

ÉVOLUTION DU PHYTOPLANCTON DU LÉMAN

Campagne 1997

PAR

Roger REVACLIER

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

Jean-Claude DRUART et Jean Pierre PELLETIER

INSTITUT DE LIMNOLOGIE (INRA), BP 511, F - 74203 THONON-LES-BAINS

RÉSUMÉ

*En 1997, la biomasse annuelle moyenne du phytoplancton ($2'800 \text{ mg/m}^3$) est en augmentation de 33 % par rapport à 1996. Comme l'année précédente, cette biomasse élevée est due à la prolifération automnale d'algues filamenteuses non consommées par le zooplancton. La xanthophycée *Tribonema*, dont la réimplantation dans le Léman avait été observée en 1995, est devenue dominante en automne 1997. Comme en 1996, la biomasse printanière est restée faible (804 mg/m^3).*

La part du nanophytoplancton dans la biomasse annuelle moyenne est la plus faible depuis 1988 (15 %).

Les biomasses mesurées dans le Petit Lac, en particulier en automne, sont beaucoup plus faibles que dans le Grand Lac, bien que la composition spécifique du phytoplancton soit très similaire.

1. 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 1997 a comporté 21 prélèvements répartis sur l'année, à SHL2, et 12 prélèvements mensuels, à GE3. L'échantillon de la mi-avril prélevé à SHL2 n'a pas été intégré dans la série de résultats présentés, car l'examen quantitatif a été biaisé par suite d'un incident technique.

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 cumul des biovolumes cellulaires et exprimée en poids de matière fraîche par mètre cube d'eau.

2. 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^3) ou au microphytoplancton (dimensions supérieures) figure dans le tableau 1.

TABLEAU 1 - Nombre de taxons de micro- et nanophytoplancton en 1997

	MICRO	NANO	NBRE TOTAL
Cyanophycées	9	2	11
Dinophycées	4	6	10
Cryptophycées	0	4	4
Chrysophycées	4	3	7
Xanthophycées	1	0	1
Diatomées *	11 (3)	22 (7)	33 (10)
Chlorophycées	14	23	37
Conjuguées	9	1	10
Total 1997	52	61	113

* entre parenthèses () : Diatomées centriques

En 1997, 113 taxons ont été identifiés, soit treize unités de moins qu'en 1996. Cette régression affecte aussi bien le nano- que le microphytoplancton. La richesse spécifique du phytoplancton est l'une des plus faibles enregistrées ces dernières années. Elle n'est pas concomitante avec l'amélioration de la qualité chimique des eaux du lac. Elle varie même de façon inverse. Ce phénomène a déjà été signalé dans les rapports précédents.

En 1997, cinq nouveaux taxons ont été rencontrés dans la Léman : la petite cyanobactérie *Synechococcus elongatus*, un péridinien (*Gymnodinium cf mitratum*) et deux diatomées (*Cymbella delicatula* et *Tabellaria flocculosa*).

3. 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 biomasse phytoplanctonique avec une valeur observée de 267 mg/m^3 , valeur assez forte pour la saison et proche de celle de 1995 (280 mg/m^3),
- la phase printanière démarre plus rapidement que les années précédentes (mi-mars) et se termine début avril avec un pic de 1'980 mg/m^3 composé essentiellement d'espèces nanoplanctoniques. Les autres années, cette phase était beaucoup plus longue et se prolongeait jusqu'à la fin mai. Dans le Petit Lac, le pic printanier est observé mi-mars avec une biomasse de 1'160 mg/m^3 ,
- la phase des eaux claires qui suit est bien marquée cette année (457 mg/m^3 à la mi-mai à SHL2 et 135 mg/m^3 fin mai dans le Petit Lac),
- la phase estivale commence tôt cette année (fin mai) et montre deux pics assez semblables, le premier début juin (2'440 mg/m^3) et le second début juillet (2'430 mg/m^3), tous deux dominés par les espèces microphytoplanctoniques.

Dans le Petit Lac, le pic estival est beaucoup plus modeste avec 600 mg/m^3 à la mi-juillet,

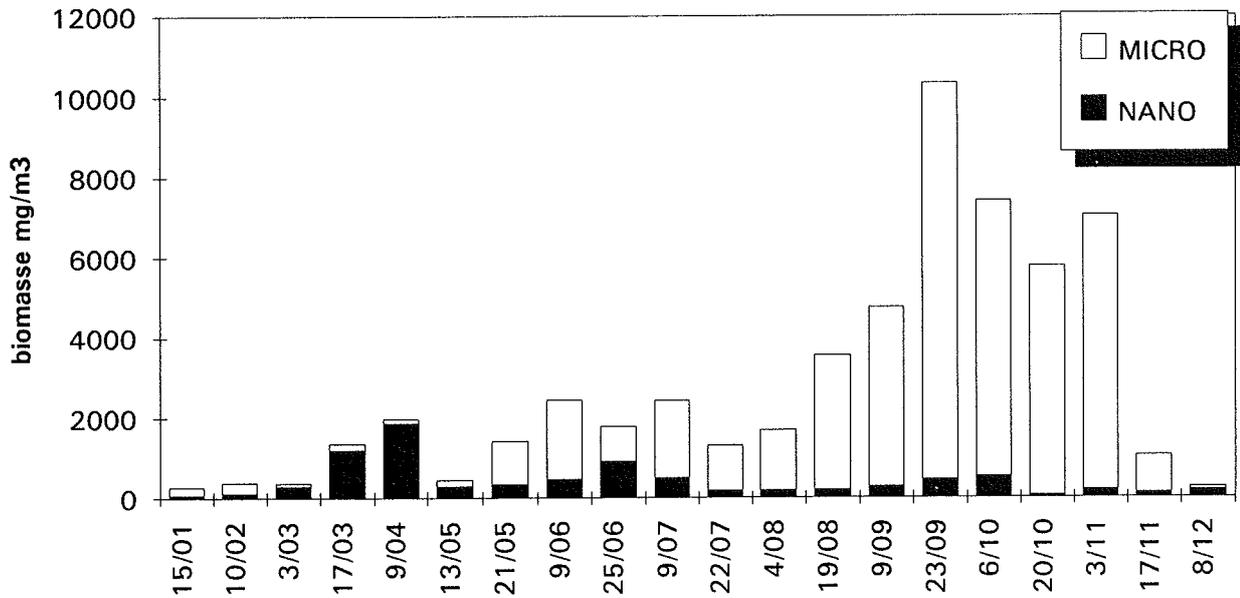


Figure 1 : Variations saisonnières de la biomasse du phytoplancton (matière fraîche) par classes de taille (Léman, SHL 2, 1997)

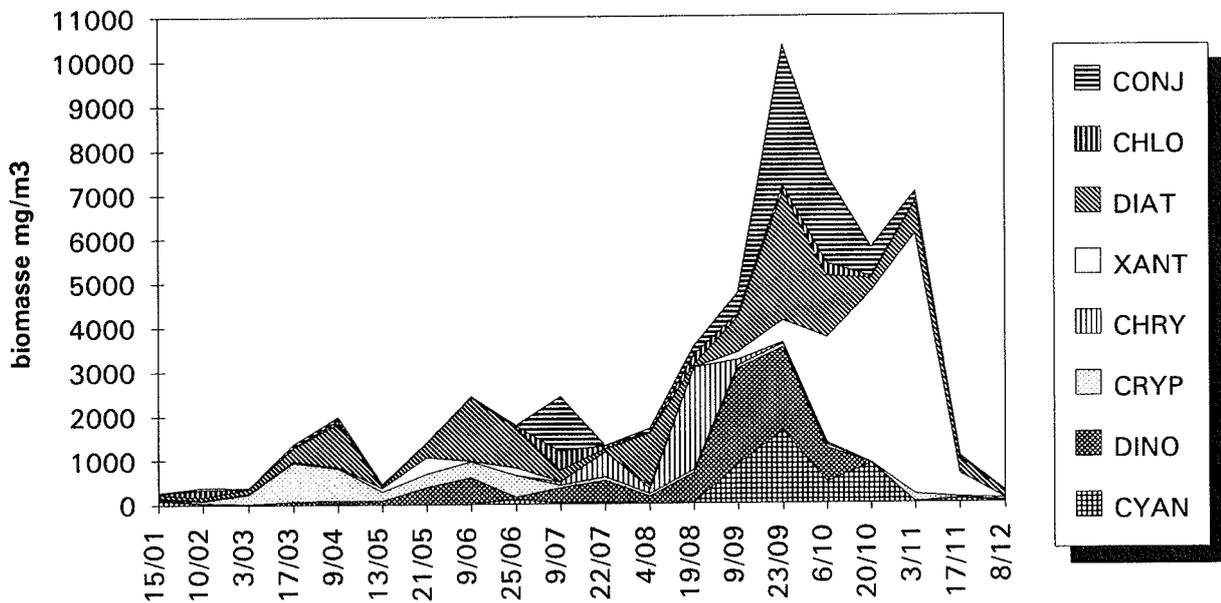


Figure 2 : Variations saisonnières de la biomasse du phytoplancton (matière fraîche) par classes d'algues (Léman, SHL 2, 1997)

- la phase automnale démarre début août et se prolonge jusqu'à début novembre. Elle est marquée par un pic extrêmement important fin septembre ($10'300 \text{ mg/m}^3$), comparable à celui enregistré en 1987 ($11'000 \text{ mg/m}^3$). La biomasse moyenne observée au cours de cette période est forte ($6'480 \text{ mg/m}^3$), bien que les teneurs en nutriments soient en baisse encore cette année (BLANC et al., 1998). Les espèces qui se développent au cours de cette phase, pour la plupart filamenteuses (*Mougeotia gracillima*, *Tribonema ambiguum* et *Oscillatoria rubescens*), ne sont pratiquement pas consommées par le zooplancton herbivore et s'accumulent en provoquant les désagréments habituels constatés depuis quelques années (gène pour la pêche, dépôts d'algues sur le littoral, etc...).

Par la suite, les biomasses décroissent régulièrement jusqu'à la fin de l'année, avec un minimum hivernal très précoce cette année (début décembre),

- dans le Petit Lac, un pic est observé en fin d'été (mi-septembre) avec $2'040 \text{ mg/m}^3$. Cette biomasse est la plus élevée de l'année. Cependant, un pic automnal modeste apparaît encore début novembre avec une biomasse de 710 mg/m^3 , pic alors largement dominé par *Tribonema ambiguum* (35 % de la biomasse).

De 1995 à 1997, les biomasses et les concentrations en chlorophylle de la couche 0-10 mètres du Petit Lac sont en général moins élevées que dans le Grand Lac (figure 3). Ces différences sont particulièrement flagrantes en automne 1997.

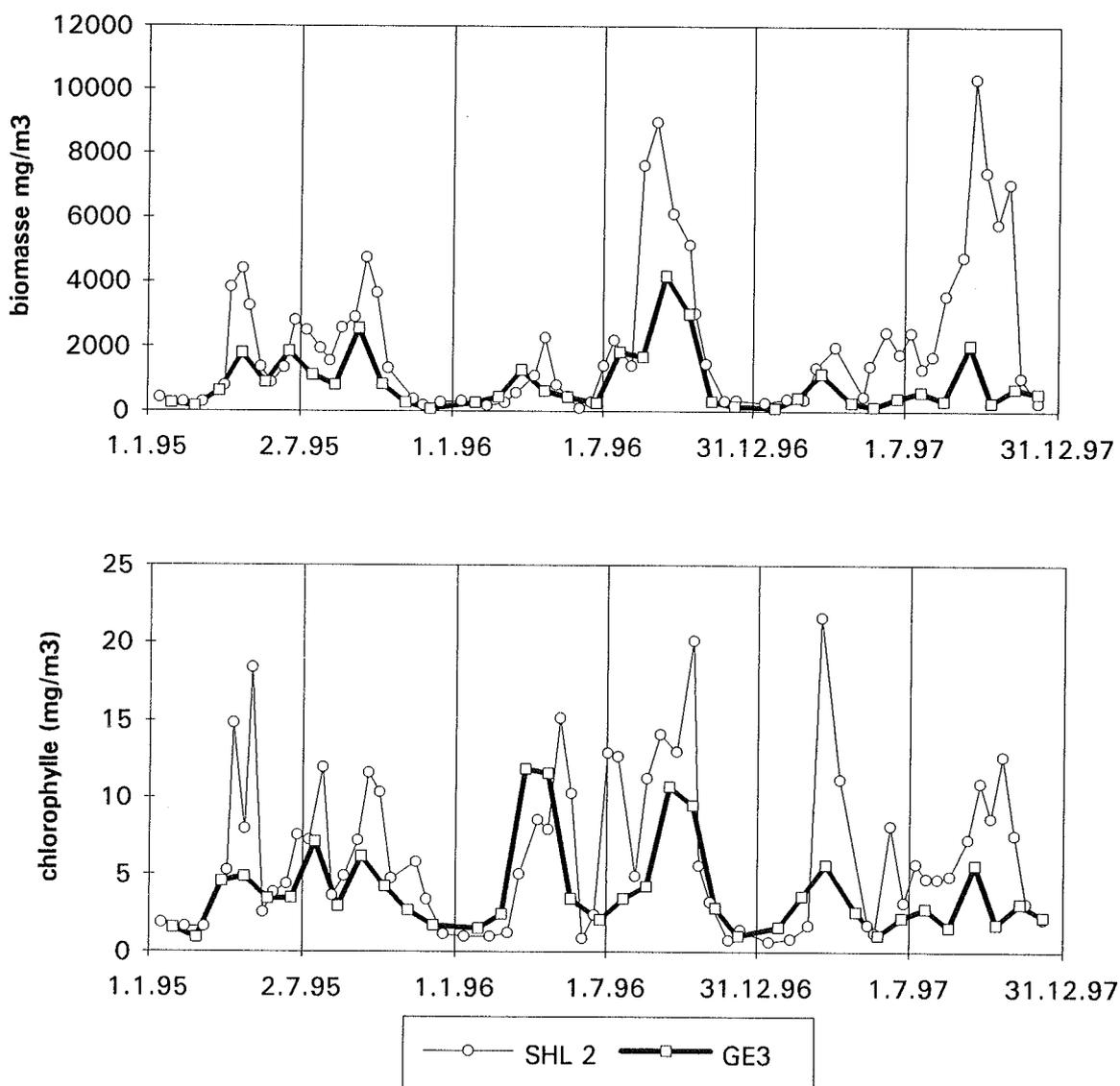


Figure 3: Evolution comparée des biomasses du phytoplancton et des concentrations en chlorophylle a de la couche 0-10 mètres à SHL2 et GE3 (Léman, 1997)

4. BIOMASSE ET SUCCESSION DES PRINCIPAUX TAXONS À L'ÉCHELLE ANNUELLE

4.1 Contribution des classes d'algues (figure 2)

En 1997, la biomasse maximale printanière est dominée par la diatomée centrique *Stephanodiscus minutulus* et les petites cryptophycées habituelles. En 1996, l'ordre de succession était inverse. L'été voit les développements importants de la diatomée *Asterionella formosa* et de la conjuguée *Staurastrum sebalzii* var. *ornatum*; généralement cette dernière espèce se développe à l'automne.

Les xanthophycées, les diatomées, les conjuguées, les dinophycées, les cyanobactéries et enfin les chrysophycées se partagent successivement la période automnale.

A l'échelle de l'année et pour la première fois, ce sont les xanthophycées qui représentent le plus fort pourcentage de la biomasse (25.1 %) devant les diatomées (22.2 %), les conjuguées (14.9 %), les dinophycées (14 %), les cyanobactéries (7.7 %) et les cryptophycées (7.1 %). On remarque, cette année, un classement différent de celui observé en 1996 où les conjuguées dominaient largement (42.5 %) devant les diatomées (28.6 %). On constate également une progression importante des dinophycées (14 %), valeur comparable à celle de 1995.

En moyenne annuelle, avec 14.5 %, la part du nanophytoplancton diminue encore (17.4 % en 1996) (figures 1 et 5).

Dans le Petit Lac, la part du nanoplancton est de 46 % (23 % en 1996).

4.2 Contribution des principales espèces

La liste des espèces représentant les plus fortes biomasses en moyenne annuelle figure dans le tableau 2.

Sur les 113 taxons inventoriés en 1997, 16 représentent globalement 92.5 % de la biomasse du phytoplancton (19 taxons en 1996) et 5 espèces représentent 66 % de cette biomasse (*Tribonema ambiguum* 25.1 %, *Diatoma elongatum* 13.8 %, *Mougeotia gracillima* 10.3 %, *Ceratium hirundinella* 10.1 % et *Oscillatoria rubescens* 6.6 %). Ces cinq espèces varient fortement d'une année à l'autre (tableau 2). L'exemple extrême est donné par *Tribonema ambiguum* qui représente en 1996 1 % et en 1997 25 % de la biomasse et *Mougeotia gracillima* (37.9 % en 1996 et 10.3 % en 1997).

4.3 Succession des espèces dominantes (figure 4)

Onze taxons prennent une grande importance dans la constitution de la biomasse à un moment ou l'autre de l'année 1997.

Les petites cryptophycées nanoplantoniques *Rhodomonas minuta* et sa variété *nannoplanctica* ont occupé une place majeure au printemps. En été, *Ceratium hirundinella*, espèce volumineuse, se signale par deux fois de façon marquée : en juillet et surtout début septembre. La cyanobactérie *Oscillatoria rubescens* est prépondérante principalement en début d'année, mais reprend une place notable en fin d'été pendant le mois de septembre.

La figure 4 montre nettement la phase automnale dominée d'abord par *Dinobryon sociale* var. *americanum* et *Diatoma elongatum*, puis la prépondérance écrasante de *Tribonema ambiguum* qui représente 84 % de la biomasse début septembre.

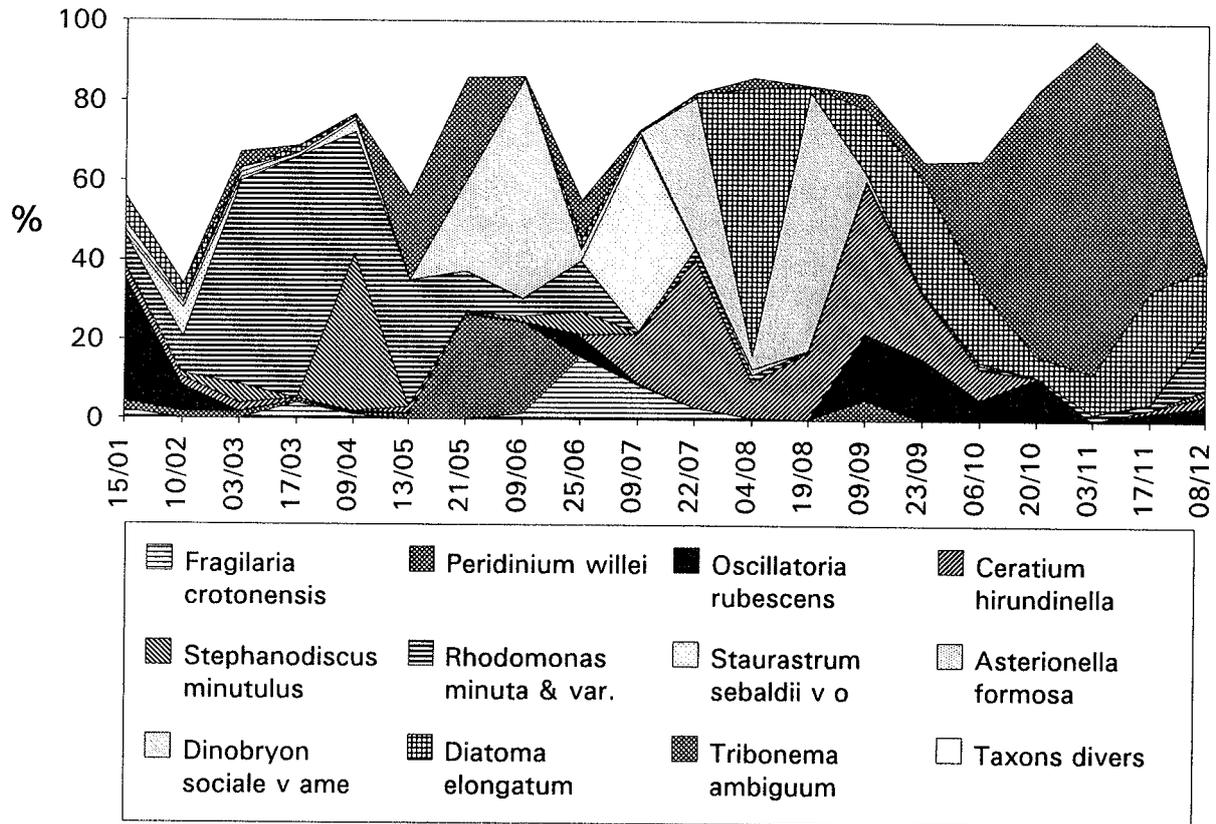


Figure 4 : Succession des taxons dominants de la biomasse du phytoplancton (Léman, SHL 2, 1997)

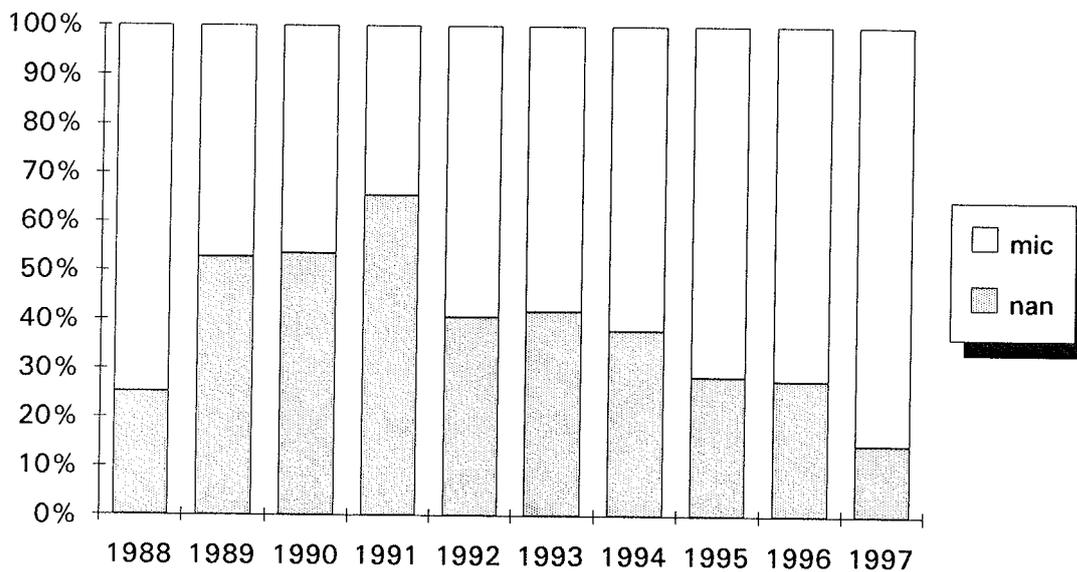


Figure 5 : Evolution de la biomasse relative du nanophytoplancton (nano) et du microphytoplancton (mic) (Léman, SHL 2, 1988-1997)

TABLEAU 2 - Biomasse relative des espèces les plus abondantes (Léman SHL 2, 1993 à 1997)

	1993	1994	1995	1996	1997
CYANOBACTÉRIES					
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	2.3*	1.3*	0.7	1.1*	0.3
<i>Oscillatoria rubescens</i>	4.9*	4.5*	3.3*	2.7*	6.6**
<i>Oscillatoria limnetica</i>		1.0*	0.3	1.2*	0.2
DINOPHYCÉES					
<i>Gymnodinium helveticum</i>	1.1*	1.1*	1.1*	1.0*	1.0*
<i>Peridinium willei</i>	1.6*	1.6*	1.0	0.5	2.2*
<i>Ceratium hirundinella</i>	8.7**	6.0**	13.3**	2.0*	10.1**
CRYPTOPHYCÉES					
<i>Cryptomonas spp</i>	2.5*	10.9**	4.7*	5.4*	2.3*
<i>Rhodomonas minuta</i>	15.2**	6.2**	5.1*	2.9*	2.7*
<i>Rhodomonas minuta</i> v.	6.7**	3.4*	3.1*	2.6*	2.1*
CHRYSOPHYCÉES					
<i>Dinobryon sociale</i>	6.8**	2.1*	0.7	1.8*	5.4*
<i>Erkenia subaequiciliata</i>	1.3*	0.4	0.3	0.8	0.2
DIATOMÉES					
<i>Aulacoseira islandica</i> subsp.	1.1*	1.0*	5.7**	0.7	0.3
<i>Stephanodiscus neoastraea</i>	1.0*	5.0*	0.3	0.6	0.2
<i>Stephanodiscus minutulus</i>	1.2*	0.5	3.2*	1.0	1.7*
<i>Diatoma elongatum</i>	1.9*	14.3**	8.1**	19.1**	13.8**
<i>Fragilaria crotonensis</i>	2.8*	3.1*	8.7**	3.9*	1.2*
<i>Asterionella formosa</i>	2.2*	3.1*	2.7*	1.1*	3.2*
<i>Synedra acus</i> v. <i>angustissima</i>	0.8*	6.5**	0.8	1.2*	0.1
<i>Cyclotella radiosa</i>	7.1**	2.3*	0.3	0.4	0.9
<i>Cyclotella cyclopuncta</i>		1.3*	4.5*	0.2	0.0
<i>Stephanodiscus alpinus</i>		2.3*	0.2	0.0	0.4
CHLOROPHYCÉES					
<i>Chlamydomonas sp</i>		1.0*	3.9*	0.4	0.9
<i>Pediastrum boryanum</i>	4.1*	0.7	0.3	0.2	0.3
XANTHOPHYCÉES					
<i>Tribonema ambiguum</i>				1.0*	25.1**
CONJUGUÉES					
<i>Mougeotia gracillima</i>	6.4**	1.9*	8.8**	37.9**	10.3**
<i>Closterium aciculare</i>	4.6*	1.8*	1.6*	1.6*	1.4*
<i>Staurastrum cingulum</i>	1.6*	1.4*	1.8*	1.3*	0.5
<i>Staurastrum johnsonii</i>		2.7*		0.3	0.3
<i>Staurastrum sebalzii</i> v. <i>o</i>			0.4	0.0	2.3*

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

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

5. ÉVOLUTION INTERANNUELLE DE LA BIOMASSE (tableau 3 et figure 6)

La biomasse annuelle moyenne du phytoplancton en 1997 (2'800 mg/m³) est de nouveau en forte augmentation (2'110 mg/m³ en 1996). Mis à part l'année 1994 (1'170 mg/m³), les valeurs augmentent régulièrement chaque année depuis 1991 (près de 300 % en 7 ans). Les valeurs de la biomasse annuelle moyenne en 1997 ne suivent pas celles de la production primaire et de la chlorophylle qui sont en légère réduction par rapport à 1996 (PELLETIER et al., 1998).

La biomasse moyenne printanière (804 mg/m³) est assez proche de celle de 1996 (676 mg/m³). La faible biomasse printanière que l'on constate depuis quelques années est essentiellement liée à la diminution régulière, chaque année, des espèces nanophytoplanctoniques.

Après une très forte augmentation de la biomasse estivale moyenne en 1996 (3'190 mg/m³), l'année 1997 montre à nouveau des valeurs encore supérieures (3'660 mg/m³), tout comme la biomasse estivale maximale, qui atteint 10'350 mg/m³ en septembre (8'980 mg/m³ en 1996), alors que la concentration en chlorophylle et la production restent relativement faibles (PELLETIER et al., 1998).

La valeur du rapport BP/BE (0.22) est comparable à celui de 96 (0.21); cette faible valeur montre une fois encore la très forte différence entre le développement printanier du phytoplancton et celui se produisant en été et en automne, phénomène qui est très marqué et qui perdure depuis 1992 (tableau 3).

Dans le Petit Lac, la biomasse annuelle moyenne en 1997 est 4.6 fois plus faible que dans le Grand Lac avec 580 mg/m³ (1'210 mg/m³ en 1996). La biomasse printanière est de 414 mg/m³ (550 mg/m³ en 1996) et la biomasse estivale de 697 mg/m³ (1'850 mg/m³ en 1996).

La différence de biomasse moyenne annuelle est surtout due aux faibles biomasses moyennes estivales et automnales observées. Ces valeurs de biomasses sont proches de celles observées en 1991 (moyenne 672 mg/m³, printanière 480 mg/m³ et estivale 620 mg/m³) (REVACLIER, 1996).

TABLEAU 3 - Biomasse annuelle moyenne, biomasses saisonnières et biomasses maximales (mg/m³) à SHL 2 de 1992 à 1997

	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Biomasse annuelle moyenne	1'213	1'646	1'168	1'897	2'114	2'804
Biomasse printanière moyenne (BP)	848	1'489	799	1'722	676	804
Biomasse estivale moyenne (BE)	1'438	1'760	1'353	2'018	3'192	3'662
BP / BE	0.59	0.85	0.59	0.85	0.21	0.22
Biomasse printanière maximale (mois)	2'181 (5)	3'316 (4)	2'139 (4)	4'400 (4)	2'271 (4)	1'977 (4)
Biomasse estivale maximale (mois)	3'334 (8)	3'685 (7)	3'213 (8)	4'736 (9)	8'978 (9)	10'347 (9)

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

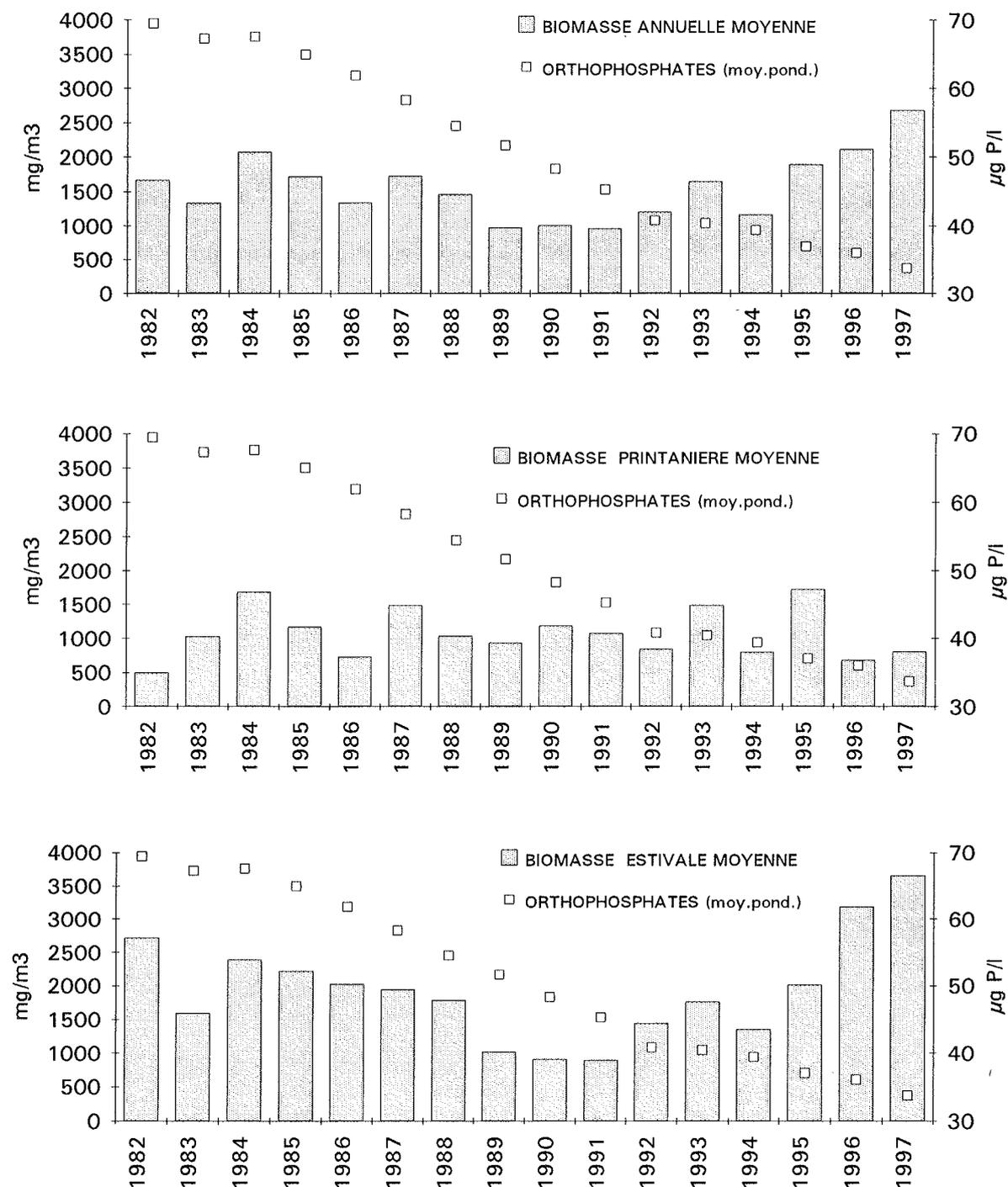


Figure 6 : Evolution comparée des biomasses (moyennes annuelle, printanière et estivale) du phytoplancton et des concentrations en orthophosphates (moyenne pondérée) (Léman, SHL 2, 1983-1997)

6. CONCLUSIONS

Les observations concernant le phytoplancton du Léman en 1997 corroborent et amplifient les constats de la campagne 1996. La tendance à l'augmentation des biomasses dans la seconde partie du cycle phytoplanctonique annuel, notée depuis 1994, se confirme.

La prépondérance des algues de grande taille et plus précisément la prolifération des algues filamenteuses par rapport aux algues nanoplanctoniques en général monocellulaires, amorcée en 1994, s'accroît encore. La forte biomasse moyenne annuelle est due à la prolifération automnale d'algues non consommées par le zooplancton et qui manifestent une tendance marquée à l'accumulation. Cependant, malgré ces fortes biomasses automnales, la production primaire, qui exprime le taux de renouvellement de la biomasse, reste relativement basse (PELLETIER, 1998). Cette limitation résulte de l'épuisement presque complet des orthophosphates dès la fin du mois de mai dans les couches de 0 à 20 m (BLANC et al., 1998).

Le brassage de la fin de l'hiver n'a affecté en 1997 que les 100 premiers mètres superficiels (BLANC et al., 1998). Il faut envisager que le prochain brassage complet du lac ramènera en surface les nutriments qui s'accumulent depuis 1986 (année du dernier brassage complet) dans les couches profondes. Il en résultera alors inévitablement un accroissement de la concentration en phosphore dans les eaux superficielles, et donc une augmentation du potentiel de production du phytoplancton.

Les fortes biomasses signalées en automne dans le Grand Lac ne sont pas observées dans le Petit Lac, même si les espèces les plus abondantes qui peuplent les deux bassins sont les mêmes. Ainsi, le Petit Lac paraît moins eutrophe que le Grand Lac. Cette situation s'explique par le fait que Le Petit Lac est alimenté essentiellement par les eaux superficielles du Grand Lac (ZAHNER et al., 1984), très appauvries dès le mois de mai en phosphore disponible pour les algues.

BIBLIOGRAPHIE

- BALVAY, G. (1998) : Evolution du zooplancton du Léman. Rapp. Comm. Int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1997.
- BLANC, P., CORVI, C., KHIM-HEANG, S. et RAPIN, F. (1998) : Evolution physico-chimique des eaux du Léman. Rapp. Comm. Int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1997.
- PELLETIER, J.P., (1998) : Evolution de la production phytoplanctonique dans le Léman. Rapp. Comm. Int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1997.
- REVACLIER, R. (1996): Le phytoplancton du Petit Lac : Evolution de 1986 à 1995. Rapp. Comm. Int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1995, 133-152.
- ZAHNER, P. et VERNET, J.-P. (1984): Dynamique du système lacustre. In : Le Léman, synthèse 1957-1982, éd. par Comm. Int. prot. eaux Léman contre pollut., Lausanne, 55-63.