; cela traduit, d'une part, l'augmentation des biomasses printanières (BP) et d'autre part, des biomasses estivales (BE) sans valeurs excessives.

Le pic de la biomasse printanière qui a normalement lieu en avril s'est produit un mois plus tôt en 2002. Cette perturbation d'ordre chronologique va dans le sens de ce qu'a décrit ANNEVILLE et al. (2001) au sujet du modèle saisonnier des successions phytoplanctoniques du Léman.

Enfin, l'année 2002 n'a pas présenté de développement phytoplanctonique estival majeur comme cela a été le cas en 2001.

ABSTRACT

During 2002, 21 phytoplankton samples (0-20 m layer) were taken from the Grand Lac and 12 from the Petit Lac. The mean annual biomass, which had undergone a very marked increase in 2001 to a value of 4'976 mg/m³, was estimated at 2'747 mg/m³ in 2002, which brought it back to the more usual range of values for Lake Geneva.

The number of taxons had increased (from 91 to 119), whereas the number of dominant species (9) remained the same. Six of these 9 dominant species had already been found in 2001, but in much smaller proportions.

The trend that had been observed in recent years towards a relatively low ratio of the springtime biomass to the summer biomass (SPB/SUB) was not found in 2002; this reflected increases in the spring biomass (SPB) and in addition a summer biomass (SUB) with no excessive values.

The Springtime Biomass peak, which normally occurs in April occurred a month earlier in 2002. This chronological shift corresponds to that reported by ANNEVILLE et al. (2001) with regard to the seasonal model of phytoplankton succession in Lake Geneva.

Finally, there was no major phytoplankton bloom in the summer of 2002, whereas there had been in 2001.

1. INTRODUCTION

Comme les années précédentes, l'étude du phytoplancton est réalisée aux stations SHL2 (Grand Lac - coord. CH : 534.70 / 144.95) et GE3 (Petit Lac - coord. CH : 506.10 / 128.04). Elle comprend les analyses de l'évolution qualitative et quantitative des peuplements phytoplanctoniques.

La biomasse chlorophyllienne et la production primaire (LEBOULANGER, 2003), ainsi que l'évolution du zooplancton (BALVAY, 2003) font l'objet de chapitres séparés.

2. MÉTHODES

Le phytoplancton est étudié à partir d'échantillons d'eau intégrés de la couche 0-20 m. Ces prélèvements sont effectués à la station SHL2 avec un appareil intégrateur d'eau brute et à la station GE3 avec un tuyau lesté de 20 m de longueur.

Le choix de la couche 0-20 m est le résultat des études comparatives menées en 2000 et 2001 sur un double échantillonnage 0-10 m et 0-20 m (LAVIGNE et DRUART, 2002).

Les comparaisons interannuelles présentées dans ce rapport concernent donc des profondeurs différentes (0-10 m ou 0-20 m). Toutefois, comme les biomasses phytoplanctoniques sont sensiblement identiques dans les strates 0-10 m et 0-20 m (LAVIGNE et DRUART, *op. cit.*), la comparaison de résultats appartenant à l'une et l'autre couche d'eau est possible.

Dans le Grand Lac, la campagne a comporté 21 prélèvements répartis sur l'année, à raison d'un prélèvement par mois en janvier, février et décembre, et de deux prélèvements par mois entre mars et novembre. Dans le Petit Lac (station GE3), 12 campagnes ont été effectuées, à raison d'un prélèvement par mois.

L'examen qualitatif et quantitatif se fait au microscope inversé, après fixation au lugol et concentration des organismes par sédimentation en chambre d'Utermöhl. La biomasse est calculée par addition des biovolumes cellulaires, et exprimée en poids de matière fraîche par mètre cube d'eau (UTERMÖHL, 1958).

Entre mars et novembre, les valeurs mensuelles pour le Grand Lac (SHL2) sont le résultat de deux prélèvements.

Les moyennes annuelles sont calculées à partir de l'ensemble des prélèvements de l'année.

3. RÉSULTATS

3.1 Le Grand Lac (SHL2)

3.1.1 Variations saisonnières et évolution interannuelle de la biomasse

Comme chaque année, on peut distinguer plusieurs phases dans les variations saisonnières de la biomasse phytoplanctonique. La figure 1 illustre ces variations en termes de biomasse 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).

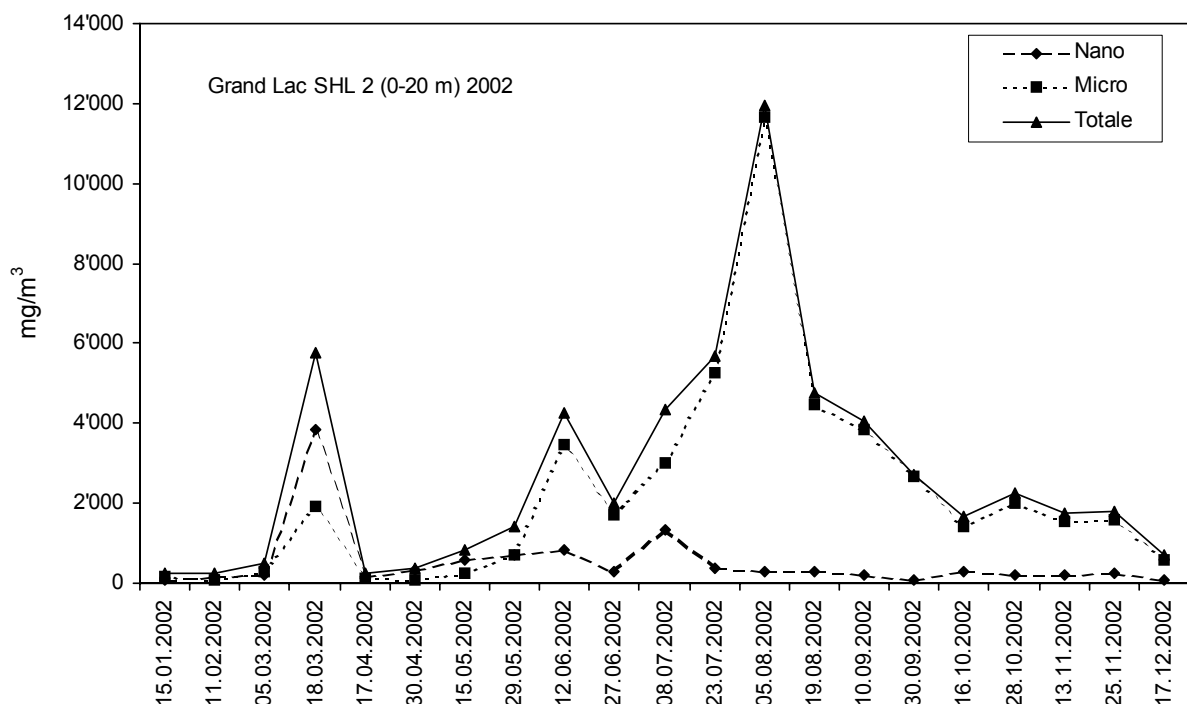


Figure 1 : Variations des biomasses totale, microplanctonique et nanoplanctonique du phytoplancton dans le Grand Lac en 2002

Figure 1 : Changes in the total microplankton and nanoplankton biomass in the phytoplankton in the Grand Lac in 2002

En 2002, la biomasse phytoplanctonique présente trois pics caractérisés les 18 mars, 12 juin et 5 août. Si la biomasse du 18 mars est en grande partie nanoplanctonique, les deux pics suivants sont principalement le fait du microplancton. Le nanoplancton ne présente donc qu'un pic important le 18 mars et un second, nettement moins marqué, le 8 juillet. Avec 18.6 % de moyenne annuelle, la part du nanoplancton est toutefois en augmentation par rapport à l'année précédente (5 %). Le microplancton présente trois pics les 18 mars, 12 juin et 5 août; ce dernier, le plus important, est principalement attribuable à *Pseudosphaerocystis lundii*.

- la **phase hivernale** (de début janvier au 5 mars et décembre 2002) se caractérise par un retour à un plus faible développement algal; en effet, la moyenne pour les trois premiers prélèvements est de 346 mg/m³. En 2001, cette moyenne atteignait plus du triple (1'090 mg/m³). En 2002, la phase hivernale est dominée par trois taxons : *Planktothrix rubescens* (21 %), *Stephanodiscus neoastraea* (17 %) et *Fragilaria crotonensis* (11 %).

En fin d'année (17/12/2002), *Planktothrix rubescens* est toujours l'espèce dominante (21 %), mais avec *Microcystis delicatissima* (17 %) et *Asterionella formosa* (17 %).

- la **phase printanière** (18 mars - 30 avril) est un peu différente de celle des autres années puisque, après le pic du 18 mars, les espèces nanoplanctoniques typiques (*Rhodomonas minuta* et sa variété *nannoplanctica*) ne domineront plus, si ce n'est le 30 avril. On observe à nouveau de faibles biomasses (entre 261 et 815 mg /m³). A noter la disparition quasi totale de *Tabellaria flocculosa* qui constituait depuis novembre 2000 un élément très important du phytoplancton.

Le 18 mars, on observe une brusque augmentation de la biomasse phytoplanctonique avec 5'767 mg/m³, valeur beaucoup plus forte que celle de l'année précédente (490 mg/m³). Ce premier pic annuel est caractérisé par une dominance d'espèces nanoplanctoniques et se traduit par une brusque diminution de la concentration du PO₄ en surface à cette période (20 µgP/L le 5 mars et 0 µgP/L le 18 mars).

- après la **phase des eaux claires**, observée très faiblement le 15 mai (transparence de 5.35 m et biomasse de 815 mg /m³), la **phase estivale** (29 mai - 5 août) est nettement observable dès le 12 juin avec une biomasse de 4'278 mg/m³. Elle est dominée par *Fragilaria crotonensis* (1'491 mg/m³) et *Dinobryon sociale* (748 mg/m³). A noter un pic important le 5 août (11'946 mg/m³) dominé par *Pseudosphaerocystis lundii* (7'375 mg/m³). C'est la première fois que cette espèce montre un tel développement dans le Léman. *Mougeotia gracillima*, *Microcystis delicatissima* et *Ceratium hirundinella*, quant à elles, ont des valeurs se situant entre 1'400 et 1'970 mg/m³.
- la **phase automnale** (19 août - 25 novembre) est caractérisée par un développement important de la cyanobactérie *Planktothrix rubescens*, avec des maxima observés entre le 19 août (1'605 mg/m³) et le 10 septembre (1'536 mg/m³). Sa présence perdurera jusqu'à la fin de l'année. Notons également que *Diatoma tenuis* marque sa présence d'août à la mi-octobre.

Si, en 2001, la petite diatomée centrique *Stephanodiscus minutulus* avait pratiquement disparu de la population algale du Léman, il n'en est pas de même cette année puisqu'elle atteint à nouveau plus de 1.2 % de la biomasse totale annuelle.

Comme l'illustrent le tableau 1 et la figure 2, la biomasse moyenne printanière est légèrement supérieure à celle de l'année précédente. Cette augmentation s'explique par l'importance du pic observé le 18 mars.

Tableau 1 : Biomasses phytoplanctoniques (mg/m³) de 1997 à 2002 (SHL2, 0-10 m et 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 1997 to 2002 (SHL2, 0-10 m and 0-20 m)
BP = from January to the clear water phase; BE = from the clear water phase to December

Année	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Biomasse annuelle moyenne	2'677	2'435	2'015	2'266	4'976	2'747
Biomasse printanière moyenne (BP)	750	769	952	659	967	1'183
Biomasse estivale moyenne (BE)	3'448	3'204	2'395	3'255	6'938	3'530
Rapport BP / BE	22	24	0.40	0.20	0.13	0.34
Biomasse printanière maximale (mois)	1'977 (04)	1'813 (04)	2'703 (04)	2'650 (04)	1'541 (04)	5'767 (03)
Biomasse estivale maximale (mois)	10'347 (09)	9'010 (08)	9'187 (08)	22'258 (08)	26'848 (08)	11'946 (08)

L'année 2001 avait présenté des valeurs hors du commun, avec une biomasse estivale moyenne (BE) atteignant près de 7'000 mg/m³ et une biomasse moyenne annuelle frôlant les 5'000 mg/m³.

En 2002, la biomasse annuelle moyenne, avec 2'747 mg/m³, est revenue à des valeurs plus habituelles pour le Léman, ces valeurs étant normalement comprises entre 2'000 et 2'600 mg/m³. La biomasse estivale moyenne (BE) est de 3'530 mg/m³ et correspond sensiblement à ce qui est enregistré depuis 1996 (exception faite de 2001).

La valeur du rapport de la biomasse printanière à la biomasse estivale (BP/BE) quant à elle, remonte fortement (0.34 contre 0.13 l'année précédente). Le rapport BP/BE 2002 renverse donc la tendance à la baisse de ces deux dernières années.

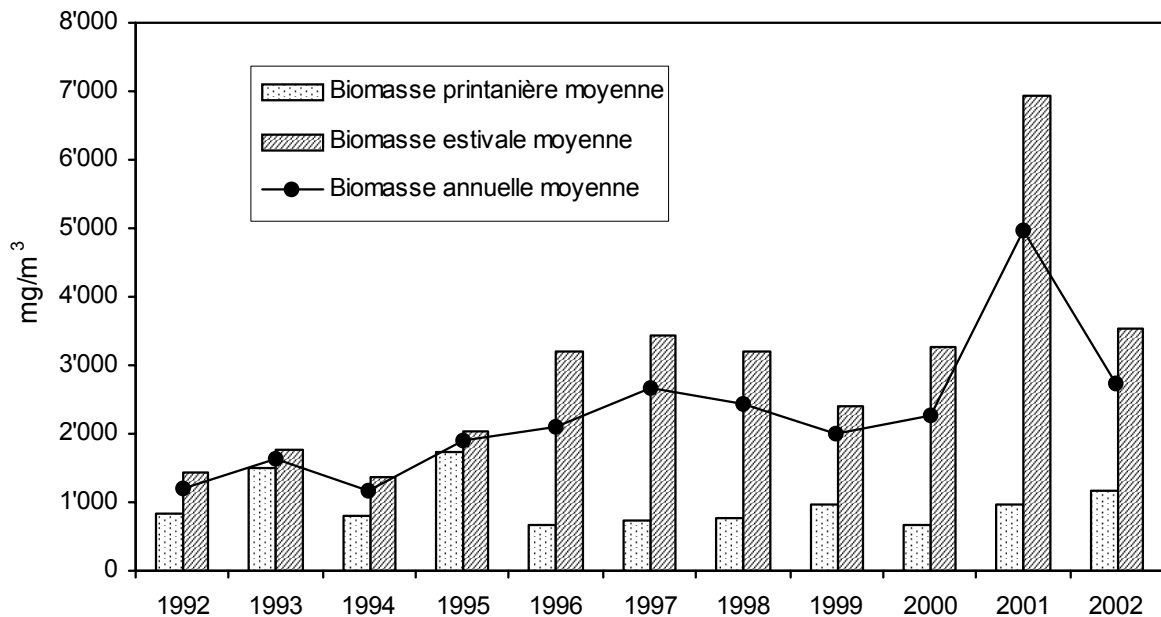


Figure 2 : Évolution des biomasses printanière, estivale et annuelle moyenne dans le Léman (SHL2) de 1992 à 2002

Figure 2 : Change in the Springtime, Summer and Mean Annual Biomass in Lake Geneva (SHL2) from 1992 to 2002

3.1.2 Richesse taxonomique

119 taxons ont été identifiés à la station SHL2 en 2002, soit 28 de plus que l'année précédente (91). C'est surtout le nombre d'espèces du microplancton qui a fortement augmenté.

Douze nouveaux taxons ont été recensés en 2002 (voir planche photo en annexe) :

- quatre cyanobactéries filamenteuses ou coloniales : *Achroonema articulatum*, *Aphanocapsa holsatica*, *Oscillatoria geminata* et un taxon non identifié appartenant au groupe des radiococcées,
- une dinophycée : *Woloszynskia pseudopalustre*,
- deux chrysophycées : *Chrysolykos angulatum* et *Sphaerocea volvox* (cette dernière uniquement à la station GE3),
- quatre chlorophycées : *Dictyosphaerium cf. subsolitarium*, *Monoraphidium convolutum*, *Planktonema lauterbornii*, *Trochiscia planctonica*.

L'évolution de la richesse taxonomique entre 1992 et 2002 est présentée à la figure 3.

Les résultats pour 2002 montrent une inversion de la tendance à la diminution observée entre 1998 et 2001, sans toutefois retrouver les valeurs observées entre 1992 et 1995.

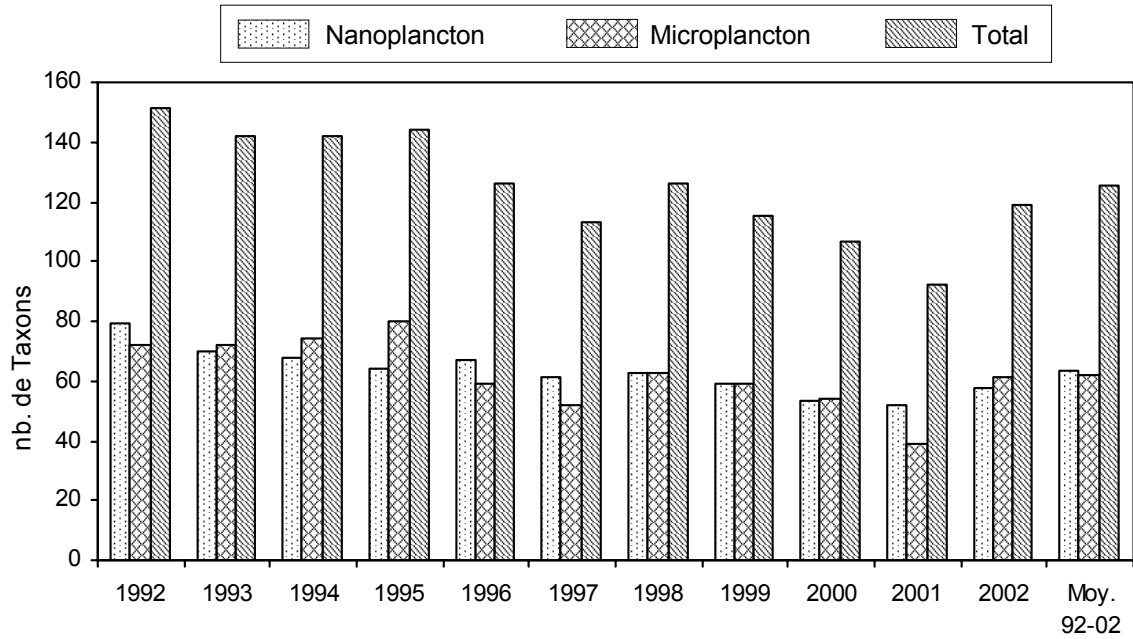


Figure 3 : Nombre de taxons (total, micro- et nanoplancton) observés à la station SHL2 entre 1992 et 2002 et moyennes pour la période

Figure 3 : Number of taxons (total, micro- and nanoplankton) observed at the SHL2 station between 1992 and 2002 and the mean values for the period

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

La répartition des taxons entre les différentes classes d'algues ainsi que leur appartenance au nanoplancton ou au microplancton en 2002 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 2002

Table 2 : Distribution of the number of taxons between total, micro- and nanoplankton in the various algal classes at the SHL2 station in 2002

Classe	Microplancton	Nanoplancton	Total
Cyanobactéries	15	0	15
Dinophycées	5	4	9
Cryptophycées	0	6	6
Chrysophycées	4	5	9
Xanthophycées	0	0	0
Diatomées	13	18	31
Chlorophycées	17	25	42
Conjugées	7	0	7
Total	61	58	119

La figure 4 présente l'évolution des biomasses relatives des deux groupes de taille entre 1992 et 2002. Malgré une augmentation de la part du nanoplancton par rapport à 2001, les proportions de 2002 restent dans la fourchette des valeurs observées depuis 1996.

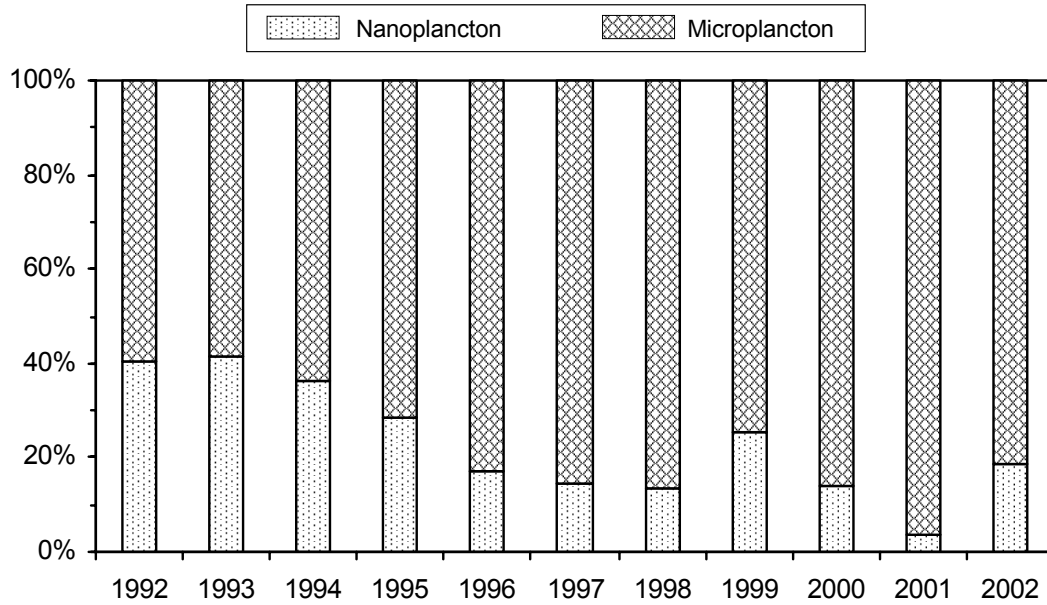


Figure 4 : Biomasses relatives du nano- et du microplancton de 1992 à 2002 à la station SHL2

Figure 4 : Relative biomass of the nano- and microplankton from 1992 to 2002 at the SHL2 station

Le tableau 3 compare les biomasses pour les différentes classes algales en 2001 et 2002.

Tableau 3 : Biomasses moyennes (mg/m³) des différentes classes d'algues en 2001 et 2002 à la station SHL2.

Table 3 : Mean biomass (mg/m³) of the various algal classes in 2001 and 2002 at the SHL2 station.

Classe	2001	2002
Cyanobactéries	302	557
Dinophycées	181	358
Cryptophycées	168	224
Chrysophycées	210	273
Xanthophycées	40	0
Diatomées	1'536	610
Chlorophycées	108	518
Conjugées	2'280	206
Total	4'825	2'746

Sur la base des tableaux 2 et 3, les commentaires suivants peuvent être faits pour les différentes classes :

- **Cyanobactéries** : en 2002, forte augmentation du nombre de taxons microplanctoniques (de huit à quinze) et importante augmentation de la biomasse moyenne (de 302 mg/m³ à 557 mg/m³).
- **Dinophycées** : nombre de taxons stable, mais hausse significative de la biomasse (358 mg/m³ en 2002 contre 181 mg/m³ en 2001).
- **Cryptophycées** : de quatre à six taxons nanoplanctoniques et légère augmentation de la biomasse (de 168 à 224 mg/m³).
- **Chrysophycées** : nombre d'espèces stable (neuf taxons contre huit en 2001), et légère hausse de la biomasse (273 mg/m³ contre 210).
- **Xanthophycées** : groupe en cours de révision; les filaments rencontrés jusqu'à présent, attribués au genre *Tribonema*, pourraient appartenir au genre *Ulothrix* (Chlorophycées).
- **Diatomées** : dix nouveaux taxons (deux microplanctoniques et huit nanoplanctoniques), mais forte chute de la biomasse : 610 mg/m³ contre 1'536 mg/m³ en 2001.
- **Chlorophycées** : 12 nouvelles espèces microplanctoniques, mais 2 espèces nanoplanctoniques en moins; augmentation significative de la biomasse moyenne (518 mg/m³ en 2002 contre 108 mg/m³ en 2001).
- **Conjuguées** : nombre de taxons identique; retour à des biomasses moyennes (206 mg/m³) après une hausse spectaculaire en 2001 (2'280 mg/m³).

La figure 5 montre qu'en 2002, la répartition des biomasses des différentes classes d'algues au sein de la biomasse totale, est significativement différente de celle de l'année précédente.

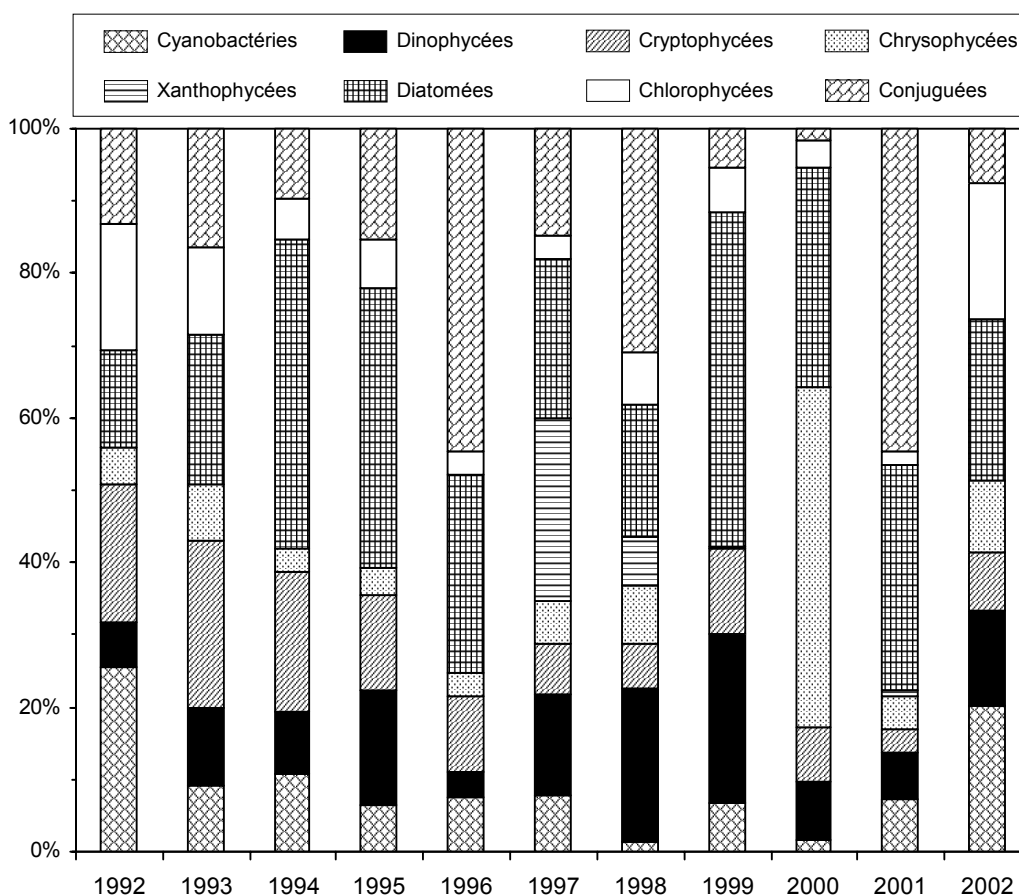


Figure 5 : Biomasses relatives des différentes classes d'algues de 1992 à 2002 à la station SHL2
Figure 5 : Relative biomass of the various algal classes from 1992 to 2002 at the SHL2 station

En 2002, trois classes d'algues dominant avec des valeurs proches : les diatomées (22 %), les cyanobactéries (20 %) et les chlorophycées (19 %). En 2001, ces trois classes représentaient respectivement 31 %, 7 % et 2.1%. A noter la diminution importante des conjuguées, qui passent de 45 % en 2001 à 7.5 % en 2002.

Ces résultats confirment la grande variabilité interannuelle des biomasses relatives, déjà relevée dans les précédents rapports (DRUART *et al.* 2001).

3.1.4 Contribution des principales espèces

En 2002, sur 119 espèces inventoriées, cinq sont considérées comme très abondantes (> 6 % de la biomasse totale annuelle) et constituent plus de 50 % de la biomasse totale (tableau 4).

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

En 2001, les espèces principales étaient également au nombre de 9, mais représentaient 98 % de la biomasse annuelle. Les deux espèces *Mougeotia gracillima* et *Diatoma tenuis* qui, en 2001, occupaient à elles seules 75 % de cette biomasse, ont fortement régressé et ne représentent respectivement plus que 5.9 % et 5.6 % en 2002.

Les espèces principales étaient au nombre de 12 en 2000, et encore plus nombreuses en 1999 (23). L'évolution des espèces dominantes depuis 1996 est présentée en annexe.

Tableau 4 : Biomasse annuelle relative des neuf principaux taxons en 2002 (SHL2, 0-20 m)

Table 4 : Annual relative biomass of the nine dominant taxons in 2002 (SHL2, 0-20 m)

Espèces	%
<i>Pseudosphaerocystis lundii</i>	13.2 %
<i>Planktothrix rubescens</i>	10.9 %
<i>Ceratium hirundinella</i>	10.6 %
<i>Fragilaria crotonensis</i>	8.0 %
<i>Dinobryon sociale</i>	7.8 %
<i>Mougeotia gracillima</i>	5.9 %
<i>Diatoma tenuis</i>	5.6 %
<i>Rhodomonas minuta</i>	4.7 %
<i>Microcystis delicatissima</i>	4.2 %
Total	70.8 %

3.1.5 Succession des espèces

En 2002, on peut relever les éléments suivants au sujet de la succession des espèces principales, présentée dans la figure 6 :

- *Pseudosphaerocystis lundii* est une chlorophycée coloniale gélatineuse présente de longue date dans le Léman. On la retrouve généralement de façon sporadique tout au long de l'année. En 2002, elle montre un très fort développement le 5 août ($7'375 \text{ mg/m}^3$). C'est la première fois que ce phénomène se produit. Les connaissances actuelles ne permettent pas d'apporter d'explication à ce bloom estival.
- *Planktothrix rubescens* (anciennement *Oscillatoria rubescens*), une cyanobactérie filamenteuse typique de milieux eutrophes, montre un développement quasi permanent en 2002 à la station SHL2, avec un léger pic entre le 19 août et le 10 septembre ($1'605$ et $1'530 \text{ mg/m}^3$). Durant la période pré-automnale, elle domine le peuplement algal. Depuis 1997, c'est la première fois qu'elle atteint des valeurs de cette ampleur (cf. annexe).
- *Ceratium hirundinella* préfère des eaux relativement chaudes. Elle est observée à partir de fin mai, augmente jusqu'au cœur de l'été et perdure jusqu'au début de l'hiver (les températures moyennes les plus élevées se situent entre mi-juin et fin novembre). En 2001, elle occupait environ 3.5 % de la biomasse totale relative contre 11 % en 2002.
- *Fragilaria crotonensis* se rencontre généralement au début de l'été, quand les eaux sont pauvres en silice. En 2002, elle se développe très précocement à la fin de l'hiver (18 mars) et succède aux petites diatomées centriques. Un second pic est observé au début de l'été (1491 mg/m^3 le 12 juin).
- *Dinobryon sociale* apparaît le 15 mai et présente un pic ($1'596 \text{ mg/m}^3$) le 5 août, lorsque le phosphore biodisponible est au minimum. Ce comportement s'explique par le caractère mixotrophe de cette espèce (ANNEVILLE *et al.*, 2001).
- *Mougeotia gracillima* et *Diatoma tenuis*, qui avaient produit de grandes biomasses en 2001, ont très fortement régressé en 2002. Elles sont présentes de façon assez régulière avec pour la première, un pic ($1'970 \text{ mg/m}^3$) le 23 juillet et pour la seconde, un pic moins marqué ($1'253 \text{ mg/m}^3$) le 30 septembre.
- *Rhodomonas minuta* atteint une biomasse de $1'721 \text{ mg/m}^3$ le 18 mars. Sinon, elle présente des valeurs modestes en avril et mai.
- Enfin parmi les autres espèces dominantes, il faut noter l'apparition le 27 juin de la cyanobactérie coloniale *Microcystis delicatissima*, qui montre un important développement le 23 juillet ($1'545 \text{ mg/m}^3$).

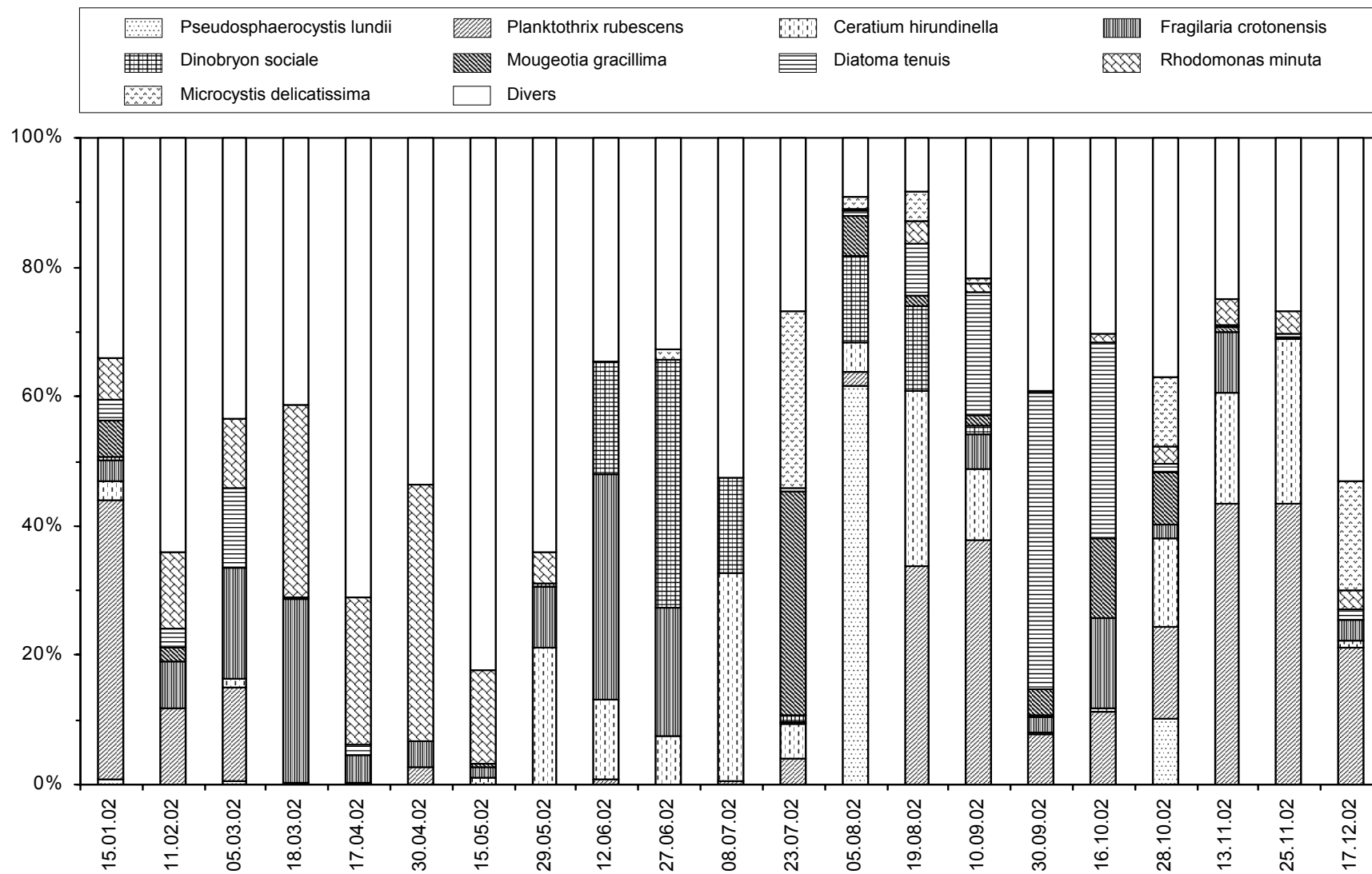


Figure 6 : Biomasses relatives mensuelles des neuf taxons dominants à la station SHL2 en 2002

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

3.2 Le Petit Lac (station GE3)

3.2.1 Biomasses et variations saisonnières

Les biomasses moyenne annuelle et estivale ont, comme dans le Grand Lac, considérablement baissé par rapport à 2001 (tableau 5). En revanche, la biomasse printanière est restée stable et le rapport BP/BE a donc légèrement augmenté.

Le nanoplancton représente 27 % de la biomasse totale en 2002 et a dominé la période printanière. Les principaux taxons sont, par ordre d'importance : *Chlamydomonas* spp.(5.5 %), *Rhodomonas minuta* (5.2 %), *Cryptomonas* spp. (3.1 %) et *Aphanocapsa grevillei* (2.4 %).

Tableau 5 : Biomasses (mg/m³) en 2001 (0-10 m) et 2002 (0-20 m) à la station GE3
BP = de janvier à la phase des eaux claires; BE = de la phase des eaux claires à décembre

Table 5 : Biomass (mg/m³) in 2001 (0-10 m) and 2002 (0-20 m) at the GE3 station
BP = from January to the clear water phase; BE = from the clear water phase to December

Année	2001	2002
Biomasse annuelle moyenne	3'428	1'545
Biomasse printanière moyenne (BP)	993	946
Biomasse estivale moyenne ((BE)	5'186	3'926
BP / BE	0.19	0.24
Biomasse printanière maximum (mois)	1'525 (02)	592 (03)
Biomasse estivale maximum (mois)	21'216 (08)	3'127 (08)
% biomasse moyenne nanoplancton	10	27

Les espèces présentant les plus forts pourcentages de biomasse annuelle appartiennent au microplancton : *Fragilaria crotonensis* (14 %), *Planktothrix rubescens* (12 %) puis *Ceratium hirundinella* et *Micractinium pusillum* avec 7 % .

Les phases saisonnières (figure 7) sont légèrement différentes de ce qui a été observé dans le Grand Lac (figure 1) : le pic enregistré en mars à SHL2 n'apparaît pas de façon aussi marquée. De plus, le très fort développement observé le 5 août dans le Grand Lac se produit de façon beaucoup plus atténuée le 12 août dans le Petit Lac. Enfin, le petit pic du nanoplancton observé en novembre dans le Petit Lac ne se produit pas dans le Grand Lac. Le décalage des observations pourrait expliquer les différences observées entre les 2 stations.

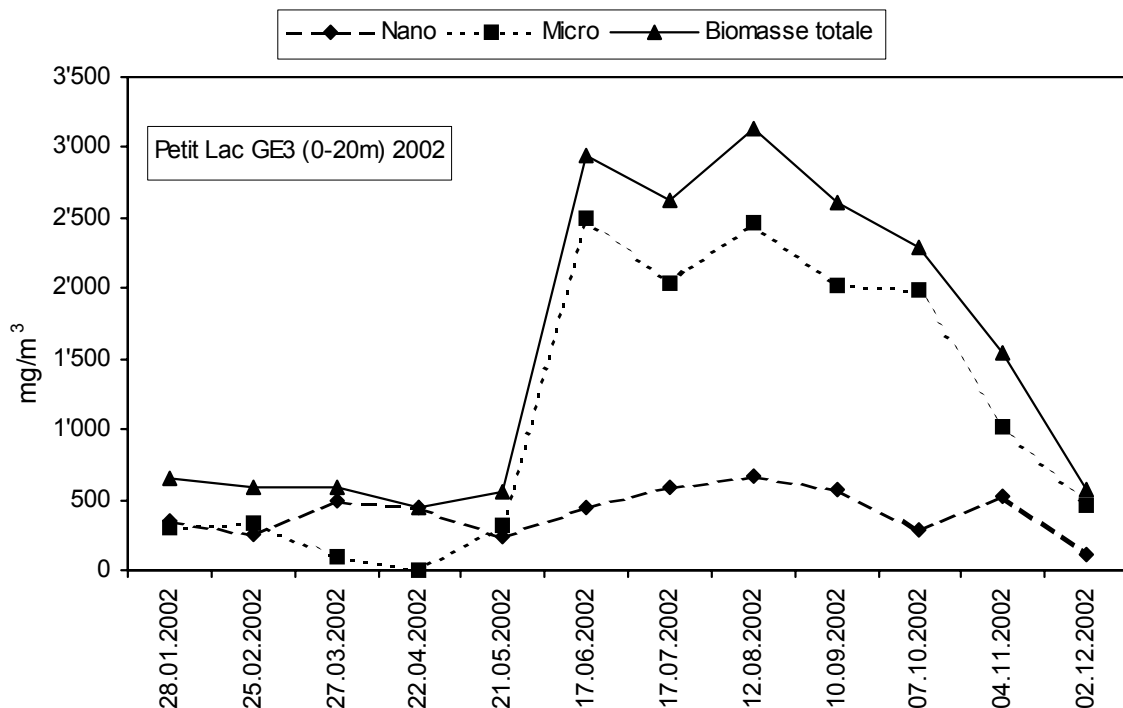


Figure 7 : Variation des biomasses totale, micro- et nanoplanctonique du phytoplancton à la station GE3 en 2002 (0-20 m)

Figure 7 : Changes in the total, micro- and nanoplankton biomass in the phytoplankton at the GE3 station in 2002 (0-20 m)

3.2.2 Richesse taxonomique

Malgré quelques petites différences dans la composition spécifique et dans la chronologie de l'apparition des espèces, les populations phytoplanctoniques du Petit Lac et du Grand Lac sont très semblables en 2002 (tableau 6).

Tableau 6 : Biomasses relatives (%) des différentes classes d'algues dans le Petit Lac (GE3) et dans le Grand Lac (SHL2) en 2002.

Table 6 : Relative biomass (%) of the various algal classes in the Petit Lac (GE3) and in the Grand Lac (SHL2) in 2002

Classe	Petit Lac (GE3)	Grand Lac (SHL2)
Diatomées	27.8	22.2
Cyanobactéries	23.3	20.3
Chlorophycées	19.7	18.9
Dinophycées	9.5	13.0
Cryptophycées	9.3	8.2
Chrysophycées	6.3	9.9
Conjuguées	4.0	7.5

3.2.3 Succession des espèces et variations saisonnières

La comparaison des successions saisonnières entre les deux stations amène les commentaires suivants :

- en début d'année, disparition de *Tabellaria flocculosa* dans le Petit Lac et dans le Grand Lac,
- comme dans le Grand Lac, la **phase printanière** est marquée par une forte biomasse de *Rhodomonas minuta*,
- la **phase des eaux claires** est observée le 21 mai (15 mai à SHL2); le décalage est dû à la différence de dates de prélèvement,
- le début de la **phase estivale** s'observe nettement le 17 juin (12 juin à SHL2) avec une dominance de *Fragilaria crotonensis* et *Dinobryon sociale* dans les deux stations,
- sur l'ensemble de l'été, *Pseudosphaerocystis lundii* n'est pas observée à GE3; en revanche, *Micractinium pusillum* domine en juillet alors que cette espèce est peu représentée dans le Grand Lac. *Chlamydomonas* spp est bien présente de juillet à novembre,
- comme dans le Grand Lac, la **phase automnale** démarre avec *Planktothrix rubescens*, *Diatoma tenuis* et *Aphanothece clathrata*. Sans doute favorisée par des températures relativement élevées pour la saison, *Ceratium hirundinella* affiche des biomasses assez conséquentes jusqu'en novembre,
- enfin, la **phase hivernale** est dominée par *Stephanodiscus neoastraea*, *S. alpinus* et *Planktothrix rubescens* dans les deux stations.

5. CONCLUSIONS

Avec une biomasse annuelle record de 4'976 mg/m³, l'année 2001 avait marqué la vie planctonique du Léman. L'année 2002 a été plus normale, puisque cette même biomasse n'a été que de 2'747 mg/m³, valeur plus habituelle ces dernières années.

L'évolution de la biomasse phytoplanctonique en 2002 est caractérisée par trois pics en mars, juin et août. Le nanoplancton ne joue un rôle prépondérant que lors du pic printanier. Dès le mois d'avril, la biomasse totale est essentiellement constituée de microplancton.

La prolifération exceptionnelle de *Mougeotia gracillima* en automne 2001, qui avait occasionné des nuisances pour les pêcheurs professionnels ne s'est pas reproduite en 2002.

Le comportement de cette espèce, avec des années à fort développement (1977, 1996, 1998 et 2001) et d'autres plus discrètes, est assez représentatif de la grande variabilité interannuelle des biomasses du phytoplancton lémanique.

La richesse spécifique, qui baissait régulièrement depuis 1998, a fortement augmenté en 2002, passant de 91 taxons en 2001 à 119 taxons. Cette augmentation est en partie due à l'apparition de nouvelles espèces de cyanobactéries microplanctoniques.

Des espèces de grande taille ont la particularité d'utiliser de faibles intensités lumineuses. Elles peuvent donc se développer ou effectuer des migrations journalières plus en profondeur, où le phosphore est plus abondant qu'en surface.

Les résultats obtenus en 2002 confirment donc certaines hypothèses formulées par ANNEVILLE *et al.* (2001), notamment l'augmentation des espèces mixotrophes (Dinophycées) et l'absence de réponse de la phytocénose planctonique en raison du niveau trophique encore trop élevé. En revanche, la colonisation de couches plus profondes par les cyanobactéries ne peut être confirmée avec les méthodes de prélèvement actuelles et devrait faire l'objet d'une étude particulière.

Enfin, il apparaît que, bien que le Petit Lac et le Grand Lac présentent de grandes similitudes, leur fonctionnement diffère par l'évolution annuelle des biomasses.

BIBLIOGRAPHIE

- ANNEVILLE, O., ANGELI, N., GINOT, V. et PELLETIER, J-P. (2001) : Ambiguïté sur l'état trophique du Léman : vers un indice fondé sur les associations d'espèces. In : Etat de santé des écosystèmes aquatiques. De nouveaux indicateurs biologiques. CEMAGREF (ed.), France, 153-175.
- ANNEVILLE, O., GINOT, V. et ANGELI, N. (2001) : Evolution de l'état de santé du Léman évalué par l'analyse des séries chronologiques du phytoplancton. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2000, 161-189.
- BALVAY, G. (2003) : Evolution du zooplancton du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2002, 85-96.
- DRUART, J.-C., REVACLIER, R., CAUZZI, N. et LAVIGNE, S. (2001) : Evolution du phytoplancton du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2000, 81-90.
- LAVIGNE, S. et DRUART, J.-C., (2002) : Evolution du phytoplancton du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2001, 71-84.
- LEBOULANGER, C. (2003) : Dynamique de la production phytoplanctonique et de la biomasse chlorophyllienne dans le Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2002, 59-67.
- UTERMÖHL, H. (1958) : Toward the improvement of the quantitative phytoplankton method. Mitteilungen-Internationale Vereinigung für Limnologie, 9 1-38 (In German).

Tableau 7 : Biomasse relative des espèces les plus abondantes (Léman SHL 2, 1997 à 2002)

Table 7 : Relative biomass of the most abundant species (lake Geneva SHL2, 1997 à 2002)

	1997	1998	1999	2000	2001	2002
CYANOBACTÉRIES						
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	0.3	0.1	0.01	0.8	* 3.6	* 2.3
<i>Microcystis delicatissima</i>						* 4.2
<i>Planktothrix rubescens</i>	** 6.6	0.5	* 1.0	0.0	* 1.7	** 10.9
<i>Oscillatoria limnetica</i>	0.2	0.1	* 1.7	0.2	0.7	* 1.6
<i>Pseudanabaena galeata</i>			* 2.9	0.3	0.7	0.3
DINOPHYCÉES						
<i>Gymnodinium helveticum</i>	* 1.0	0.3	* 1.0	0.9	0.3	0.4
<i>Peridinium willei</i>	* 2.2	0.6	* 2.2	0.0	0.3	0.5
<i>Ceratium hirundinella</i>	** 10.1	** 19.5	** 16.2	** 6.9	5.7*	** 10.6
<i>Woloszynskia pseudopalustre</i>						* 1.3
CRYPTOPHYCÉES						
<i>Cryptomonas</i> spp	2.3*	3.0*	6.5**	2.1*	0.7	* 1.9
<i>Rhodomonas minuta</i>	2.7*	1.9*	3.4*	4.4*	2.2*	* 4.7
<i>Rhodomonas minuta</i> var. <i>nannoplanctica</i>	2.2*	1.1*	1.4*	1.1*	0.3	* 1.6
CHRYSOPHYCÉES						
<i>Dinobryon sociale</i>	* 5.4	* 4.9	* 1.2	** 45.5	* 2.0	** 7.8
<i>Dinobryon divergens</i>	3.1	* 3.1	0.7	0.9	* 2.2	0.1
DIATOMÉES						
<i>Stephanodiscus neoastraea</i>	0.2	0.3	* 1.7	0.3	0.3	0.3
<i>Stephanodiscus alpinus</i>						* 1.9
<i>Stephanodiscus minutulus</i>	* 1.7	0	* 2.2	* 1.5	0.0	* 1.2
<i>Diatoma tenuis</i>	** 13.8	** 9.1	** 26.2	* 1.5	** 25.1	* 5.6
<i>Fragilaria crotonensis</i>	* 1.2	* 1.9	** 7.8	** 7.3	0.3	** 8.0
<i>Fragilaria ulna</i>						* 2.2
<i>Asterionella formosa</i>	* 3.2	* 3.4	* 1.8	* 1.2	0.2	0.8
<i>Synedra acus</i> var. <i>angustissima</i>	0.1	0.9	* 1.1	0.3	0.2	0.1
<i>Cyclotella radiosa</i>	0.9	* 1.2	0	0.0	0.1	0.1
<i>Cyclotella cyclopuncta</i>	0	0.4	* 2.0	0.9	0.7	* 1.5
<i>Tabellaria flocculosa</i>	0.5	0.6	0.5	**15.3	* 4.1	0.0
CHLOROPHYCÉES						
<i>Chlamydomonas</i> sp	0.9	* 1.7	* 1.4	0.0	0.2	* 1.7
<i>Pseudosphaerocystis lundii</i>						** 13.2
<i>Ulothrix</i> spp						* 1.8
XANTHOPHYCÉES						
<i>Tribonema ambiguum</i>	** 25.1	** 6.9	0.1	0.0	0.0	
<i>Tribonema cf taetianema</i>				0.0	0.9	
CONJUGUÉES						
<i>Mougeotia gracillima</i>	** 10.3	** 24.4	* 1.9	0.2	** 44.0	* 5.9
<i>Staurastrum cingulum</i>	0.5	* 5.1	* 1.4	* 1.0	0.2	0.7

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

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

