

# ÉVOLUTION DU PHYTOPLANCTON DU LÉMAN

Campagne 1998

PAR

**Jean-Claude DRUART**

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

**Roger REVACLIER**

SERVICE CANTONAL D'ÉCOTOXICOLOGIE, CH - 1211 GENEVE 8

**Jean Pierre PELLETIER et Aïcha VANSTEELANT-EL JAY**

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

## RÉSUMÉ

*En 1998, 126 taxons ont été identifiés dans le Grand Lac, parmi lesquels 16 ont occupé une place dominante dans la biomasse. Ce groupe d'espèces est très semblable à celui de 1997. La biomasse moyenne annuelle est en baisse par rapport à 1997, mais avec une valeur de 2'435 mg/m<sup>3</sup> elle peut être considérée comme élevée.*

*Cette forte valeur est due à une biomasse moyenne estivale très forte (3'200 mg/m<sup>3</sup>) comparée à la biomasse moyenne printanière (770 mg/m<sup>3</sup>).*

*Une fleur d'eau à cyanobactéries (*Aphanothece* sp) a été signalée en fin d'été en différents points du Léman, sans atteindre de façon significative le centre du Grand Lac.*

## 1. INTRODUCTION

L'étude du phytoplancton est réalisée aux stations SHL2 et GE3, comme les années précédentes. Elle comporte l'analyse de l'évolution qualitative et quantitative des peuplements phytoplanctoniques.

Le zooplancton, la chlorophylle et la production primaire, étudiés parallèlement à SHL2, font l'objet de chapitres séparés.

Sur le plan qualitatif, l'étude du phytoplancton de ces cinq dernières années a montré la réapparition, dans le Léman, d'espèces ou de taxons d'algues caractéristiques de milieux oligotrophes et mésotrophes (diatomées du genre *Cyclotella* en particulier). Elle a montré aussi que plusieurs taxons, abondants dans les années 60 et considérés alors comme les prémisses de l'eutrophisation, étaient présents à nouveau.

Cependant à partir de 1992, l'évolution de la biomasse phytoplanctonique annuelle moyenne n'a plus suivi la baisse des concentrations en phosphore dans les eaux du lac observée dès 1982. Cette augmentation quantitative du phytoplancton est due à la prolifération en seconde partie d'année d'espèces de grandes tailles, souvent filamenteuses, non consommées par le zooplancton (REVACLIER et al., 1998).

Ces observations ont conduit à conclure que l'on assiste à un retour aux conditions physico-chimiques et biologiques qui prévalaient au début de la phase d'eutrophisation du Léman (PELLETIER et al., 1997).

## 2. MÉTHODES

Comme les années précédentes, le phytoplancton est étudié à partir d'échantillons d'eau de la couche 0-10 mètres prélevés à la station SHL2 (Grand Lac) avec un appareil intégrateur et à GE3 (Petit Lac) avec un tuyau lesté de 10 m de longueur. La campagne 1998 a comporté 19 prélèvements répartis sur l'année à SHL2 et 12 prélèvements mensuels, à GE3.

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. RICHESSE SPÉCIFIQUE DU PHYTOPLANCTON

La répartition du nombre de taxons appartenant au nanophytoplancton (longueur de la cellule ou de la colonie < 50 µm et volume cellulaire < 10'000 µm<sup>3</sup>) ou au microphytoplancton (dimensions supérieures) figure dans le tableau 1.

TABLEAU 1 - Nombre de taxons de micro et nanophytoplancton en 1998

	MICRO	NANO	TOTAL
Cyanobactéries	7	1	8
Dinophycées	6	5	11
Cryptophycées	0	5	5
Euglénophycées	0	1	1
Chrysophycées	5	4	9
Xanthophycées	1	0	1
Diatomées*	17(2)	14(4)	31(6)
Chlorophycées	18	30	48
Conjuguées	9	3	12
Total 1998	63	63	126

(\*) = Diatomées centriques

En 1998, 126 taxons ont été identifiés, soit treize unités de plus qu'en 1997. Cette augmentation 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 diminué de 1995 à 1997 alors que les biomasses augmentaient (tableaux 2 et 3). Les résultats de 1998 indiquent plutôt une stabilisation.

TABLEAU 2 - Nombre de taxons de micro et de nanophytoplancton durant la période 1990/1998

Année	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Nano	72	62	79	70	68	64	67	61	63
Micro	66	71	72	72	74	80	59	52	63
Total	138	133	151	142	142	144	126	113	126

En 1998, deux nouveaux taxons ont été rencontrés dans le Léman : un kyste de chrysophycée non identifiable en l'état et une petite chlorophycée : *Tetraedron minimum* var. *scrobiculatum* observé aussi dans le Petit Lac.

TABLEAU 3 - Biomasse relative des espèces les plus abondantes (Léman SHL 2, 1994 à 1998)

	1994	1995	1996	1997	1998
<b>CYANOBACTÉRIES</b>					
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	1.3*	0.7	1.1*	0.3	0.1
<i>Oscillatoria rubescens</i>	4.5*	3.3*	2.7*	6.6**	0.5
<i>Oscillatoria limnetica</i>	1.0*	0.3	1.2*	0.2	0.1
<b>DINOPHYCÉES</b>					
<i>Gymnodinium helveticum</i>	1.1*	1.1*	1.0*	1.0*	0.3
<i>Peridinium willei</i>	1.6*	1.0*	0.5	2.2*	0.6
<i>Ceratium hirundinella</i>	6.0**	13.3**	2.0*	10.1**	19.5**
<b>CRYPTOPHYCÉES</b>					
<i>Cryptomonas spp</i>	10.9**	4.7*	5.4*	2.3*	3.0*
<i>Rhodomonas minuta</i>	6.2**	5.1*	2.9*	2.7*	1.9*
<i>Rhodomonas minuta v. nannoplanctica</i>	3.4*	3.1*	2.6*	2.2*	1.1*
<b>CHRYSOPHYCÉES</b>					
<i>Dinobryon sociale</i>	2.1*	0.7	1.8*	5.4*	4.9*
<i>Dinobryon divergens</i>				3.1	3.1*
<b>DIATOMÉES</b>					
<i>Aulacoseira islandica subsp. helvetica</i>	1.0*	5.7**	0.7	0.3	0.1
<i>Stephanodiscus neoastraea</i>	5.0*	0.3	0.6	0.2	0.3
<i>Stephanodiscus minutulus</i>	0.5	3.2*	1.0	1.7*	0.0
<i>Diatoma elongatum</i>	14.3**	8.1**	19.1**	13.8**	9.1**
<i>Fragilaria crotonensis</i>	3.1*	8.7**	3.9*	1.2*	1.9*
<i>Asterionella formosa</i>	3.1*	2.7*	1.1*	3.2*	3.4*
<i>Synedra acus v. angustissima</i>	6.5**	0.8	1.2*	0.1	0.9
<i>Cyclotella radiosa</i>	2.3*	0.3	0.4	0.9	1.2*
<i>Cyclotella cyclopuncta</i>	1.3*	4.5*	0.2	0.0	0.4
<i>Stephanodiscus alpinus</i>	2.3*	0.2	0.0	0.4	
<i>Tabellaria fenestrata</i>				0.5	0.6
<b>CHLOROPHYCÉES</b>					
<i>Pediastrum boryanum</i>	0.7	0.3	0.2	0.3	1.3*
<i>Chlamydomonas sp</i>	1.0*	3.9*	0.4	0.9	1.7*
<b>XANTHOPHYCÉES</b>					
<i>Tribonema ambiguum</i>			1.0*	25.1**	6.9**
<b>CONJUGUÉES</b>					
<i>Mougeotia gracillima</i>	1.9*	8.8**	37.9**	10.3**	24.4**
<i>Closterium aciculare</i>	1.8*	1.6*	1.6*	1.4*	0.0
<i>Staurastrum cingulum</i>	1.4*	1.8*	1.3*	0.5	5.1*
<i>Staurastrum johnsonii</i>	2.7*		0.3	0.3	1.2*

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

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

#### 4. VARIATIONS SAISONNIÈRES DE LA BIOMASSE

Comme chaque année, on peut distinguer plusieurs phases dans les variations saisonnières du phytoplancton (figures 1 et 2) :

- ▶ la phase hivernale à faible production phytoplanctonique avec une valeur observée de  $378 \text{ mg/m}^3$ , valeur en augmentation par rapport à l'année précédente ( $267 \text{ mg/m}^3$ ),
- ▶ la phase printanière démarre début mars et se termine le 20 avril avec un pic de  $1'813 \text{ mg/m}^3$ , composé essentiellement de la diatomée pennée coloniale *Asterionella formosa*. Contrairement aux années précédentes, les espèces nanophytoplanctoniques sont peu présentes durant les mois de mars et avril. Dans le Petit Lac, le pic printanier est observé le 24 avril avec  $1'090 \text{ mg/m}^3$ ,
- ▶ le déroulement de la phase estivale suit le même schéma qu'en 1997. Elle débute tôt et montre deux pics de valeurs très différentes, le premier le 20 mai, plus élevé qu'en 1997 ( $2'210 \text{ mg/m}^3$ ) et le second le 6 juillet ( $7'600 \text{ mg/m}^3$ ), tous deux dominés par des espèces microphytoplanctoniques très différentes (*Tribonema ambiguum* en mai et *Ceratium hirundinella*, *Staurastrum cingulum* et *Dinobryon sociale* var. *stipitatum* en juillet).

Cette évolution n'a pas été observée dans le Petit Lac. La croissance du pic estival débute plus tard en juillet avec *Ceratium* et culmine le 10 août avec une biomasse de  $3'575 \text{ mg/m}^3$ , six fois plus élevée qu'en 1997, due à *Mougeotia*. Ce pic se prolonge jusqu'en septembre (biomasse de  $2'630 \text{ mg/m}^3$  le 7 septembre), puis il décroît graduellement jusqu'en décembre (figure 2),

- ▶ la phase automnale se déroule activement durant les mois d'août et septembre et décroît progressivement jusqu'à la fin novembre. Cette décroissance est plus rapide qu'en 1997, ce qui a conduit à une biomasse moyenne annuelle plus faible qu'en 1997. Elle est marquée par un pic fin août ( $9'010 \text{ mg/m}^3$  dans le Grand Lac), pic un peu moins important que l'année précédente ( $10'330 \text{ mg/m}^3$ ). La biomasse moyenne observée au cours de cette période est forte ( $4'990 \text{ mg/m}^3$ ) mais également plus réduite qu'en 1997 ( $6'480 \text{ mg/m}^3$ ). Les espèces qui se développent au cours de cette phase sont soit filamenteuses (*Mougeotia gracillima* et *Tribonema ambiguum*) soit de grande taille (*Ceratium hirundinella* et *Diatoma elongatum*). Il faut noter qu'à la fin du mois de septembre, la part des espèces microphytoplanctoniques (*Cryptomonas spp* et *Rhodomonas spp*) est relativement élevée (près de 49% de la biomasse algale totale).

D'août à octobre dans le Petit Lac, la cyanobactérie *Aphanothece clathrata* var. *rosea* a proliféré de façon spectaculaire (30 % de la biomasse le 5 octobre). Cette espèce se présente sous forme de colonies microscopiques plus ou moins sphériques qui regroupent des cellules très petites, teintées de rose et dispersées dans une masse mucilagineuse incolore et translucide. Cette espèce était déjà connue dans le Léman.

Des quantités très élevées de cette algue formant fleur d'eau ont été signalées dans toute la zone littorale du Léman où elle venait se déposer en amas rosâtres et gluants.

Curieusement, leur abondance était faible au centre du Grand Lac (SHL 2) dans la couche 0-10 m de profondeur. A cette station, elles étaient abondantes dans les prélèvements effectués au filet à plancton qui échantillonne la colonne d'eau selon un trait vertical de 50 m à la surface. Cette observation laisse penser que la cyanobactérie était plus abondante en dessous de 10 m. A la même époque on note une forte prolifération d'espèces nanoplanctoniques (*Rhodomonas spp* en particulier) assez inhabituelles à cette saison. La transparence a chuté à 2.3 m au centre du Grand Lac (29 septembre) et la concentration en chlorophylle a dans la couche 0-10 m a atteint alors son maximum annuel avec  $121 \text{ mg/m}^3$  (PELLETIER et al., 1999),

- ▶ la phase hivernale qui suit est très précoce (25 novembre) avec des valeurs faibles ( $320 \text{ g/m}^3$ ).

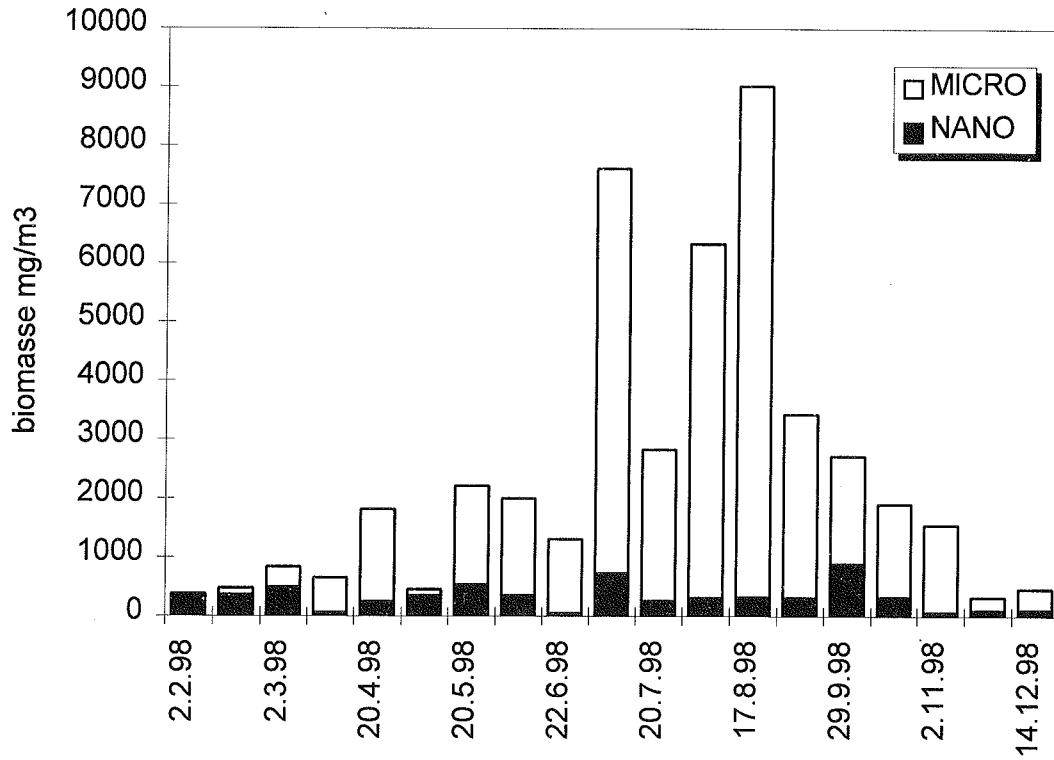


Figure 1 : Variations saisonnières de la biomasse du phytoplancton (matière fraîche) par classes de taille (Léman, SHL 2, 1998)

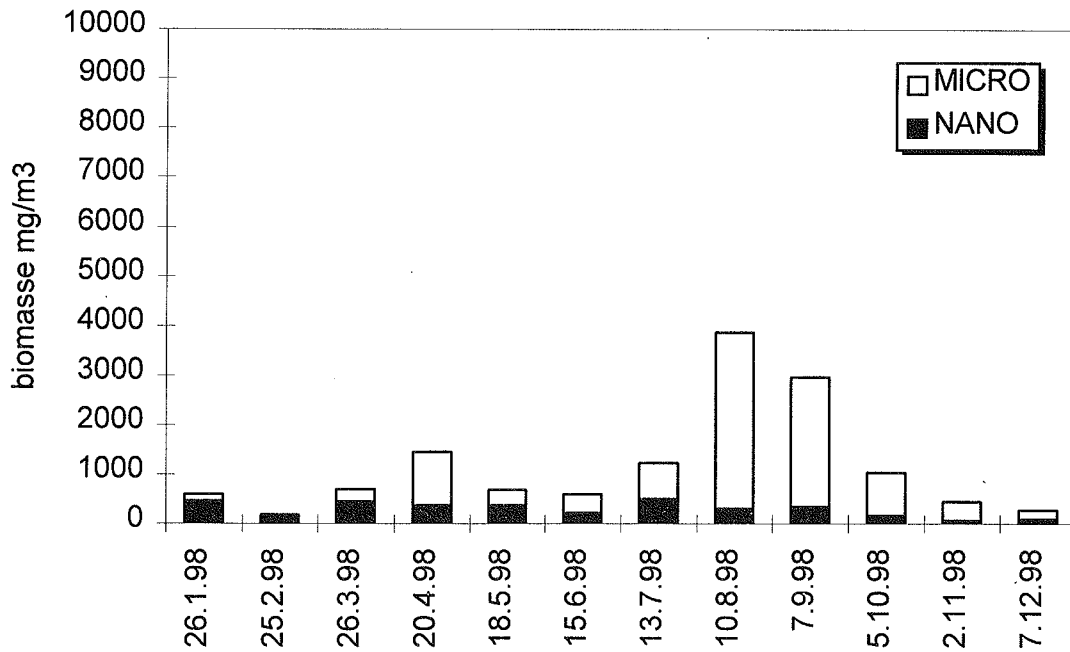


Figure 2 : Variations saisonnières de la biomasse du phytoplancton (matière fraîche) par classes de taille (Léman, GE 3, 1998)

## 5. BIOMASSE ET SUCCESSION DES PRINCIPAUX TAXONS A L'ÉCHELLE ANNUELLE

### 5.1 Contribution des classes d'algues (figure 3)

En 1998, la biomasse maximale printanière est dominée par la diatomée pennée *Asterionella formosa* (86 % de la biomasse). Les petites espèces habituelles (*Stephanodiscus minutulus* et *Rhodomonas minuta* et sa var. *nannoplanctica*) sont en très forte régression par rapport à l'année 1997 et ne sont plus qu'accompagnantes alors qu'elles étaient dominantes certaines années. Le mois de mai voit un premier développement important de la filamenteuse *Tribonema ambiguum* suivi au cours de l'été et de l'automne par des poussées de la dinophycée *Ceratium hirundinella*, des conjuguées *Mougeotia gracillima* et *Staurastrum cingulum* et de la chrysophycée coloniale *Dinobryon sociale* var. *stipitatum*.

A l'échelle de l'année, ce sont les conjuguées qui représentent le plus fort pourcentage de la biomasse (31 %) devant les dinophycées (21 %), les diatomées (18 %), les chrysophycées (8 %), les xanthophycées, les chlorophycées (7 %), les cryptophycées (6 %) et les cyanobactéries (1 %). Comme on l'a déjà dit, tout comme la richesse spécifique, les biomasses des différentes classes sont également extrêmement variables. Cette année, si les conjuguées dominent, les dinophycées sont en forte progression alors que les cyanobactéries régressent fortement (1 % contre 8 % en 1997).

En moyenne annuelle, avec 13.4%, la part du nanophytoplancton diminue encore (14.5 % en 1997) (figure 1).

Ces pourcentages ne reflètent pas totalement la réalité puisqu'il semble que les cyanobactéries ont occupé une place importante dans le phytoplancton en fin d'été, mais qu'elles n'ont été observées qu'en faible nombre à la station SHL2 en raison des prélèvements limités à la tranche 0-10 m.

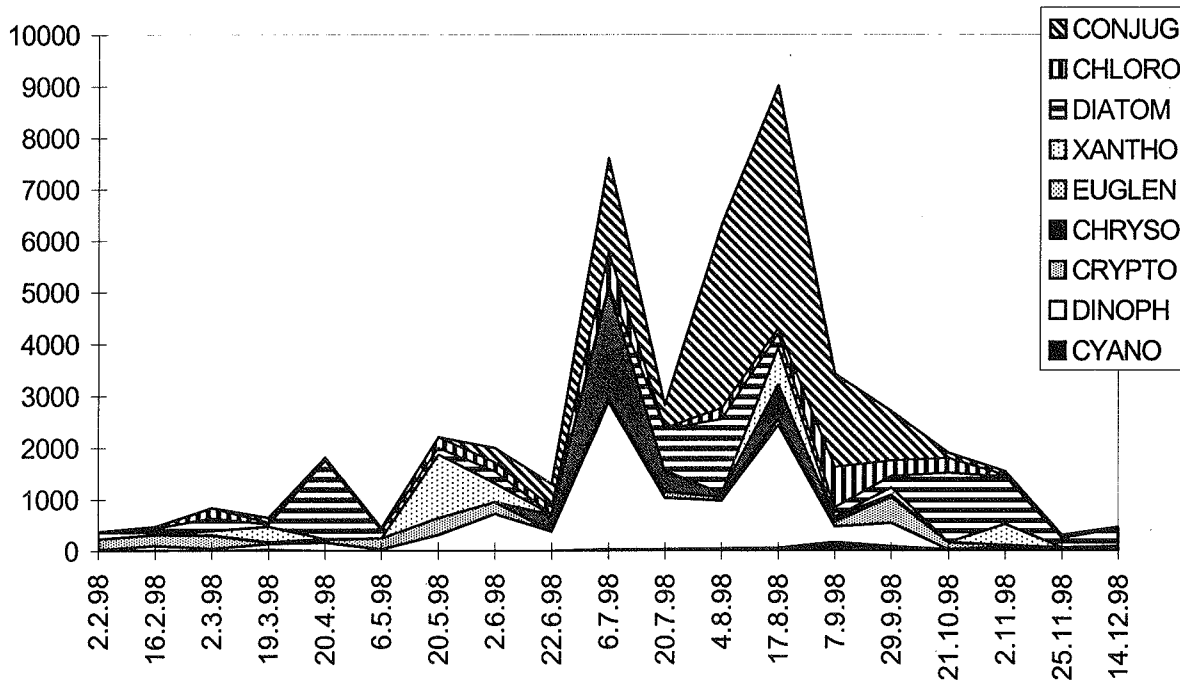


Figure 3 : Variations saisonnières de la biomasse du phytoplancton (matière fraîche) par classes d'algues (Léman, SHL 2, 1998)

## 5.2 Contribution des principales espèces (tableau 3 et planche 1)

Sur les 126 taxons inventoriés en 1998, 16 sont abondants à très abondants et représentent globalement 90 % de la biomasse du phytoplancton et les 4 espèces majeures représentent 60 % de cette biomasse (*Mougeotia gracillima* 24.4 %, *Ceratium hirundinella* 19.5 %, *Diatoma elongatum* 9.1 % et *Tribonema ambiguum* 6.9 %). Comme nous l'avons déjà signalé précédemment (REVAULIER et al., 1998), ces espèces varient fortement d'une année à l'autre.

## 5.3 Succession des espèces dominantes

En 1998, 10 taxons prennent une grande importance dans la biomasse (figure 4). Sans entrer dans les détails, on relèvera les éléments suivants :

- au début de l'année, des espèces de petite taille occupent une place majeure dans la biomasse; il s'agit des petites cryptophycées nanoplanctoniques *Rhodomonas* spp accompagnées de la petite diatomée centrique *Cyclotella radiosa*, de mars à mai, la xanthophycée filamenteuse *Tribonema ambiguum* prend une certaine importance; en avril la diatomée *Asterionella formosa* est dominante, au début du mois de juillet, les chrysophycées avec trois taxons de *Dinobryon* prennent une place importante,
- de la fin du mois de juillet à la fin de septembre, *Mougeotia gracillima*, conjuguée filamenteuse, domine puis elle est supplantée par la diatomée *Diatoma elongatum*,
- la fin de l'année est caractérisée par les diatomées, en particulier *Asterionella formosa* et *Tabellaria fenestrata*.

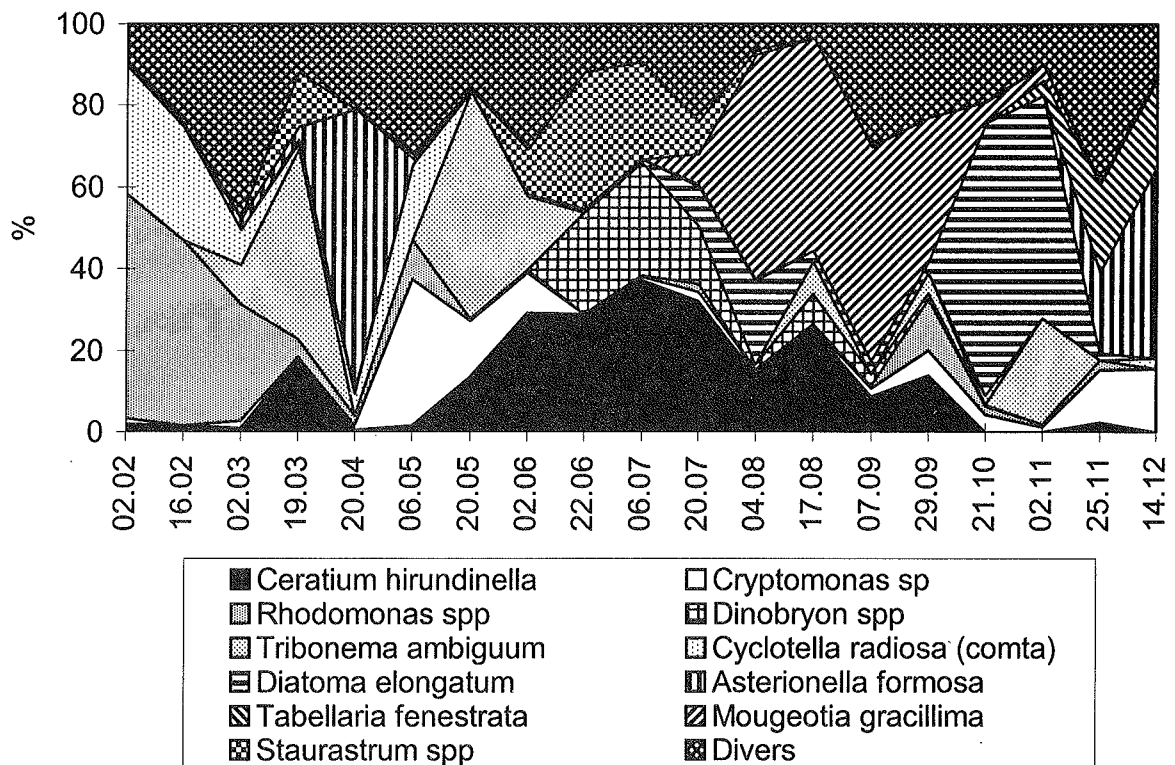


Figure 4 : Succession des taxons dominants de la biomasse du phytoplancton (Léman, SHL 2, 1998)

## 6. ÉVOLUTION ANNUELLE DE LA BIOMASSE (tableau 4)

Après une valeur très forte en 1997 (2'804 mg/m<sup>3</sup>), la biomasse annuelle moyenne du phytoplancton a sensiblement baissé cette année (2'435 mg/m<sup>3</sup>). De 1993 à 1998, la valeur moyenne des biomasses annuelles est de 1'990 mg/m<sup>3</sup>; la valeur de 1998 reste encore à un niveau élevé.

La biomasse moyenne printanière (769 mg/m<sup>3</sup>) est également en légère régression (804 mg/m<sup>3</sup> en 1997). Ce phénomène de faible biomasse printanière que l'on constate depuis quelques années est essentiellement lié à la diminution régulière chaque année de la biomasse des espèces nanophytoplanctoniques.

La biomasse estivale moyenne en 1998 (3'204 mg/m<sup>3</sup>), due à des espèces de grande taille, montre des valeurs plus faibles que l'année précédente. La biomasse estivale maximale (9'010 mg/m<sup>3</sup>) est également plus faible qu'en 1997 (10'347 mg/m<sup>3</sup>).

La valeur du rapport BP/BE (0.24) est comparable à celle de 1997 (0.22) et montre une fois encore la très forte variation depuis 1996 entre le développement printanier du phytoplancton et celui se produisant en été et en automne (tableau 4).

Dans le Petit Lac, la biomasse annuelle moyenne (1'170 mg/m<sup>3</sup>) est nettement supérieure à celle de 1997 (580 mg/m<sup>3</sup>) et à la moyenne de 1993 à 1998 (964 mg/m<sup>3</sup>).

TABLEAU 4 - Biomasse annuelle moyenne, biomasses saisonnières et biomasses maximales (mg/m<sup>3</sup>) à SHL 2 de 1993 à 1998

Année	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Biomasse annuelle moyenne	1'646	1'168	1'897	2'114	2'677	2'435
Biomasse printanière moyenne (BP)	1'489	799	1'722	676	750	769
Biomasse estivale moyenne (BE)	1'760	1'353	2'018	3'192	3'448	3'204
BP/BE	0.85	0.59	0.85	0.21	0.22	0.24
Biomasse printanière maximale (mois)	3'316 (4)	2'139 (4)	4'400 (4)	2'271 (4)	1'977 (4)	1'813 (4)
Biomasse estivale maximale (mois)	3'685 (7)	3'213 (8)	4'736 (9)	8'978 (9)	10'347 (9)	9'018 (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



## 7. CONCLUSIONS

Les observations de l'année 1998 confirment les conclusions du rapport précédent (REVACLIÉ et al., 1998) qui peuvent être résumées comme suit :

- ▶ prolifération automnale prépondérante d'algues filamenteuses de grande taille, non consommées par le zooplancton,
- ▶ production primaire relativement basse.

Quelques faits laissent supposer que cette phase de l'évolution du Léman s'achève. En effet, la biomasse annuelle moyenne est en diminution par rapport à 1997, interrompant ainsi sa croissance continue observée depuis 1995 (1'500 mg/m<sup>3</sup> d'augmentation cumulée entre 1994 et 1998), le groupe des espèces dominantes n'a pas changé et le rapport BP/BE reste relativement stable depuis trois ans.

En 1998, par rapport à 1997, les variations saisonnières de la biomasse suivent une évolution différente avec un pic estival précoce (6 juillet). Les biomasses les plus élevées sont observées avant le mois de septembre alors qu'en 1997 elles apparaissaient postérieurement. En 1997, la biomasse restait élevée et chutait brutalement durant le mois de novembre alors qu'en 1998 cette diminution a été beaucoup plus graduelle.

Depuis 1996, *Ceratium hirundinella* a accru progressivement sa dominance dans le phytoplancton estival : plus de 10 % des biomasses phytoplanctoniques de mai à septembre. Cette situation était caractéristique durant les années 1968 à 1985 (ANNEVILLE et PELLETIER, à paraître).

*Tribonema ambiguum* a été abondant à dominant surtout au printemps alors qu'en 1997 son abondance était maximum en fin d'automne.

La fleur d'eau à *Aphanothece clathrata* de la fin de l'été, même si elle semble n'avoir eu que peu d'influence sur la biomasse et la production primaire dans le Grand Lac, constitue un phénomène particulier capable d'entraîner des nuisances locales surtout sur les rives et les fonds du lac.

Un tel événement traduit bien la complexité de l'évolution d'un milieu comme le Léman, évolution en grande partie non prédictible.

## BIBLIOGRAPHIE

- ANNEVILLE, O. et PELLETIER, J.P. (à paraître) : Vers une amélioration de la qualité des eaux du Léman ? Evolution comparées d'indices trophiques. Colloque de Nyon (1998): Le Léman du temps de Forel à aujourd'hui.
- PELLETIER, J.P. (1998) : Evolution de la production phytoplanctonique dans le Léman. Rapp. Comm. Int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1997, 67-74.
- PELLETIER, J.P. et LÉBOULANGER, C. (1999) : Evolution de la production phytoplanctonique dans le Léman. Rapp. Comm. Int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1998.
- REVACLIÉ, R., DRUART, J-C. et PELLETIER, J.P. (1998) : Evolution du phytoplancton du Léman. Rapp. Comm. Int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1997, 75-84.

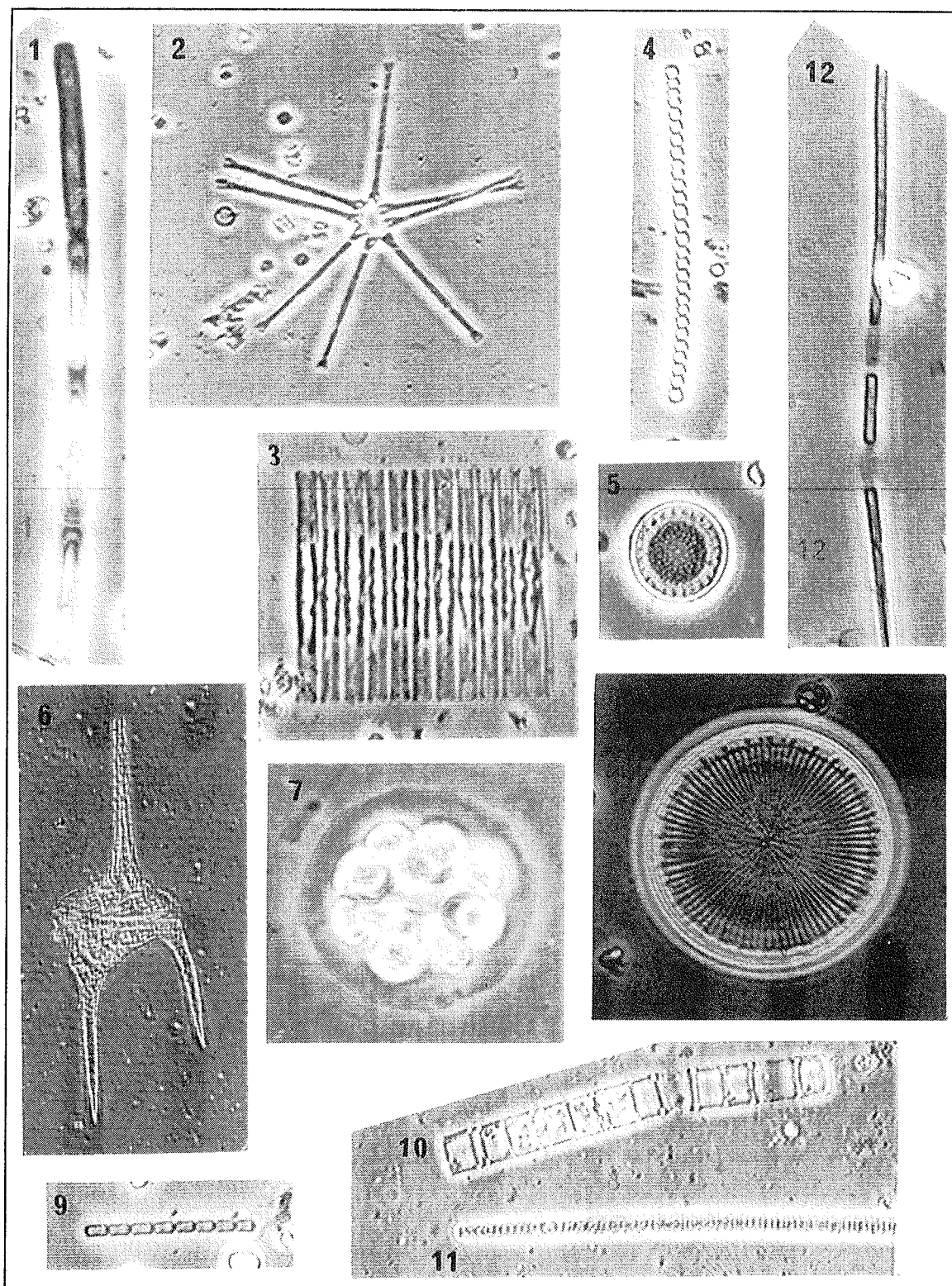


Planche 1 : Quelques taxons phytoplanctoniques rencontrés dans le Léman en 1998 : 1 : *Tribonema ambiguum* ; 2 : *Asterionella formosa* ; 3 : *Fragilaria crotonensis* ; 4 : *Pseudanabaena catenata* ; 5 : *Cyclotella radiosa* ; 6 : *Ceratium hirundinella* ; 7 : *Eudorina elegans* ; 8 : *Stephanodiscus neoastraea* ; 9 : *Pseudanabaena galeata* ; 10 : *Aulacoseira islandica* subsp *helvetica* ; 11 : *Oscillatoria rubescens* ; 12.: *Lyngbya limnetica* f. *granulifera*.