

# ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION PHYTOPLANCTONIQUE DANS LE LÉMAN

Campagne 1999

PAR

**Christophe LÉBOULANGER**

avec la collaboration technique de

**Pascal CHIFFLET et Jean-Paul MOILLE**

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

## RÉSUMÉ

*La base du fonctionnement trophique du Léman repose sur la production primaire, issue du carbone minéral assimilé par le phytoplancton dans la couche supérieure du lac, accessible à la lumière du soleil. Nous présentons ici les mesures de production primaire réalisées par incorporation du  $^{14}\text{C}$  ainsi que les mesures de chlorophylle a, indicateur global de la biomasse végétale. Ces mesures ont été effectuées à neuf profondeurs dans la couche éclairée, lors de dix-huit campagnes de janvier à novembre 1999.*

*Par rapport à 1998, la production primaire annuelle nette mesurée en 1999 a été réduite, égale à  $210 \text{ g/m}^2$  de carbone, disponible pour les échelons trophiques supérieurs. Au cours des treize dernières années, seule l'année 1995 a montré une productivité légèrement plus faible. Une telle diminution apparente doit être considérée avec précaution, au vu du calendrier des prélèvements fortement perturbé par les conditions météorologiques. La concentration moyenne pondérée en chlorophylle a dans les dix mètres sous la surface du lac est égale à  $5.2 \text{ mg chl a/m}^3$ , soit pratiquement la même biomasse que l'année précédente.*

## 1. INTRODUCTION

La présence d'une biomasse chlorophyllienne dans la couche éclairée résulte d'un équilibre dynamique entre production de matière vivante nouvelle (se concluant par des divisions cellulaires) et disparition de cette biomasse par différents phénomènes : sédimentation, consommation par le zooplancton herbivore, et lyse cellulaire principalement. La concentration en chlorophylle est donc un instantané du stock phytoplanctonique à un moment donné, alors que la mesure de production primaire renseigne sur l'activité, et par là sur la vitesse de renouvellement, de ce même phytoplancton. Seule cette double représentation statique et dynamique (liée à la structure et au fonctionnement) permet d'appréhender le fonctionnement du premier échelon trophique du lac, qui pourra ensuite conduire à une production piscicole exploitable (dans le meilleur des cas) ou à une dégradation de la valeur d'usage du milieu (dans le pire des cas).

## 2. MÉTHODES

Au cours de l'année 1999, seules dix-huit campagnes (sur les 21 programmées) de mesures des paramètres de production et biomasse phytoplanctoniques ont pu être réalisées sur la station de référence SHL2 en raison de mauvaises conditions météorologiques. Par ailleurs, l'arrêt de fonctionnement du compteur à scintillation liquide, équipement nécessaire à la mesure de l'incorporation du radiocarbone, nous a obligé à utiliser le matériel du CARTELL Université de Savoie. Ces contraintes n'ont que peu perturbé le déroulement du présent travail.

Comme lors des campagnes précédentes, ainsi qu'il est rappelé dans PELLETIER et LEBOULANGER (1999), la méthode de STEEMAN-NIELSEN (1952) a été utilisée pour évaluer *in situ* l'activité photosynthétique. Les neuf profondeurs échantillonnées s'échelonnent de zéro à trente mètres dans la couche euphotique. Chaque échantillon est fractionné en trois aliquotes, distribués dans trois flacons, enrichi en carbonate radioactif puis ré-immersé à la profondeur de prélèvement où l'incubation est réalisée pendant une durée égale au tiers médian de la photopériode.

Le phytoplancton est ensuite récupéré par filtration sur membrane en polycarbonate de 0.8  $\mu\text{m}$  de porosité, seuil où la plupart des cellules autotrophes sont retenues. Ce filtre est ensuite traité au laboratoire en vue d'un comptage de la radioactivité incorporée. A l'aide des valeurs obtenues et de la concentration en carbone inorganique dissous dans le milieu lors de l'expérimentation, il est alors possible de calculer la quantité de carbone effectivement incorporée par les organismes photosynthétiques. Une extrapolation à la production journalière globale est ensuite possible en multipliant le résultat des incubations par 2.22, coefficient déterminé expérimentalement (PELLETIER, 1983).

La mesure de la concentration en chlorophylle *a* à chacune des neuf profondeurs se fait sur les mêmes prélèvements d'eau que ceux servant à la mesure d'activité photosynthétique. L'eau est filtrée sur membrane en fibre de verre (WHATMAN GF/C), puis les pigments sont extraits sur la matière retenue, dans un mélange acétone/eau (90/10 v/v). Le calcul de la concentration en chlorophylle *a* est ensuite effectué à partir d'une analyse spectrophotométrique selon la méthode de STRICKLAND et PARSONS (1968).

## 3. RÉSULTATS

### 3.1 Répartitions verticales

Les profils 0-30 m de la biomasse phytoplanctonique (exprimée en  $\text{mg chl } a/\text{m}^3$ ) et de la production primaire (en  $\text{mg C assimilé}/\text{m}^3$  pendant la période d'incubation) sont représentés sur la figure 1. Les paramètres calculés à partir de ces données sont récapitulés dans le tableau 1.

Peu développée début mars, la biomasse phytoplanctonique augmente très légèrement à la fin du même mois, et montre son premier pic fin avril, avec un maximum proche de 18  $\text{mg chl } a/\text{m}^3$  à 2 mètres. Fin mars, la répartition homogène de cette biomasse, entre 5 et 6.5  $\text{mg chl } a/\text{m}^3$  sur l'ensemble des 30 mètres sous la surface, suggère un brassage de la masse d'eau, diluant un éventuel pic de densité phytoplanctonique préalable (lié à un vent fort à la mi-mars, ORAND et GAGNAIRE, 2000).

La phase des eaux claires apparaît lors de la campagne du 25 mai, avec une biomasse réduite d'un facteur proche de 5 par rapport à la campagne effectuée deux semaines auparavant, et une production nettement inférieure. Cette phase claire reste peu marquée en durée et en intensité, et dès la fin du mois de juin une augmentation de la biomasse est constatée, accompagnée d'une augmentation similaire de la production. En juillet puis en août, l'augmentation de biomasse s'accroît, atteignant près de 12  $\text{mg chl } a/\text{m}^3$  en moyenne, alors que la production primaire mesurée chute fortement. Cette évolution diffère fortement de celle constatée les années précédentes, où la biomasse élevée de la fin de l'été était accompagnée d'une forte production. Ceci pourrait traduire à la fois un épuisement des ressources en sels nutritifs, et une communauté phytoplanctonique riche en espèces à croissance lente.

Tableau 1 - Principaux paramètres de la production primaire.

DATE	$\Sigma A$ mgC/m <sup>2</sup> .inc	PPj mgC/m <sup>2</sup> .j	Amax mgC/m <sup>3</sup> .inc	Chl Amax mg/m <sup>3</sup>	Chl 0-10 mg/m <sup>2</sup>	Chl 0-30 mg/m <sup>2</sup>	Prof. Secchi m
11.01.99	83	184	13,2	2,80	28	83	-
01.03.99	127	282	30.9	0.89	10	27	17.5
08.03.99	151	336	33.4	1.07	9	29	17.0
24.03.99	917	2036	227.6	5.64	60	171	8.5
26.04.99	1308	2903	380.9	2.67	109	157	2.7
10.05.99	1178	2616	320.3	2.33	102	160	2.6
25.05.99	400	889	79.2	0.73	18	31	9.3
16.06.99	606	1345	134.8	1.65	32	62	9.3
24.06.99	868	1926	222.5	4.47	48	96	7.2
05.07.99	682	1515	196.5	7.15	67	164	8.6
19.07.99	865	1921	171.9	3.33	34	79	7.1
02.08.99	538	1193	136.1	3.16	66	105	3.6
23.08.99	463	1027	120.7	7.33	120	217	3.5
06.09.99	140	311	24.4	13.55	109	262	3.0
21.09.99	568	1261	137.6	7.69	99	202	3.0
05.10.99	145	322	35.9	5.40	54	133	4.0
19.10.99	37	82	9.3	0.63	21	32	8.0
24.11.99	53	118	11.9	1.83	19	36	13.2

**Symboles utilisés :**

- $\Sigma A$  : Production primaire totale, exprimée en mg de C assimilé par mètre carré pendant la période d'incubation. Cette valeur correspond à l'aire délimitée par le profil vertical et les axes
- PPj : Production primaire journalière calculée :  $PPj = 2.22 \Sigma A$
- $A_{max}$  : Production maximale relevée sur un profil, exprimée en mg de C assimilé par mètre cube d'eau pendant la période d'incubation
- Chl  $A_{max}$  : Concentration en chlorophylle a (mg/m<sup>3</sup>) correspondant à  $A_{max}$
- Chl 0-10 : Concentration en chlorophylle a (mg/m<sup>2</sup>) dans la couche surface - 10 mètres
- Chl 0-30 : Concentration en chlorophylle a (mg/m<sup>2</sup>) dans la couche surface - 30 mètres
- Prof. Secchi : Transparence exprimée en mètres, mesurée à l'aide du disque de Secchi.

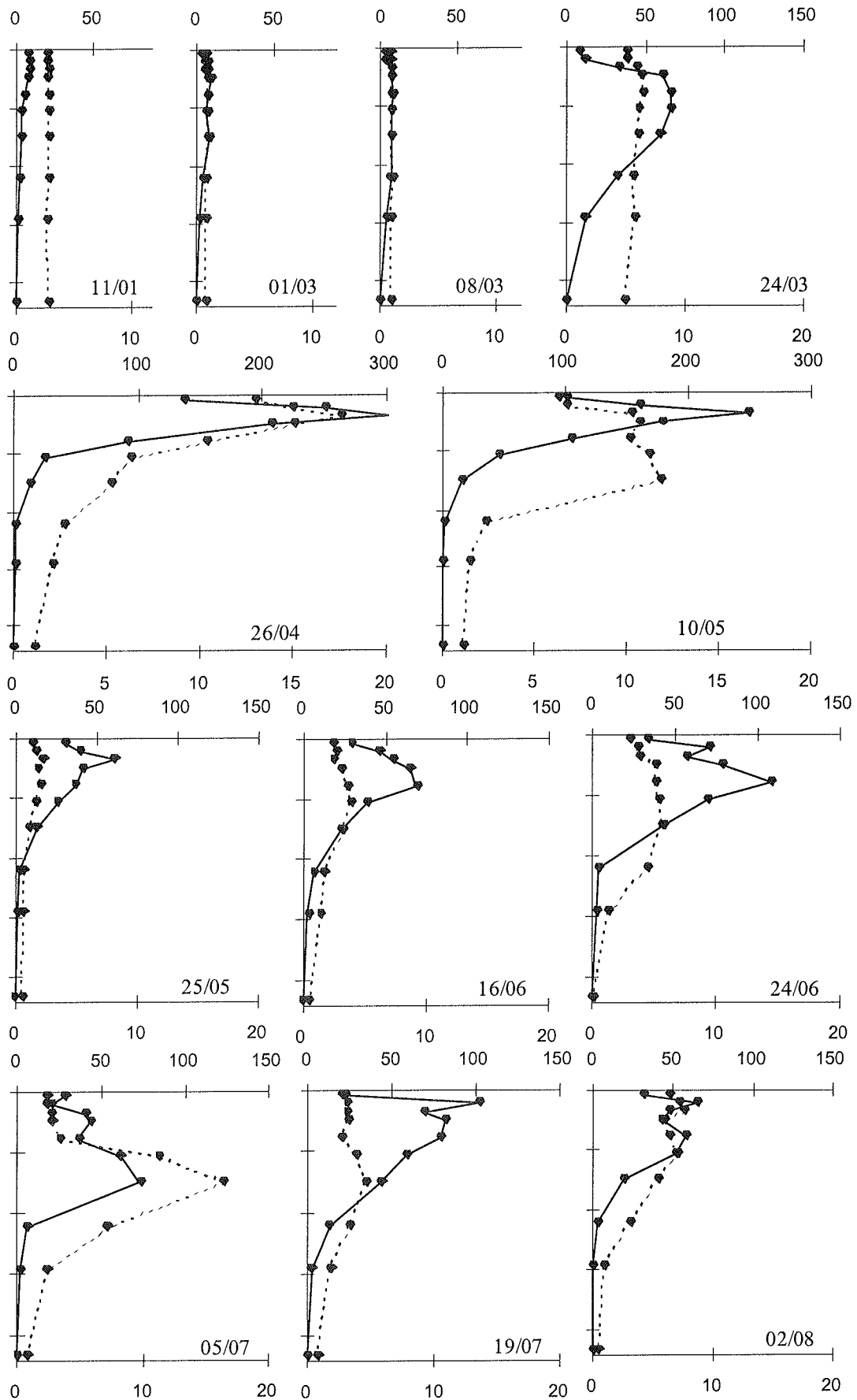


Figure 1 : Profils verticaux de la production primaire (traits pleins, échelles supérieures en  $\text{mgC fixé par m}^3$  par incubation) et de la biomasse exprimée en chlorophylle a (traits pointillés, échelle inférieure en  $\text{mg chl a par m}^3$ ) au point SHL 2 du 11 janvier au 8 août 1999

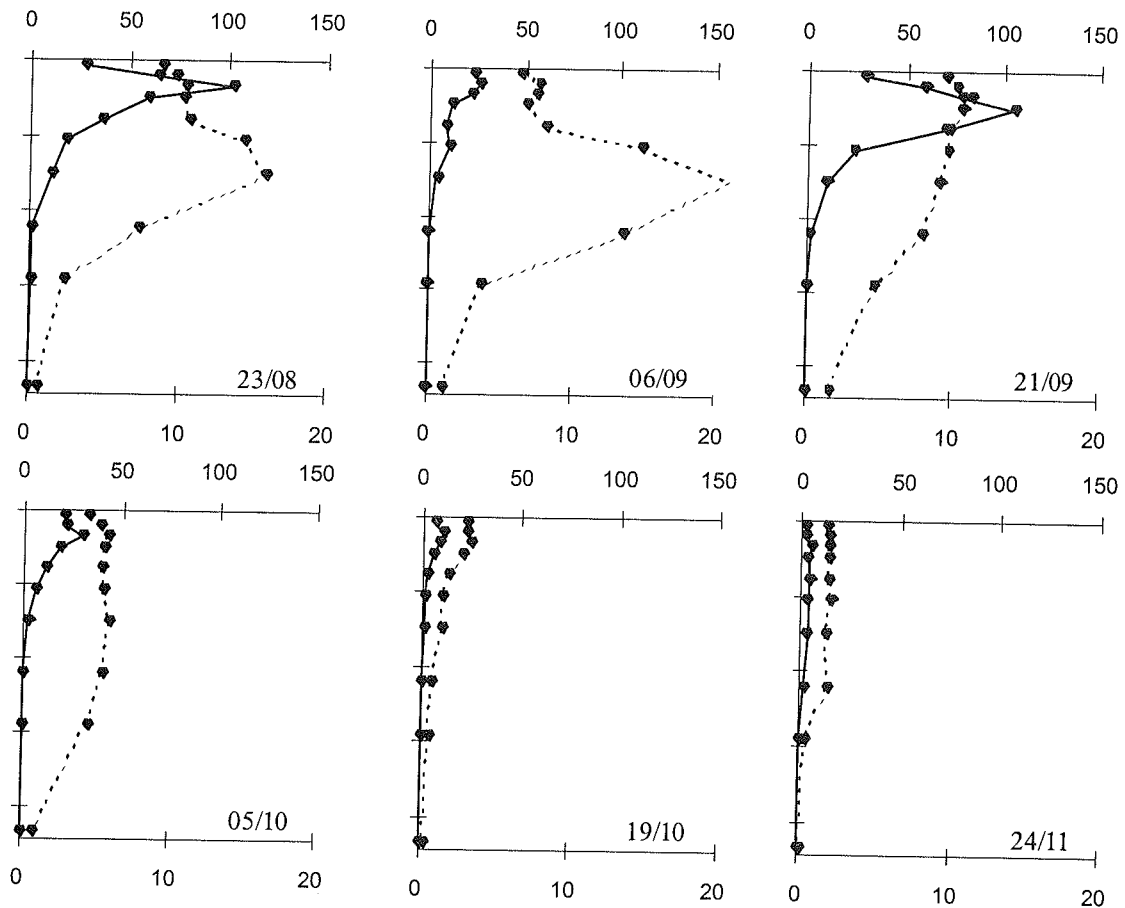


Figure 1 (suite) : Profils verticaux de la production primaire et de la biomasse exprimée en chlorophylle *a* au point SHL2 du 23 août au 24 novembre 1999 (même unités)

### 3.2 Variations saisonnières

La phase printanière (biomasse et production élevée) est très marquée comme les années précédentes, avec un maximum de biomasse exprimée en chlorophylle *a* de 170 mg/m<sup>2</sup> dans la couche 0-30 m fin mars, restant apparemment stable jusqu'au début du mois de mai. La production primaire totale par unité de surface au point SHL 2 suit de façon très fidèle cette évolution. Ceci est à comparer avec les estimations de biomasse totale (REVACLIER et DRUART, 2000). Cette poussée printanière est suivie d'une phase claire bien marquée en juin puis d'une augmentation en juillet, le pic des mois de fin d'été (août et septembre) étant atypique : caractérisé par une forte biomasse (262 mg chl *a*/m<sup>2</sup> sur 0-30 m), il montre par contre une productivité relativement faible (figure 2). Cette observation est en accord avec la très forte baisse du phosphore et du silicate biodisponibles dans la couche éclairée, observée à la même époque (BLANC et al., 2000). Le phytoplancton est dominé par les diatomées (REVACLIER et DRUART, 2000) contrairement à la fin de l'été 1998 où les espèces filamenteuses représentaient l'essentiel de la biomasse. Les algues sont alors certainement en période de ralentissement du métabolisme, par épuisement des sels nutritifs (P, N et Si), comme suggéré par les mesures physico-chimiques (BLANC et al., 2000) à cette même période.

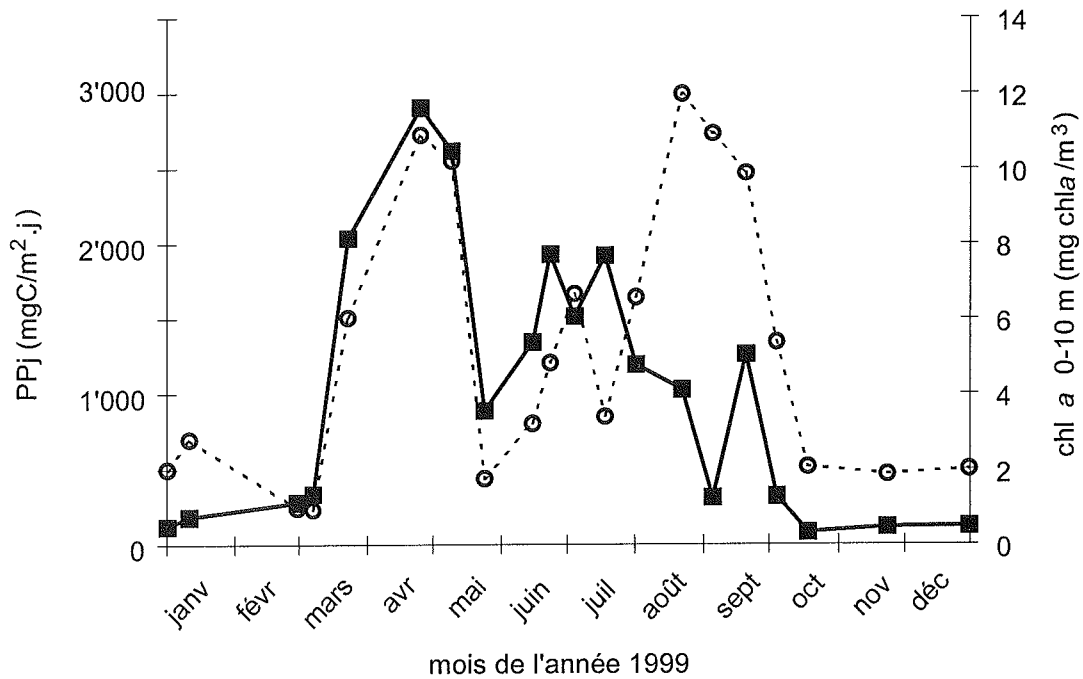


Figure 2 : Evolutions comparées de la production primaire par unité de surface (traits pleins, carrés noirs) et de la biomasse totale intégrée sur les dix premiers mètres (traits pointillés, cercles blancs) au cours de l'année 1999 au point SHL 2

La répartition de la biomasse phytoplanctonique, exprimée en  $\text{mg chl } a/\text{m}^2$ , présente également une évolution différente : lors des pics de biomasse du printemps et de la fin de l'été, la quantité de chlorophylle présente dans la couche 10-30 m est supérieure à celle présente dans la couche supérieure (figure 3). De même, si l'on calcule le rapport biomasse (matière fraîche) / biomasse (chlorophylle a), il est d'environ 450 au printemps, et 836 à la fin de l'été. Cela est bien en accord avec la prédominance des diatomées dans le deuxième cas, caractérisées par une faible teneur en chlorophylle intracellulaire.

La transparence, indiquée par la profondeur de disparition du disque de Secchi, est également étroitement liée, de façon inverse, à la biomasse chlorophyllienne (figure 4). Elle est maximale en février et minimale fin mars-début mai.

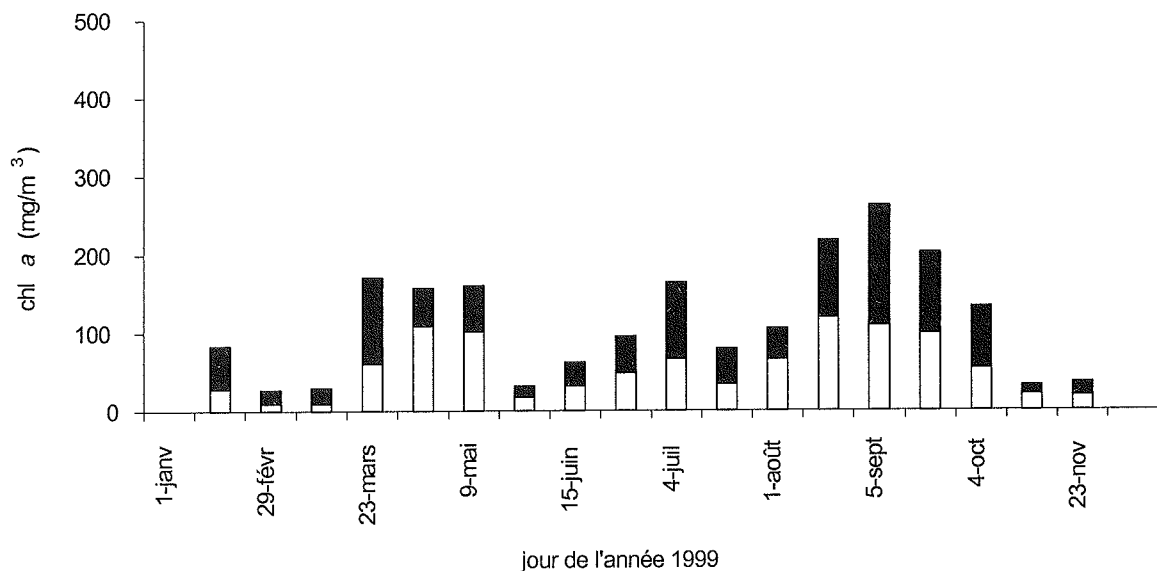


Figure 3 : Evolution de la biomasse chlorophyllienne au cours de l'année dans les dix premiers mètres (barres inférieures) et dans la couche 10-30 m (barres supérieures) au cours de l'année 1999 au point SHL 2

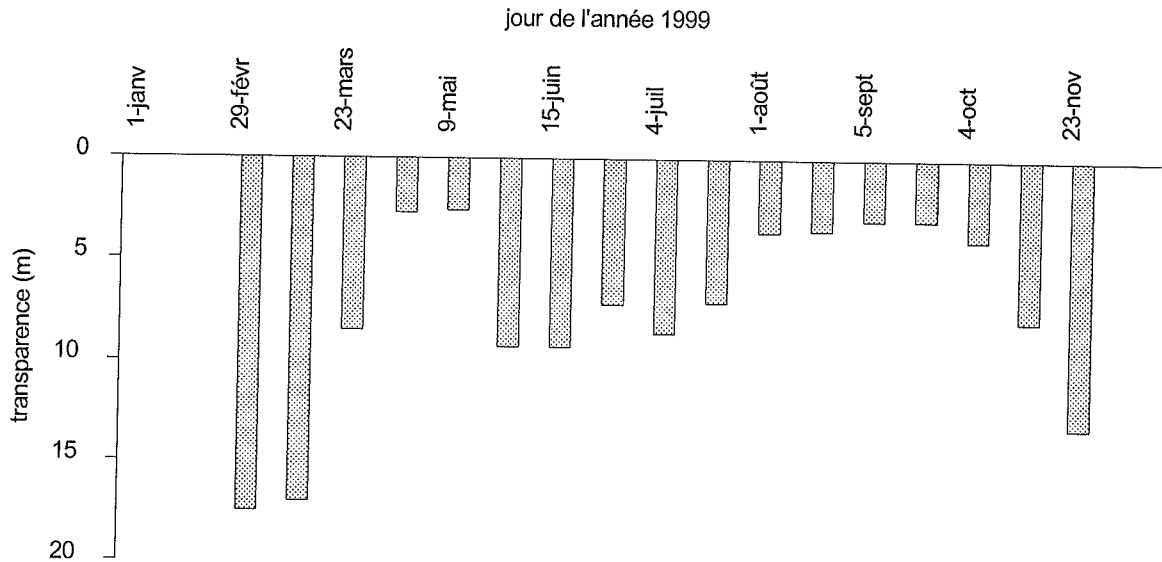


Figure 4 : Evolution de la transparence, mesurée comme profondeur de disparition du disque de Secchi, au cours de l'année 1999 au point SHL 2

### 3.3 Production annuelle

Le calcul de la production annuelle, bien qu'approximatif eu égard au nombre de campagnes inférieur par rapport aux années précédentes, donne une valeur faible ( $210 \text{ gC/m}^2.\text{an}$ ). Le rapport production totale annuelle sur biomasse chlorophyllienne moyenne 0-10 m (P/C), qui donne une indication sur la productivité des communautés phytoplanctoniques, est cependant proche de celui calculé pour les années 94 à 97, seule l'année 1998 ayant montré une productivité plus élevée lors des cinq dernières années (figure 5). Cette productivité est égale à 40 grammes de carbone fixé par an par milligramme de chlorophylle a présente dans la couche 0-10 m.

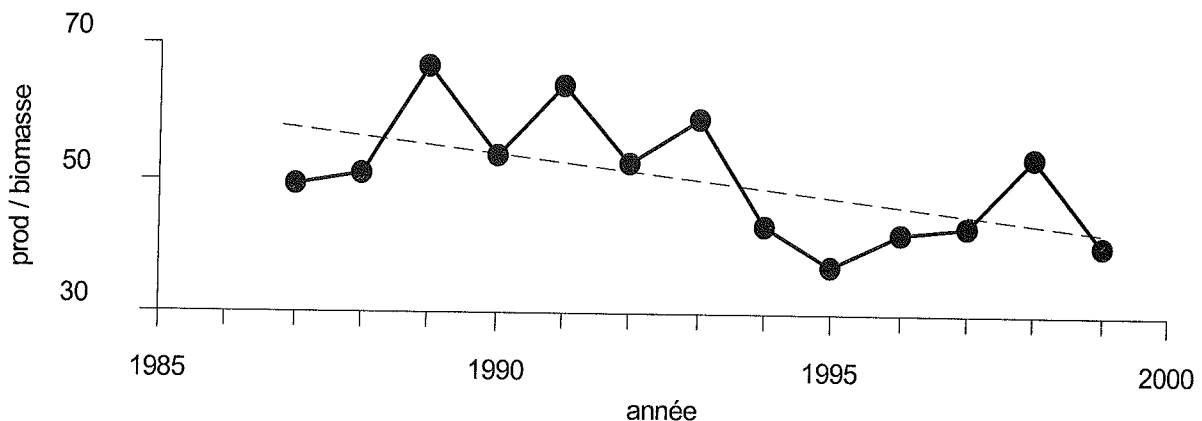


Figure 5 : Evolution au cours des treize dernières années du rapport production annuelle sur biomasse chlorophyllienne moyenne dans la couche 0-10 m au point SHL 2

#### 4. CONCLUSIONS

L'année 1999 ressemble par certains points aux années précédentes, notamment par un fort développement de fin d'été (même si les espèces mises en jeu ne sont pas les mêmes que lors des précédentes années). Il semble donc que la production primaire phytoplanctonique dans le Léman tende à se stabiliser d'une année sur l'autre, comme montré par d'autres paramètres physico-chimiques ou biologiques. Il est par contre possible que certains phénomènes apparaissant à la lumière des résultats présentés ici (notamment la contradiction forte biomasse / faible production de la fin d'été) soient en fait dus à un calendrier de prélèvements ne correspondant pas toujours à la rapidité des phénomènes biologiques que l'on souhaiterait observer.

Pour appréhender de façon plus synthétique l'évolution de la production primaire phytoplanctonique dans le Léman, il apparaît maintenant nécessaire d'entreprendre une analyse des paramètres de cette production sur une plus large échelle de temps. Ces paramètres, intégrateurs de l'écologie et de la physiologie du phytoplancton, pourront permettre d'assigner aux mesures de production, telles qu'elles sont présentées dans ce travail, une signification en termes de position trophique des communautés algales. Il sera alors possible de mettre en évidence ou non le retour vers la méso-oligotrophie déjà suggéré par l'analyse des séries chronologiques du plancton (ANNEVILLE et al., 2000).

#### REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Jean P. Pelletier pour la transmission du flambeau « production primaire », ainsi que Dominique Fontvielle et Sylvie Viboud pour leur aide précieuse palliant aux défaillances du compteur à scintillation.

#### BIBLIOGRAPHIE

- ANNEVILLE, O., ANGELI, N., GINOT, V. et PELLETIER, J.P. (2000) : Ambiguïté sur l'état trophique du Léman : vers un indice fondé sur les associations d'espèces. In : Indicateurs de l'état de santé écologique des hydrosystèmes : Résultat du programme "Variables Biologiques" GIP Hydrosystèmes, Paris (in press).
- 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.
- ORAND, A. et GAGNAIRE, J. (2000) : Météorologie. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1999.
- PELLETIER, J.P. (1983) : Mesure de la production primaire en milieu aquatique; problèmes méthodologiques et éléments d'interprétation. Rev. Fr. Sci. Eau, 2, 339-366.
- 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, 61-68.
- REVACLIÉ, R. et DRUART, J.-C. (2000) : Evolution du phytoplancton du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1999.
- STEEMANN-NIELSEN, E. (1952) : The use of radioactive carbon ( $^{14}\text{C}$ ) for measuring organic production in the sea. J. Cons. Int. Exploit. Mer, 18, 117-140.
- STRICKLAND, J.D.H. et PARSONS, T.R. (1968) : A practical handbook of seawater analysis. Bull. Fish. Res. Board Canada, 167, 311 pp.