

ÉVOLUTION DU PHYTOPLANCTON DU LÉMAN

Campagne 1999

PAR

Roger REVACLIER

SERVICE CANTONAL D'ÉCOTOXICOLOGIE, CP 78, CH - 1211 GENÈVE 8

Jean-Claude DRUART

STATION D'HYDROBIOLOGIE LACUSTRE (INRA), BP 511, F - 74203 THONON-LES-BAINS Cedex

RÉSUMÉ

En 1999, la biomasse annuelle moyenne (2'015 mg/m³) est en baisse pour la deuxième année consécutive.

Le pic maximum est observé en août avec 9'200 mg/m³ et le pic de printemps est en avril avec 2'700 mg/m³. Sur 115 taxons identifiés dans le Grand Lac, 23 ont dominé la biomasse. La classe d'algue dominante est celle des diatomées (45 %) suivie des dinophycées (23 %).

Depuis 1996, l'évolution de l'état biologique du Léman, indiqué par les biomasses de phytoplancton produites et les espèces présentes, tend à se stabiliser et son état trophique est dans une position proche de celui de la fin des années 60.

*Une fleur d'eau à chrysophycées (*Uroglena apiculata*) a été signalée de fin juillet à début août en différents points de la rive française du Grand Lac, sans atteindre la zone pélagique.*

1. INTRODUCTION

L'étude du phytoplancton est réalisée aux stations SHL 2 et GE 3, comme les années précédentes. Elle comporte l'analyse de l'évolution qualitative et quantitative des peuplements phyto-planctoniques.

Le zooplancton, la chlorophylle et la production primaire, étudiés parallèlement à SHL 2, font l'objet de chapitres séparés (BALVAY, 2000; LÉBOULANGER, 2000).

L'évolution du phytoplancton de ces sept dernières années a montré que l'augmentation de la biomasse phytoplanctonique annuelle moyenne à partir de 1992 avait cessé en 1998, mais sans que cette biomasse diminue de façon très significative. Cette augmentation quantitative du phytoplancton était due à la prolifération en seconde partie d'année d'espèces de grande taille, souvent filamenteuses, non consommées par le zooplancton (DRUART et al., 1999).

Cette évolution de la biomasse peut être mise en parallèle avec le ralentissement de la baisse des concentrations en phosphore dans les eaux du Léman depuis 1995 (BLANC et al., 2000).

Cependant, sur le plan qualitatif la réapparition d'espèces ou de taxons d'algues caractéristiques de milieux oligotrophes et mésotrophes, qui étaient présentes au début de la phase d'eutrophisation du Léman, a conduit à conclure à un retour à des conditions trophiques proches de celles qui prévalaient à la fin des années 60 (ANNEVILLE et al., *in press*).

2. MÉTHODES

Le phytoplancton est étudié à partir d'échantillons d'eau de la couche 0-10 mètres prélevés à la station SHL 2 (Grand Lac) avec un appareil intégrateur d'eau brute et à GE 3 (Petit Lac) avec un tuyau lesté de 10 m de longueur. La campagne 1999 a comporté 19 prélèvements répartis sur l'année à SHL 2 et 12 prélèvements mensuels à GE 3.

L'examen qualitatif et quantitatif est effectué au microscope inversé, après fixation au lugol et concentration des organismes par sédimentation en chambre d'Utermöhl, selon le protocole suivi antérieurement. La biomasse est calculée par addition des biovolumes cellulaires, exprimée en poids de matière fraîche par mètre cube d'eau.

3. RÉSULTATS

3.1 Biomasse

3.1.1 Variations saisonnières de la biomasse

Comme chaque année, on peut distinguer plusieurs phases dans les variations saisonnières du phytoplancton.

Dans le Grand Lac (figure 1) :

- ▶ pendant la phase hivernale la production phytoplanctonique est faible avec une valeur observée de 310 mg/m^3 , valeur inférieure à celle de l'année précédente (380 mg/m^3) mais toujours dans la fourchette des années antérieures (300 à 400 mg/m^3);
- ▶ la phase printanière, prolonge la phase hivernale et se termine le 26 avril avec un pic de $2'700 \text{ mg/m}^3$;
- ▶ pendant la phase qui suit, du 10 mai au 16 juin, la biomasse moyenne est de 407 mg/m^3 avec un minimum de 140 mg/m^3 le 10 mai. Cette phase coïncide avec le début de la période des "eaux claires" pendant laquelle la transparence a atteint 9.3 m (BLANC et al., 2000);
- ▶ la phase dite "estivale" débute le 25 mai (eaux claires) et montre un seul pic le 5 juillet ($7'080 \text{ mg/m}^3$). Puis nous observons une forte régression de cette biomasse avec un maximum le 2 août. Les années précédentes nous observions généralement la présence de deux pics;
- ▶ la phase dite "automnale" se déroule activement dès les mois d'août et septembre et décroît progressivement jusqu'à la fin novembre. Elle est marquée par un pic fin août ($9'190 \text{ mg/m}^3$ dans le Grand Lac), pic un peu plus élevé que celui observé l'année précédente ($9'010 \text{ mg/m}^3$). La biomasse moyenne mesurée au cours de cette période est forte ($4'000 \text{ mg/m}^3$) mais cependant plus réduite que les années antérieures ($6'480 \text{ mg/m}^3$ en 1997 et $4'990 \text{ mg/m}^3$ en 1998);
- ▶ la phase hivernale qui suit est très précoce (25 novembre) avec des valeurs faibles (350 mg/m^3).

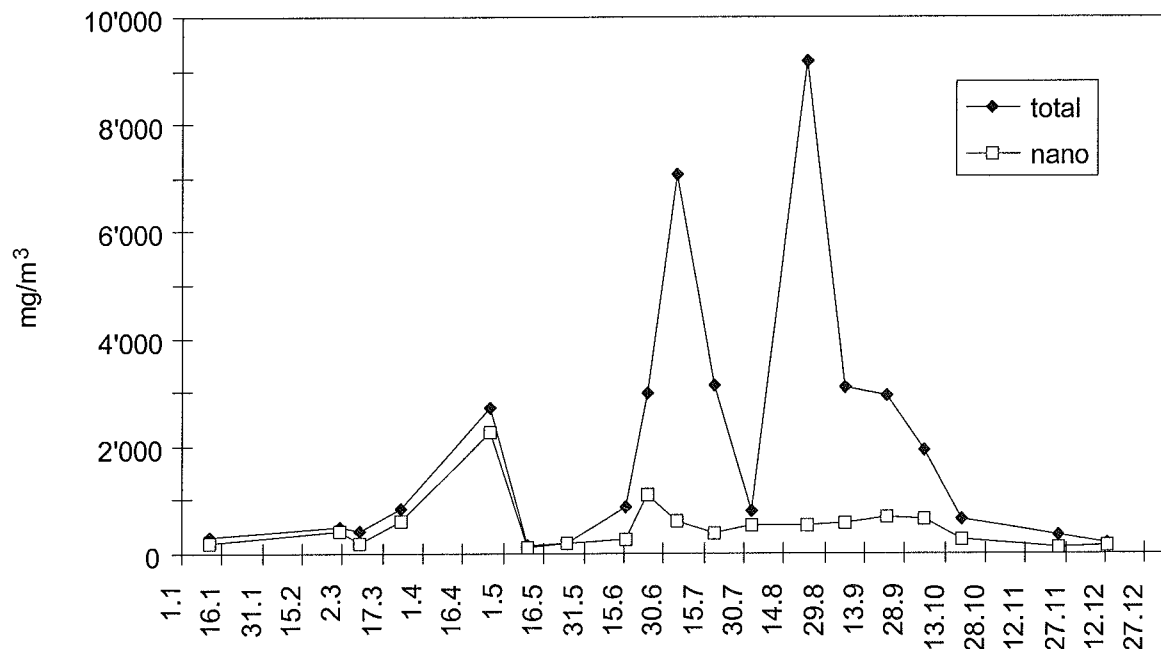


Figure 1 : Variations saisonnières de la biomasse totale du phytoplancton et de la biomasse du nanoplancton (matière fraîche) (Léman, SHL 2, 1999)

Dans le Petit Lac (figure 2) :

- ▶ le pic printanier est observé le 26 avril avec 1'020 mg/m³ (1'090 mg/m³ le 24 avril 1998);
- ▶ la phase des eaux claires est observée le 25 mai, comme dans le Grand Lac, avec une biomasse de 250 mg/m³;
- ▶ la croissance du pic estival débute plus tard en juillet et culmine le 16 août avec une biomasse de 3'020 mg/m³. Ce pic se prolonge jusqu'en octobre (biomasse de 3'080 mg/m³ le 11 octobre), puis il décroît rapidement en novembre et décembre.

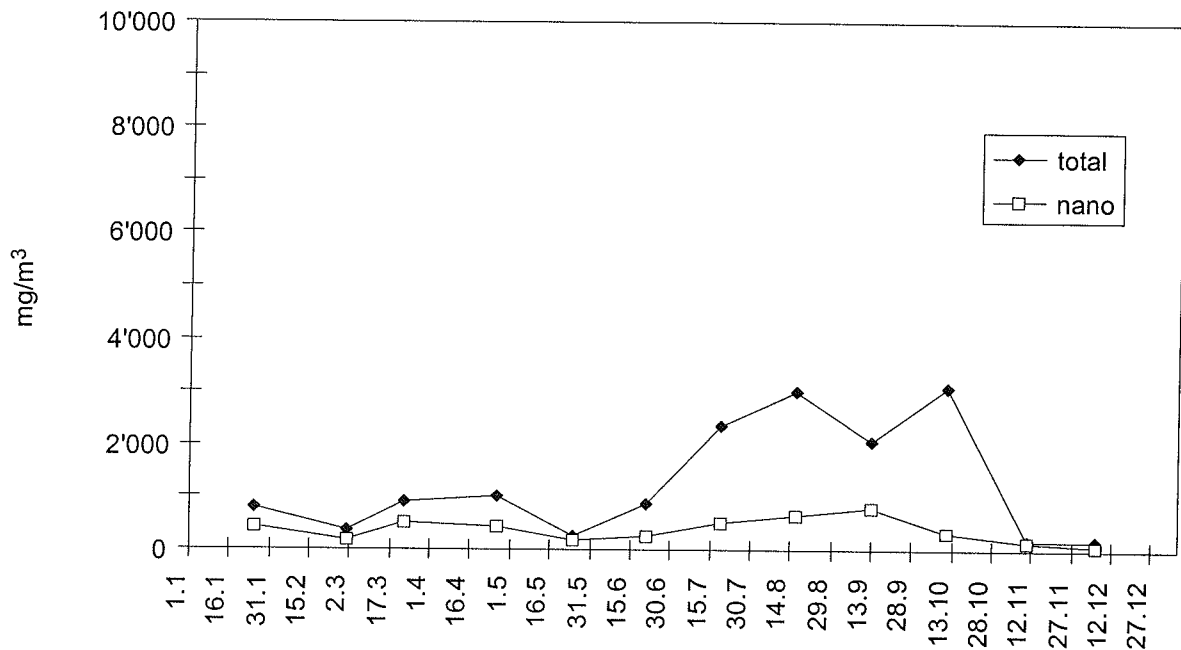


Figure 2 : Variations saisonnières de la biomasse totale du phytoplancton et de la biomasse du nanoplancton (matière fraîche) (Léman, GE 3, 1999)

3.1.2 Evolution annuelle de la biomasse (figure 3 et tableau 1)

Après des valeurs fortes les années précédentes (2'804 mg/m³ en 1997 et 2'435 mg/m³ en 1998), la biomasse annuelle moyenne du phytoplancton a sensiblement baissé cette année (2'015 mg/m³); elle reste néanmoins encore élevée, mais se rapproche de la valeur moyenne des biomasses annuelles enregistrées entre 1991 et 1999 (1'792 mg/m³).

La biomasse moyenne printanière (952 mg/m³), dominée par les algues nanoplanctoniques, est en augmentation (769 mg/m³ en 1998), mais elle est encore relativement faible par rapport à celle enregistrée en 1995 (1'722 mg/m³).

La biomasse estivale moyenne en 1999 (2'395 mg/m³), due aux espèces de grande taille du microplancton, montre des valeurs nettement plus faibles que l'année précédente (3'204 mg/m³). La biomasse estivale maximale (9'190 mg/m³) est légèrement plus forte qu'en 1998 (9'010 mg/m³) mais n'atteint pas la valeur enregistrée en 1997 (10'350 mg/m³).

Cette année, le développement printanier du phytoplancton a été relativement important par rapport à celui se produisant en été et en automne. La valeur du rapport BP/BE (0.40) est plus forte que celle de 1996 à 1998 (figure 3 et tableau 1).

Dans le Petit Lac, la biomasse annuelle moyenne (1'250 mg/m³) est supérieure à celle de 1998 (1'170 mg/m³) et à la moyenne de 1991 à 1999 (950 mg/m³).

TABLEAU 1 - Biomasse annuelle moyenne, biomasses saisonnières et biomasses maximales (mg/m³) à SHL 2 de 1995 à 1999

Année	1995	1996	1997	1998	1999
Biomasse annuelle moyenne	1'897	2'114	2'677	2'435	2'015
Biomasse printanière moyenne (BP)	1'722	676	750	769	952
Biomasse estivale moyenne (BE)	2'018	3'192	3'448	3'204	2'395
BP/BE	0.85	0.21	0.22	0.24	0.40
Biomasse printanière maximale (mois)	4'400 (4)	2'271 (4)	1'977 (4)	1'813 (4)	2'703 (4)
Biomasse estivale maximale (mois)	4'736 (9)	8'978 (9)	10'347(9)	9'010 (8)	9'187 (8)

BP = biomasse moyenne de janvier à la phase des eaux claires
 BE = biomasse moyenne de la phase des eaux claires à décembre
 (..) = mois où le phénomène s'est produit

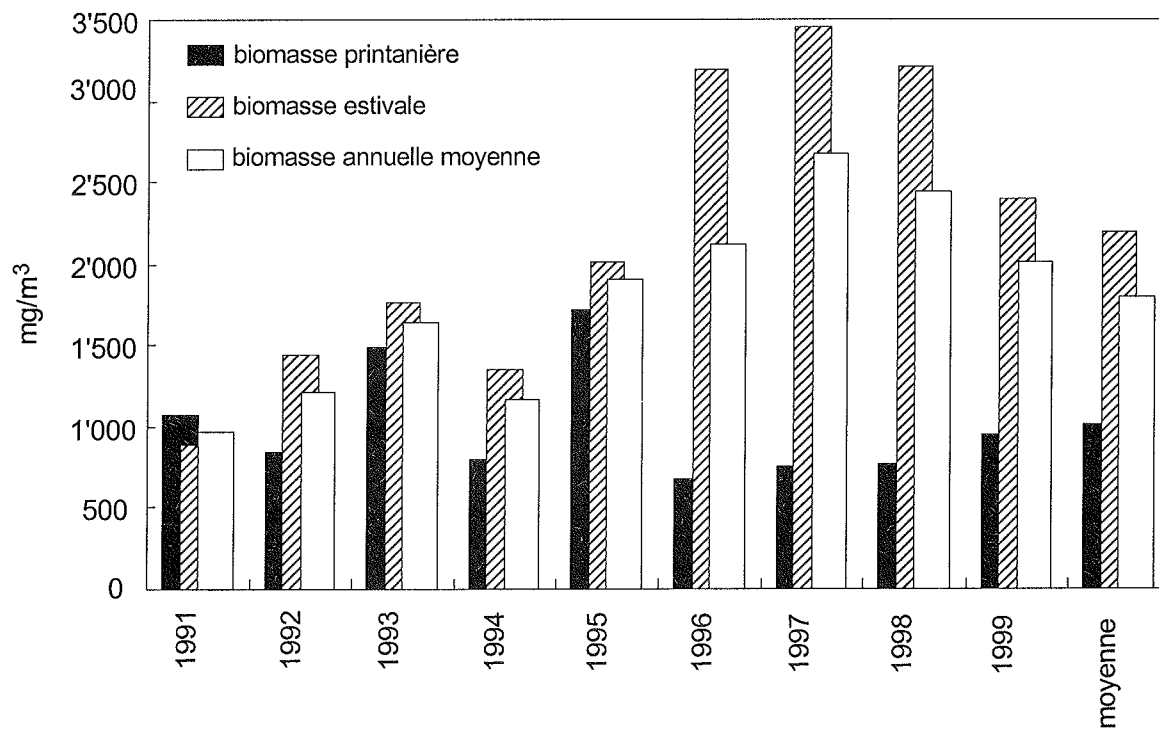


Figure 3 : Evolution des biomasses printanières, estivales et annuelles moyennes de 1991 à 1999 (Léman, SHL 2, 1999)

3.2 Richesse spécifique du phytoplancton

3.2.1 Contribution des classes d'algues et des classes de taille

La répartition du nombre de taxons entre les différentes classes d'algues et leur appartenance au nanophytoplancton (longueur de la cellule ou de la colonie < 50 µm et volume cellulaire < 10'000 µm³) ou au microphytoplancton (dimensions supérieures) figurent dans le tableau 2.

TABLEAU 2 - Nombre de taxons de micro et nanophytoplancton en 1999

	MICRO	NANO	TOTAL
Cyanobactéries	12	1	13
Dinophycées	5	7	12
Cryptophycées	0	5	5
Euglénophycées	0	0	0
Chrysophycées	5	5	10
Xanthophycées	1	0	1
Diatomées	15 (2)*	12 (4)*	27 (6)*
Chlorophycées	12	27	39
Conjuguées	6	2	8
Total 1999	56	59	115

* entre parenthèses = Diatomées centriques

En 1999, 115 taxons ont été identifiés, soit onze unités de moins qu'en 1998 et sensiblement le même nombre qu'en 1997 (tableau 3). Cette diminution affecte aussi bien le nano que le microphytoplancton. Il est à remarquer que cette richesse spécifique du phytoplancton est très variable d'une année à l'autre, mais elle avait nettement augmenté de 1992 à 1995. Les résultats de 1999 semblent confirmer une tendance actuelle à une légère diminution des taxons observés dans le lac.

TABLEAU 3 - Nombre de taxons de micro et de nanophytoplancton durant la période 1991/1999

Année	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Nano	62	79	70	68	64	67	61	63	59
Micro	71	72	72	74	80	59	52	63	56
Total	133	151	142	142	144	126	113	126	115

A l'échelle de l'année, en terme de biomasse (figure 4), ce sont les diatomées qui représentent le plus fort pourcentage (45 %) devant les dinophycées (23 %), les cryptophycées (11 %), les cyanobactéries (6 %), les chlorophycées (6 %), les conjuguées (5 %) et les chrysophycées (4 %). Comme on l'a déjà dit, tout comme la richesse spécifique, les biomasses des différentes classes sont également extrêmement variables. Cette année, si les diatomées dominant, les dinophycées sont stables tandis que les conjuguées sont en forte régression (5 % contre 31 % en 98). Les cyanobactéries reprennent la place qu'elles occupent depuis quelques années (8 % en 97), après une forte régression en 98 (1 %).

Globalement par son profil de répartition des pourcentages annuels des classes, l'année 1999 est proche des années 1994 et 1995.

En moyenne annuelle, avec 27 %, la part du nanophytoplancton double par rapport à 1998 (figure 5); cette proportion est voisine de celle des années 1995 et 1996.

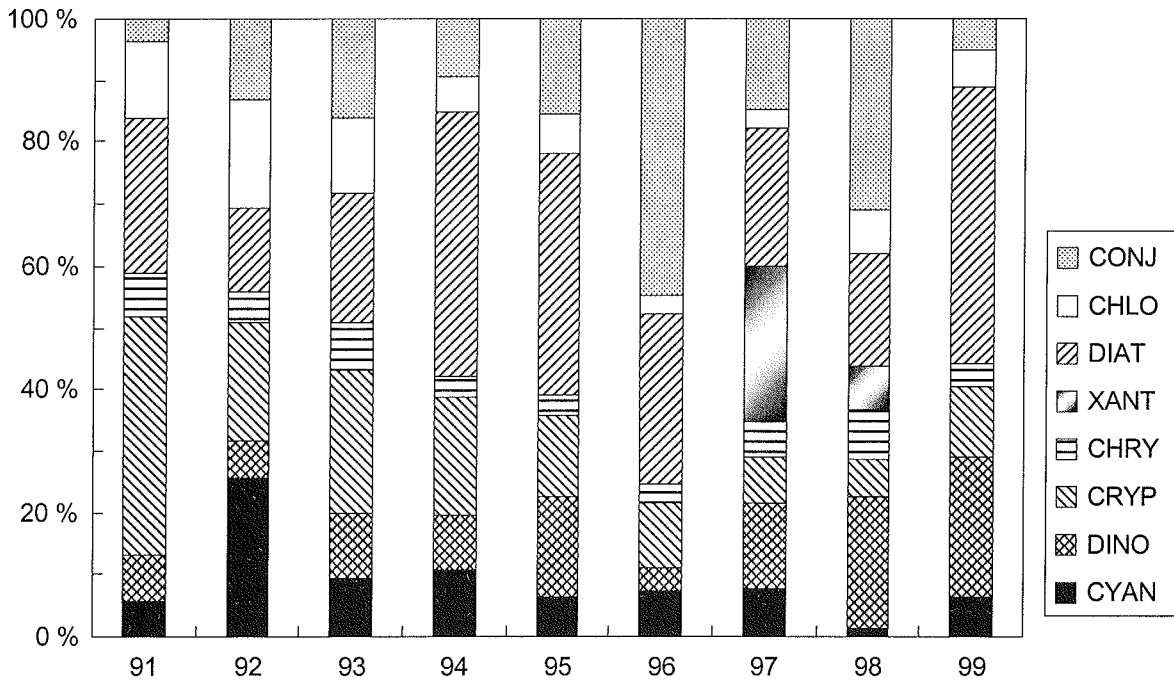


Figure 4 : Evolution des classes d'algues de 1991 à 1999 (Léman, SHL 2, 1999)

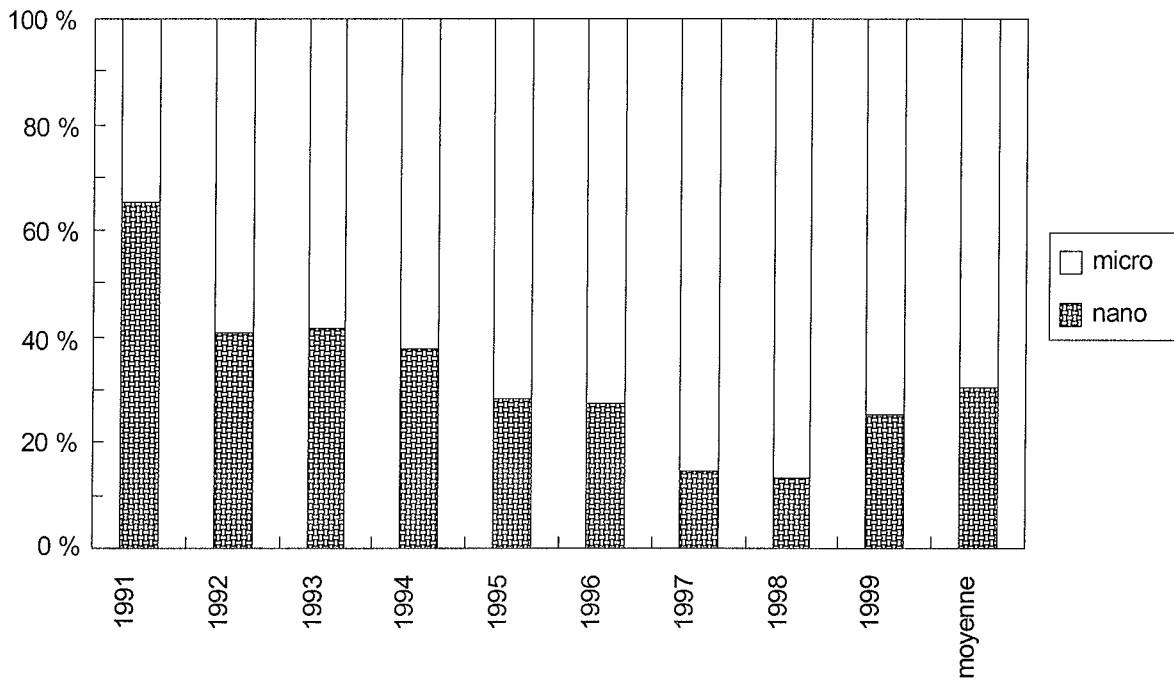


Figure 5 : Evolution de la biomasse relative du nanophytoplankton (nano) et du microphytoplankton (micro) de 1991 à 1999 (Léman, SHL 2, 1999)

3.2.2 Contribution des principales espèces (tableau 4 et planche 1)

En terme de biomasse, sur les 115 taxons inventoriés en 1999, 23 sont abondants à très abondants et représentent globalement 90 % de la biomasse du phytoplancton (seulement 16 espèces en 98) et les 4 espèces majeures représentent 57 % de cette biomasse (*Diatoma elongatum* 26.2 %, *Ceratium hirundinella* 16.2 %, *Fragilaria crotonensis* 7.8 % et *Cryptomonas* spp 6,5 %).

Pour la diatomée pennée *Diatoma elongatum*, après un développement important en 1996 (19.1 % de la biomasse phytoplanctonique totale), elle atteint cette année des valeurs jamais encore enregistrées pour le lac : 26.2 % de la biomasse totale.

3.2.3 Succession des espèces dominantes (figure 6)

En 1999, 12 taxons prennent une grande importance dans l'évolution saisonnière de la biomasse (figure 6) ; sans entrer dans les détails on relèvera les éléments suivants :

- ▶ au début de l'année, les diatomées centriques occupent une place majeure avec *Stephanodiscus neoastraea* unicellulaire et *Aulacoseira islandica* su. *helv.* en filaments;
- ▶ de mars à début mai, des espèces de plus petites tailles prennent le relais; il s'agit à nouveau de diatomées centriques *Stephanodiscus minutulus* + *S. parvus* et *Cyclotella cyclopuncta*, accompagnées de cryptophycées nanoplanctoniques du genre *Rhodomonas*; pour *Cyclotella* le maximum coïncide avec la phase des eaux claires (25 mai);
- ▶ la fin des eaux claires est dominée par les *Cryptomonas* bien présentes jusqu'au début du mois de juillet;
- ▶ progressivement de juin à juillet, la dinophycée *Ceratium hirundinella* devient dominante associée successivement à une conjuguée, *Staurastrum cingulum*, des cryptophycées *Cryptomonas* et enfin à la diatomée *Fragilaria crotonensis*;
- ▶ pendant une dizaine de jours à dater du 27 juillet, on a pu observer dans la partie amont du Grand Lac, particulièrement dans les eaux qui baignent la rive française entre Publier et Meillerie et la côte vaudoise, une fleur d'eau due à la chrysophycée *Uroglena apiculata*. A la même époque, dans les zones pélagiques du Grand Lac et du Petit Lac, seules quelques rares colonies de cette chrysophycée ont été retrouvées et uniquement dans les prélèvements de phytoplancton de filet.

Cette espèce a été découverte dans le Léman et décrite par REVERDIN (1919) sous le nom d'*Uroglenopsis apiculata*. A notre connaissance elle n'a plus été signalée dans le lac depuis (DRUART et al., 1982).

Les cellules flagellées et de couleur brun-jaune de cette algue microscopique sont groupées en colonies mucilagineuses sphériques d'environ 60 µm de diamètre.

L'aspect repoussant et l'extrême turbidité des eaux littorales, provoqués par la prolifération intense de cette algue, a conduit les collectivités locales françaises, par précaution, à prendre des mesures temporaires d'interdiction de la baignade pour les plages atteintes. Cette algue n'étant pas connue comme toxique ou dangereuse pour la santé cette mesure a pu être rapidement levée.

Cette fleur d'eau à chrysophycées est à rapprocher de la fleur d'eau à cyanobactéries (*Aphanothece* sp) qui s'est produite de façon assez comparable dans le Grand Lac en 1998 (DRUART et al., 1999).

- ▶ le 2 août, lors du minimum de biomasse estival, diverses espèces se partagent la biomasse parmi lesquelles on note à nouveau, comme durant la phase des eaux claires, *Cyclotella cyclopuncta*;
- ▶ du 23 août au 19 octobre, *Diatoma elongatum*, diatomée pennée coloniale, domine accompagnée alors par la cyanobactérie *Pseudanabaena galeata*.
Diatoma a produit une biomasse record de près de 7'400 mg/m³ le 23 août soit 80 % de la biomasse à cette date. En troublant et colorant en brun les eaux du Léman, cette diatomée a provoqué ainsi une situation assimilable à un phénomène de fleur d'eau.
- ▶ la fin de l'année ne montre pas de développement majeur et est dominée par *Ceratium hirundinella* et *Cryptomonas* spp.

Remarquons que la desmidiée filamenteuse *Mougeotia gracillima*, perçue comme une nuisance par les pêcheurs et qui avait largement dominé en été 1998 (plus de 50% en août) n'a pas dépassé 15 % le 21 septembre 1999. Une autre algue filamenteuse, la xanthophycée *Tribonema ambiguum* très abondante en 1997, particulièrement en automne (tableau 4), a quasi disparu.

TABLEAU 4 - Biomasse relative des espèces les plus abondantes (Léman SHL 2, 1995 à 1999)

	1995	1996	1997	1998	1999
CYANOBACTÉRIES					
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	0.7	1.1*	0.3	0.1	0.01
<i>Lemmermaniella sp</i>					1.1*
<i>Oscillatoria rubescens</i>	3.3*	2.7*	6.6**	0.5	1.0*
<i>Oscillatoria limnetica</i>	0.3	1.2*	0.2	0.1	1.7*
<i>Pseudanabaena galeata</i>					2.9*
DINOPHYCÉES					
<i>Gymnodinium helveticum</i>	1.1*	1.0*	1.0*	0.3	1.0*
<i>Peridinium willei</i>	1.0*	0.5	2.2*	0.6	2.2*
<i>Peridiniopsis elpatiewskii</i>					2.5*
<i>Ceratium hirundinella</i>	13.3**	2.0*	10.1**	19.5**	16.2**
CRYPTOPHYCÉES					
<i>Cryptomonas spp</i>	4.7*	5.4*	2.3*	3.0*	6.5**
<i>Rhodomonas minuta</i>	5.1*	2.9*	2.7*	1.9*	3.4*
<i>Rhodomonas minuta v. nannoplanctica</i>	3.1*	2.6*	2.2*	1.1*	1.4*
CHRYSOPHYCÉS					
<i>Dinobryon sociale</i>	0.7	1.8*	5.4*	4.9*	1.2*
<i>Dinobryon divergens</i>			3.1	3.1*	0.7
DIATOMÉES					
<i>Aulacoseira islandica subsp. helvetica</i>	5.7**	0.7	0.3	0.1	0.5
<i>Stephanodiscus neoastraea</i>	0.3	0.6	0.2	0.3	1.7*
<i>Stephanodiscus minutulus</i>	3.2*	1.0	1.7*	0.0	2.2*
<i>Diatoma elongatum</i>	8.1**	19.1**	13.8**	9.1**	26.2**
<i>Fragilaria crotonensis</i>	8.7**	3.9*	1.2*	1.9*	7.8**
<i>Asterionella formosa</i>	2.7*	1.1*	3.2*	3.4*	1.8*
<i>Synedra acus v. angustissima</i>	0.8	1.2*	0.1	0.9	1.1*
<i>Cyclotella radiosa</i>	0.3	0.4	0.9	1.2*	0.0
<i>Cyclotella cyclopuncta</i>	4.5*	0.2	0.0	0.4	2.0*
CHLOROPHYCÉES					
<i>Pediastrum boryanum</i>	0.3	0.2	0.3	1.3*	0.3
<i>Chlamydomonas sp</i>	3.9*	0.4	0.9	1.7*	1.4*
<i>Tetraedron minimum</i>					1.3*
XANTHOPHYCÉES					
<i>Tribonema ambiguum</i>		1.0*	25.1**	6.9**	0.1
CONJUGUÉES					
<i>Mougeotia gracillima</i>	8.8**	37.9**	10.3**	24.4**	1.9*
<i>Closterium aciculare</i>	1.6*	1.6*	1.4*	0.0	0.1
<i>Staurastrum cingulum</i>	1.8*	1.3*	0.5	5.1*	1.4*
<i>Staurastrum johnsonii</i>		0.3	0.3	1.2*	0.1

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

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

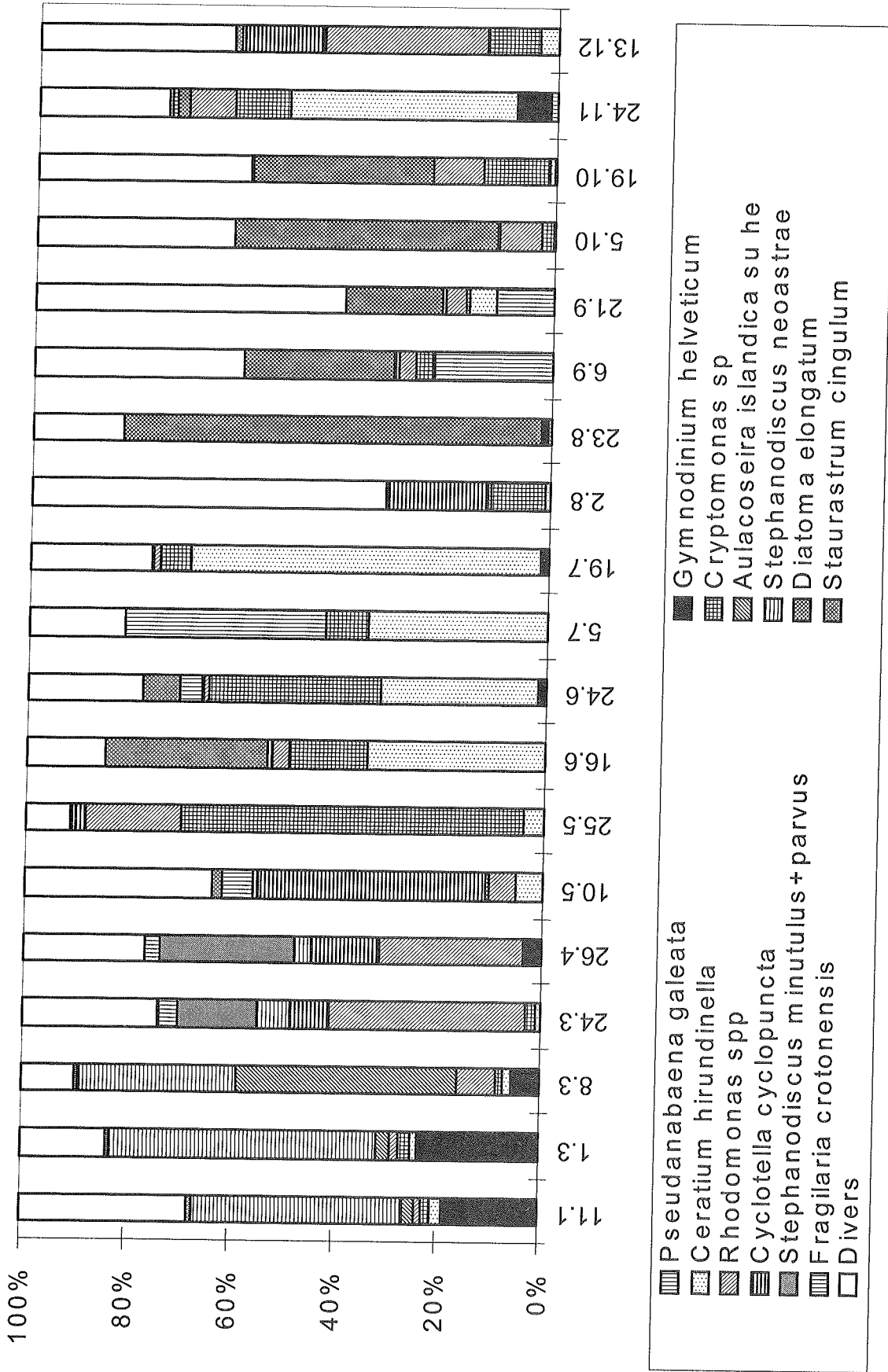


Figure 6 : Succession des taxons dominants de la biomasse du phytoplancton (Léman, SHL 2, 1999)

4. DISCUSSION

La biomasse annuelle moyenne a diminué en 1999 et se retrouve à une valeur proche de celle des années 1995-1996, cette diminution est de 25 % par rapport à 1997. Elle a porté surtout sur la biomasse estivale moyenne (moins 31 % par rapport à 1997). La biomasse printanière moyenne est en augmentation depuis 1997; en 1999 elle est 2.5 fois plus faible que la biomasse estivale, proportion qui se rapproche des valeurs antérieures à 1996 (tableau 1, figure 3). De telles biomasses constituent la part majeure de la charge organique détritique responsable de la consommation rapide de l'oxygène au fond du lac (GANDAIS et VERNET, 1988; BLANC et al., 2000).

L'accroissement depuis 1997 de la prolifération de la dinophycée *Ceratium hirundinella*, volumineuse algue estivale, a cessé en 1999 (474 mg/m³ en 1998 en moyenne annuelle et 326 mg/m³ en 1999). Cette dinophycée est une des seules espèces dont l'évolution dans le Léman a étroitement suivi celle du phosphore (ANNEVILLE et al., *in press*). Selon REYNOLDS (1998), le statut trophique de *Ceratium* est mésotrophique.

La biomasse de fin d'été et d'automne a été largement dominée par les diatomées, surtout par *Diatoma elongatum* dont la biomasse moyenne dépasse celle de *Ceratium hirundinella* avec 528 mg/m³, selon REYNOLDS (1998), le statut trophique du genre *Diatoma* est eutrophique à hyper-eutrophique.

La prolifération automnale d'algues filamenteuses de grande taille en particulier *Mougeotia*, observée régulièrement de 1996 à 1998, ne s'est pas reproduite en 1999.

Les espèces plutôt oligotrophes ou mésotrophes (*Cyclotella spp*, *Dinobryon spp*, *Synedra*, *Asterionella*) (ANNEVILLE et al., *in press*) restent bien présentes mais sans montrer d'accroissement, sauf pour la petite diatomée *Cyclotella cyclopuncta* qui a dominé lors de la phase des eaux claires et du minimum estival; ce taxon est de statut oligotrophique selon REYNOLDS (1998).

5. CONCLUSIONS

La confrontation des observations des quatre dernières années montre que l'évolution de l'état biologique du Léman indiqué par le phytoplancton - biomasses produites et espèces présentes - tend à se stabiliser. La diminution des concentrations en phosphore ayant cessé (BLANC et al., 2000) il est difficile d'espérer une diminution significative des biomasses produites et la disparition de phénomènes temporaires indésirables comme les fleurs d'eau. En effet, si les variations interannuelles quantitatives et qualitatives de la production algale sont modulées par les facteurs physiques (notamment la stabilité thermique) et biotiques (zooplancton, poissons, etc), la valeur maximale de cette production est fixée par le phosphore (ANNEVILLE et al., *in press*). Seule une diminution de ce nutriment permettrait de diminuer cette valeur et d'atteindre un stade d'évolution plus nettement mésotrophe.

Le maintien de la diversité et de la productivité d'espèces oligotrophes et méso-oligotrophes signalé dans la discussion permet de conclure, en citant ici ANNEVILLE et al. (*in press*): "... que malgré l'augmentation de la biomasse globale, l'état trophique du Léman ne s'est pas dégradé ces dernières années et que, sur le plan qualitatif, il se situe dans une position proche de celui de la fin des années 60".

BIBLIOGRAPHIE

- ANNEVILLE, O., ANGELI, N., GINOT, V. et PELLETIER, J.-P. (*in press*) : Ambiguïté sur l'état trophique du Léman : vers un indice fondé sur l'association d'espèces - Les variables biologiques comme indicateurs de l'état de santé des hydrosystèmes. Ed. CEMAGREF, 243 pp.
- BALVAY, G. (2000) : Evolution du zooplancton du Léman Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1999.
- BLANC, P., CORVI, C., KHIM-HEANG, S. et RAPIN, F. (2000) : Evolution physico-chimique des eaux du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1999.
- DRUART, J.-C., PONGRATZ, E., et REVACLIER, R., 1983. Les algues planctoniques du Léman : historique et inventaire. Revue Suisse Hydrol., 45, 2, 430-457.
- DRUART, J.-C., REVACLIER, R., PELLETIER, J.-P. et VANSTEELANT-EL JAY, A. (1999) : Evolution du phytoplancton du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1998, 69-78.
- GANDAIS, V. et VERNET, J.-P. (1988) : Détermination des flux de nutriments sous forme particulaire dans le Léman à l'aide de trappes à sédiments, Campagne 1986 et 1987. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1987, 97-118.
- LEBOULANGER, C. (2000) : Evolution de la production phytoplanctonique dans le Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1999.
- REVERDIN, L. (1919) : Etude phytoplanctonique expérimentale et descriptive des eaux du Lac de Genève. Arch. Sci. phys. nat. Genève, 5/1, 302-345, 369-451.
- REYNOLDS, C.S. (1998) : What factors influence the species composition of the phytoplankton in lakes of different trophic status. Hydrobiologia, 369/370, 11-26.

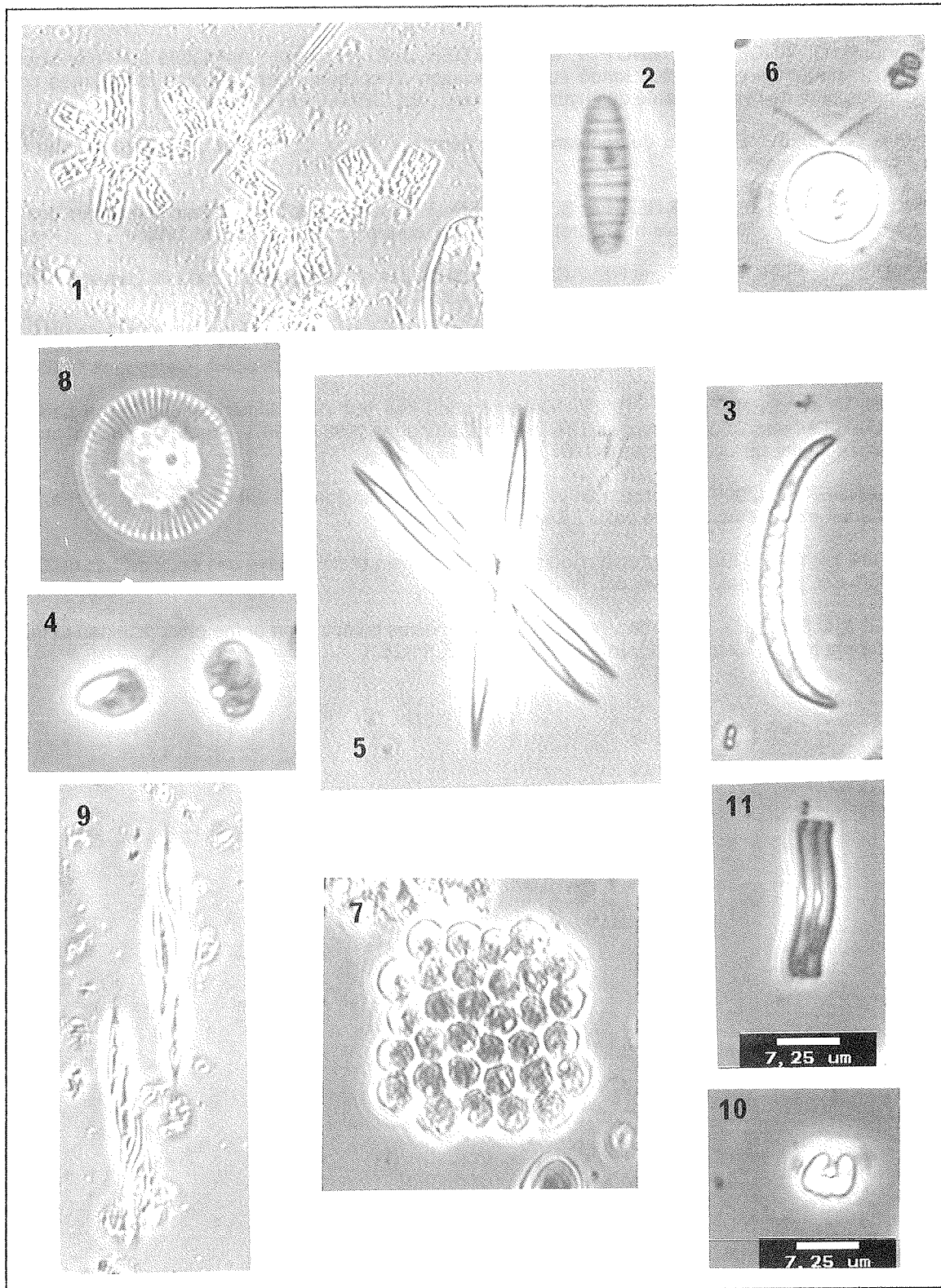


Planche 1 : Quelques taxons phytoplanctoniques rencontrés dans le Léman en 1999

1 : *Tabellaria fenestrata*

2 : *Diatoma monoliferum*

3 : *Korshikoviella cf. limnetica*

4 : *Rhodomonas minuta* var. *nannoplanctica*

5 : *Ankistrodesmus fusiformis*

6 : *Chrysastrella* sp

7 : *Chlamydomonas intermedia*

8 : *Cyclotella cyclopuncta*

9 : *Elakatothrix gelatinosa*

10 : *Erkenia subaequiciliata*

11 : *Achnanthes minutissima*