

# DYNAMIQUE DE LA PRODUCTION PHYTOPLANCTONIQUE ET DE LA BIOMASSE CHLOROPHYLLIENNE DANS LE LÉMAN

Campagne 2000

PAR

**Christophe LÉBOULANGER**

avec la collaboration technique de

**Pascal CHIFFLET, Jean-Christophe HUSTACHE et Jean-Paul MOILLE**

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

## RÉSUMÉ

*Durant l'année 2000, vingt et une campagnes de mesures du stock et de l'activité phytoplanctoniques ont été réalisées au point SHL2. Comme l'année précédente, la production annuelle nette est assez faible, estimée à 218 g de carbone fixé par m<sup>2</sup>, mais présente une évolution différente au cours du temps.*

*Les événements remarquables de cette année sont : 1) une forte activité de production en été, et 2) la persistance d'une forte biomasse phytoplanctonique, liée à une production primaire également forte, durant les deux derniers mois de l'année. La concentration moyenne pondérée en chlorophylle a dans la couche 0-10 m est en conséquence plus importante que les années précédentes, avec 6.2 mg chl a/m<sup>3</sup>. Par contre, la productivité moyenne annuelle est faible, confirmant la baisse constatée sur les dernières années de suivi.*

## 1. INTRODUCTION

Connaître le fonctionnement biologique d'un lac comme le Léman nécessite de mesurer la production primaire au sein de l'écosystème, qui va assurer ensuite le fonctionnement (croissance et reproduction) des échelons trophiques supérieurs. Cette assimilation du carbone minéral grâce à la lumière du soleil est le fait des végétaux possédant de la chlorophylle, principalement les macrophytes dans la zone littorale, et le phytoplancton dans la zone pélagique; dans un lac profond comme le Léman, la seconde est prépondérante. Pour appréhender le fonctionnement du premier échelon trophique du lac, il est alors nécessaire d'établir une représentation des stocks phytoplanctoniques (biomasse présente dans la masse d'eau à un moment donné) et de leur niveau d'activité (productivité à ce même moment). Nous présentons ici les mesures de production primaire réalisées par incorporation du <sup>14</sup>C ainsi que les mesures de chlorophylle a, indicateur global de la biomasse végétale planctonique, et pigment nécessaire à la photosynthèse. Ces mesures ont été effectuées au centre du lac à neuf profondeurs de la couche éclairée, lors de vingt et une campagnes, échelonnées du 10 janvier au 19 décembre 2000.

## 2. MÉTHODES

Au cours de l'année 2000, les 21 campagnes de mesures programmées des paramètres de production et biomasse phytoplanctoniques ont été réalisées sur la station de référence SHL2. Comme lors des campagnes précédentes, ainsi qu'il est rappelé dans LÉBOULANGER (2000), la méthode de STEEMAN-NIELSEN (1952) employant le <sup>14</sup>C comme traceur 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, où la lumière est suffisante pour permettre la photosynthèse. Chaque échantillon est fractionné en trois aliquotes, distribués dans trois flacons, enrichi en carbonate radioactif puis re-immersé à la profondeur de prélèvement où l'incubation est réalisée pendant une durée égale au tiers médian de la photopériode.

Le phytoplancton dont la matière organique est devenue radioactive est ensuite récupéré par filtration sur membrane en polycarbonate de 0.8  $\mu\text{m}$  de porosité, seuil où la plupart des cellules autotrophes est retenue. Ce filtre est ensuite traité au laboratoire en vue d'une mesure de cette radioactivité, proportionnelle à l'activité du phytoplancton. 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 moyen 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), basée sur les caractéristiques du spectre d'absorbance de la chlorophylle *a*.

### 3. RÉSULTATS

#### 3.1 Répartitions verticales

Les profils 0-30 m obtenus pour répartition de la biomasse phytoplanctonique (exprimée en  $\text{mg.chla/m}^3$ ) et de la production primaire (en  $\text{mg C assimilé/m}^3$  durant 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 en janvier et février, la biomasse phytoplanctonique augmente dès la fin du mois de mars, la répartition prenant la forme d'un pic le 11 avril, avec un maximum supérieur à  $20 \text{ mg chla/m}^3$  à deux mètres. Lors de la campagne précédant cette apparition d'un premier pic (21 mars), la répartition homogène de la biomasse sur l'ensemble des 30 mètres sous la surface, suggère un brassage préalable de la masse d'eau, diluant la faible biomasse présente sur toute la profondeur.

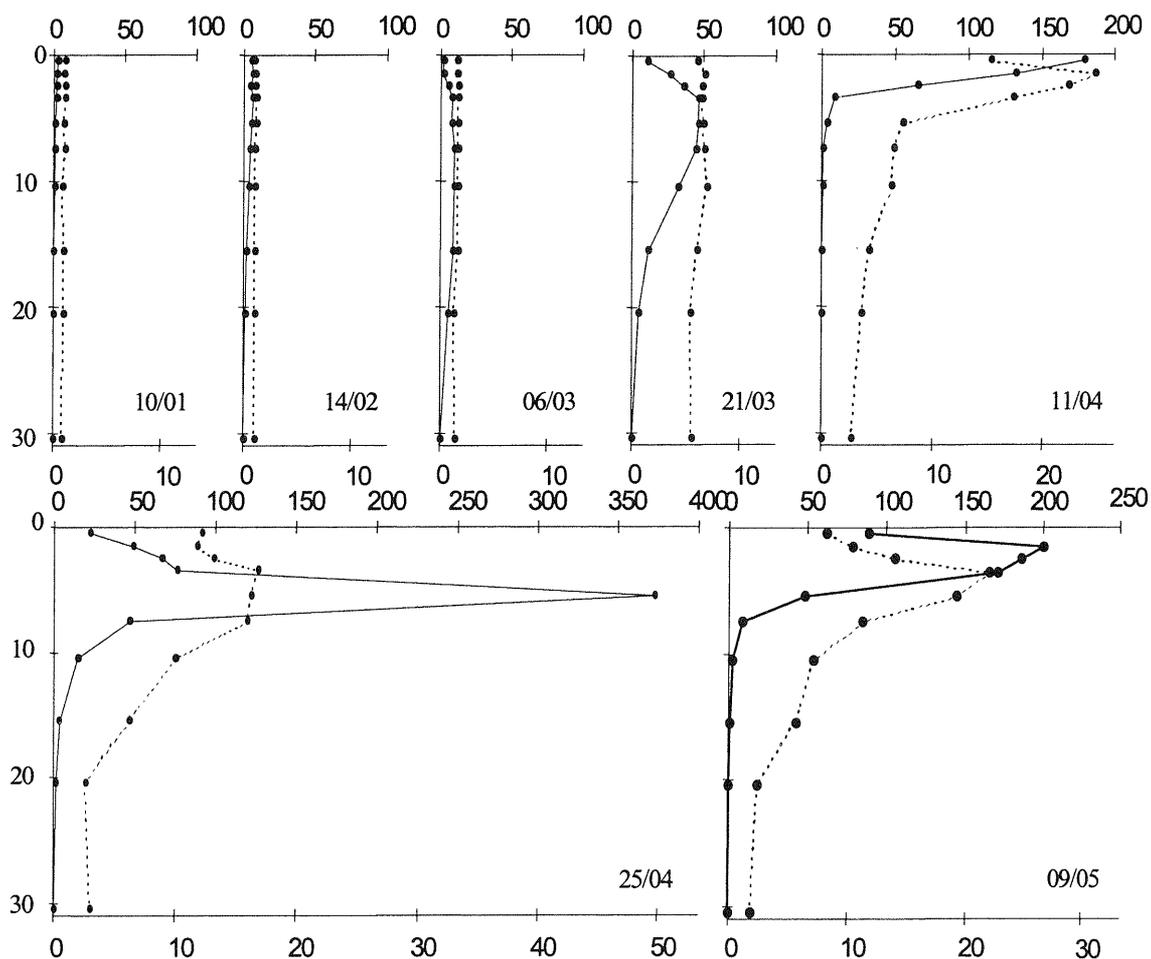


Figure 1 : Profils verticaux de la production primaire (traits pleins, échelles supérieures en  $\text{mg C fixé par m}^3$  par incubation) et de la biomasse exprimée en chlorophylle *a* (traits pointillés, échelle inférieure en  $\text{mg chla par m}^3$ ) au point SHL2 du 10 janvier au 9 mai 2000

La production primaire culmine à plus de 350 mg C fixé par litre et par incubation à 5 mètres le 25 avril, alors que la biomasse est à son apogée (légèrement supérieure à 20 mg de chla par m<sup>3</sup>) le 9 mai, à 5 mètres également.

La phase des eaux claires apparaît très nettement marquée lors de la campagne du 23 mai, avec une biomasse réduite d'un facteur proche de 10 par rapport à la campagne effectuée deux semaines auparavant, et une production nettement inférieure. Cette phase claire commence à se résorber au début du mois de juin, avec une augmentation de la biomasse, accompagnée d'une augmentation similaire de la production. Un premier pic important de biomasse apparaît fin juin à assez forte profondeur (10 m), suivi d'une réduction en juillet, et enfin d'une nouvelle augmentation de moindre ampleur en août. Cette évolution diffère fortement de celle constatée en 1999, où la biomasse élevée de la fin de l'été était accompagnée d'une faible production. Le phytoplancton qui s'est développé en août 2000 ne montrait pas de signe de ralentissement de l'activité photosynthétique.

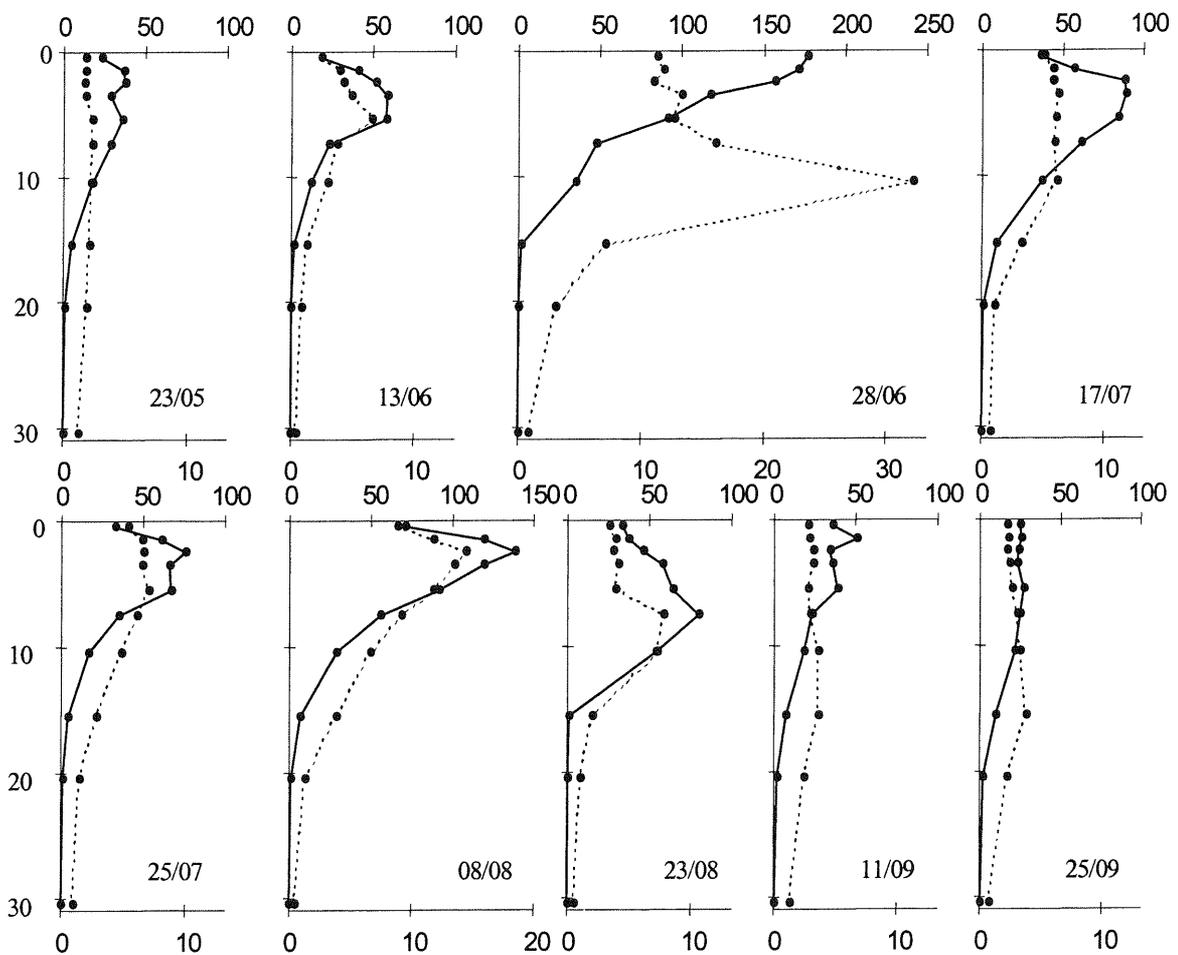


Figure 1 (suite) : Profils verticaux de la production primaire et de la biomasse exprimée en chlorophylle a au point SHL2 du 23 mai au 25 septembre 2000 (mêmes unités)

Enfin, l'activité et la biomasse phytoplanctoniques décroissent fortement à l'automne, puis de façon surprenante on observe à partir du mois de novembre une forte biomasse de la diatomée *Tabellaria flocculosa* (DRUART et al., 2001), répartie de façon homogène dans la colonne d'eau, avec une activité photosynthétique non négligeable.

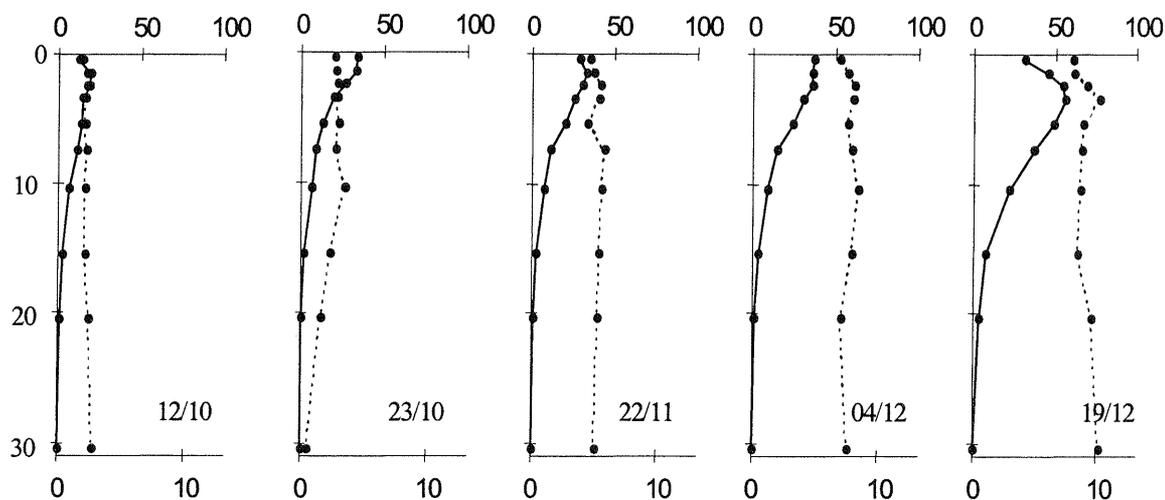


Figure 1 (suite) : Profils verticaux de la production primaire et de la biomasse exprimée en chlorophylle a au point SHL2 du 10 octobre au 19 novembre 2000 (mêmes unités)

Tableau 1 - Principaux paramètres de la production primaire.

DATE	$\Sigma A$ mgC/m <sup>2</sup> .inc	PPj mgC/m <sup>2</sup> .j	A <sub>max</sub> mgC/m <sup>3</sup> .inc	Chl A <sub>max</sub> mg/m <sup>3</sup>	Chl 0-10 mg/m <sup>2</sup>	Chl 0-30 mg/m <sup>2</sup>	T ds m
10/01/00	15	34	2.2	1.01	10.04	28	12.0
14/02/00	78	173	6.2	1.13	10.72	32	13.0
06/03/00	177	393	10.0	1.66	16.10	45	13.0
21/03/00	551	1'223	46.0	6.49	66.35	182	6.3
11/04/00	286	634	131.9	24.86	125.30	203	3.0
25/04/00	1'200	2'663	372.3	16.23	144.03	234	2.9
09/05/00	862	1'913	200.5	10.45	140.99	214	1.7
23/05/00	376	834	37.2	1.73	20.74	57	7.2
13/06/00	428	950	58.0	4.82	43.54	65	5.5
28/06/00	1'073	2'381	176.5	11.33	156.69	299	4.7
17/07/00	823	1'826	88.6	6.21	59.47	103	5.2
25/07/00	575	1'278	75.1	6.62	63.00	106	4.2
08/08/00	969	2'151	138.2	14.36	108.74	156	4.4
23/08/00	731	1'622	79.3	7.82	52.76	91	5.3
11/09/00	410	910	50.4	2.84	30.11	81	6.9
25/09/00	355	789	27.0	2.68	27.03	74	8.4
12/10/00	165	367	19.1	2.22	21.45	70	9.2
23/10/00	191	425	33.4	2.67	29.23	64	8.7
22/11/00	236	524	32.5	4.98	52.74	159	9.4
04/12/00	279	620	36.7	6.96	78.75	231	8.3
19/12/00	537	1'193	55.6	10.25	89.69	277	8.3

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<sub>max</sub> : Production maximale relevée sur un profil, exprimée en mg de C assimilé par mètre cube d'eau pendant la période d'incubation

Chl A<sub>max</sub> : Concentration en chlorophylle a (mg/m<sup>3</sup>) correspondant à A<sub>max</sub>

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

T ds : Transparence exprimée en mètres = profondeur de disparition du disque de Secchi.

### 3.2 Variations saisonnières

La phase printanière (biomasse et production élevées) 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 SHL2 suit de façon très fidèle cette évolution. Ceci est à comparer avec les estimations de biomasse totale (DRUART et al., 2001). Cette poussée printanière est suivie d'une phase claire bien marquée en juin puis d'une nouvelle augmentation en juillet. Le phénomène inattendu durant l'année 2000 a été l'apparition d'une forte biomasse persistante de diatomées lors des mois de novembre et décembre.

Tableau 2 - Evolution à long terme de la production primaire nette annuelle (PPAN en gC/m<sup>2</sup>.an) et de la concentration annuelle moyenne en chlorophylle a (en mg/m<sup>3</sup>) intégrée sur 0-10 m

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Production primaire annuelle nette (gC/m <sup>2</sup> an)	359	268	295	223	205	282	249	272	210	217
Chlorophylle a 0-10 m moyenne annuelle (mg/m <sup>3</sup> )	5.6	5.1	5.0	5.2	5.5	6.7	5.8	5.1	5.2	6.3
	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Production primaire annuelle nette (gC/m <sup>2</sup> an)	231	230	190	174	185	279	299	295	293	258
Chlorophylle a 0-10 m moyenne annuelle (mg/m <sup>3</sup> )	7.5	5.2	4.5	5.6	6.4	5.5	6.1	5.8	4.4	4.8

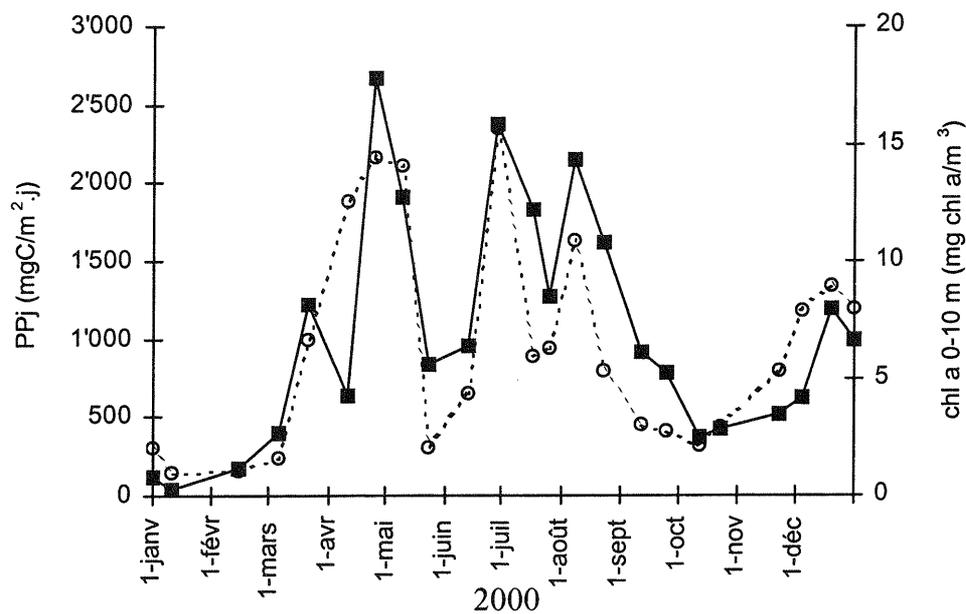


Figure 2 : Evolutions comparées de la production primaire par unité de surface (traits pleins, carrés noirs) et de la biomasse totale intégrée sur les dix premiers mètres (traits pointillés, cercles blancs) au cours de l'année 2000 au point SHL2

La répartition de la biomasse phytoplanctonique, exprimée en  $\text{mg chl a/m}^2$ , 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). Le phytoplancton se répartit plus en profondeur dans la colonne d'eau.

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-mars et minimale en mai.

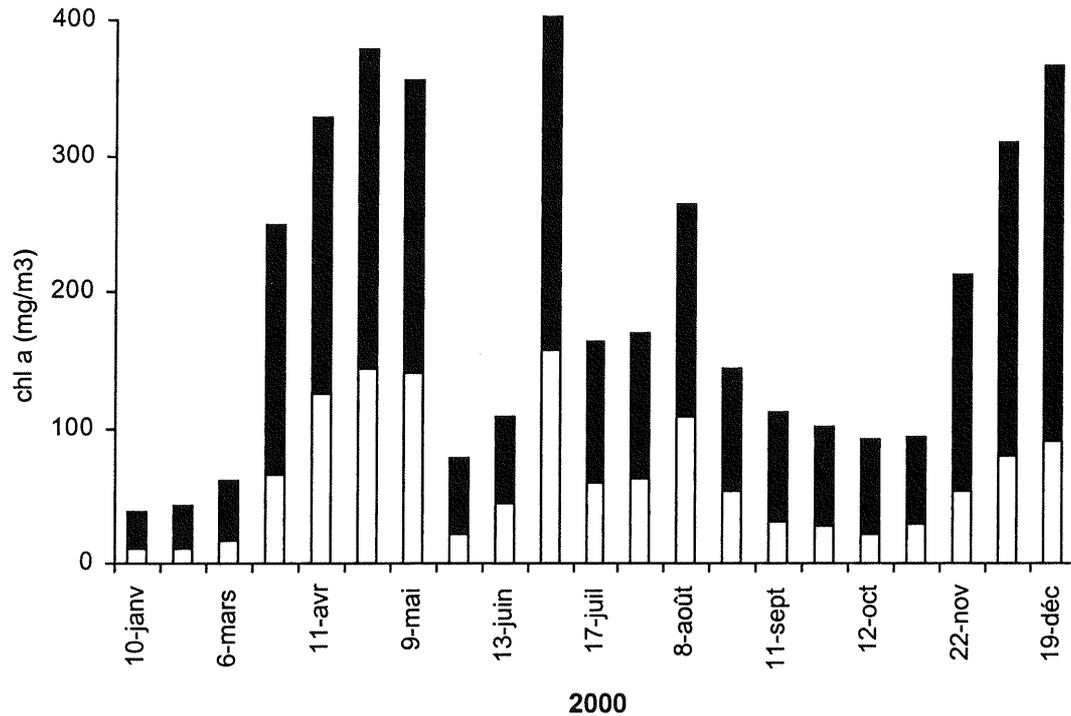


Figure 3 : Evolution des biomasses chlorophylliennes intégrées, au cours de l'année 2000, dans les dix premiers mètres (barres inférieures vides) et dans la couche 10-30 m (barres supérieures pleines) au point SHL2

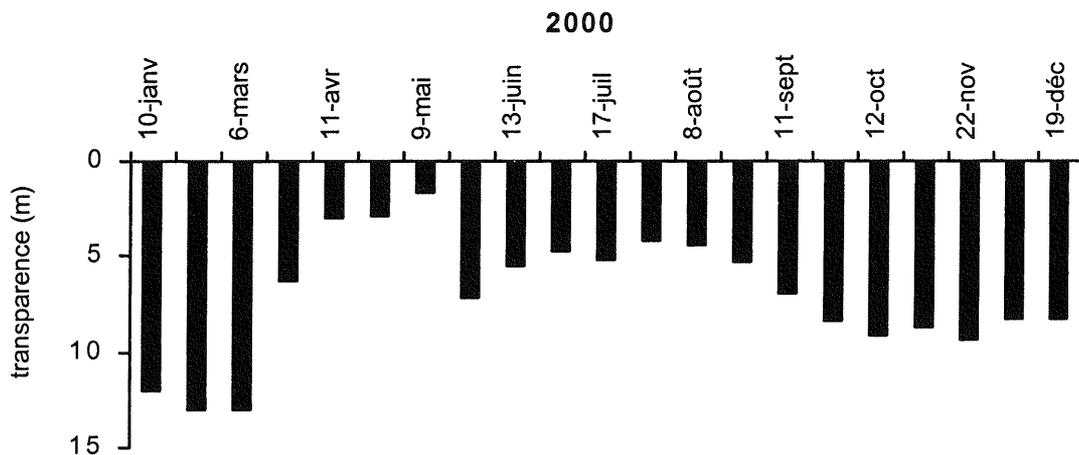


Figure 4 : Evolution de la transparence, mesurée comme profondeur de disparition du disque de Secchi, au cours de l'année 2000 au point SHL2

### 3.3 Production annuelle

Le calcul de la production annuelle nette cumulée donne une valeur faible ( $218 \text{ gC/m}^2.\text{an}$ ), en dépit de fortes densité et activité phytoplanctoniques en fin d'été et durant les mois de novembre et décembre. 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 1994 à 1997, seule l'année 1998 ayant montré une productivité plus élevée lors des cinq dernières années (Tableau 2, figure 5). Cette productivité est égale à environ 35 grammes de carbone fixés par an par milligramme de chlorophylle a présent dans la couche 0-10 m.

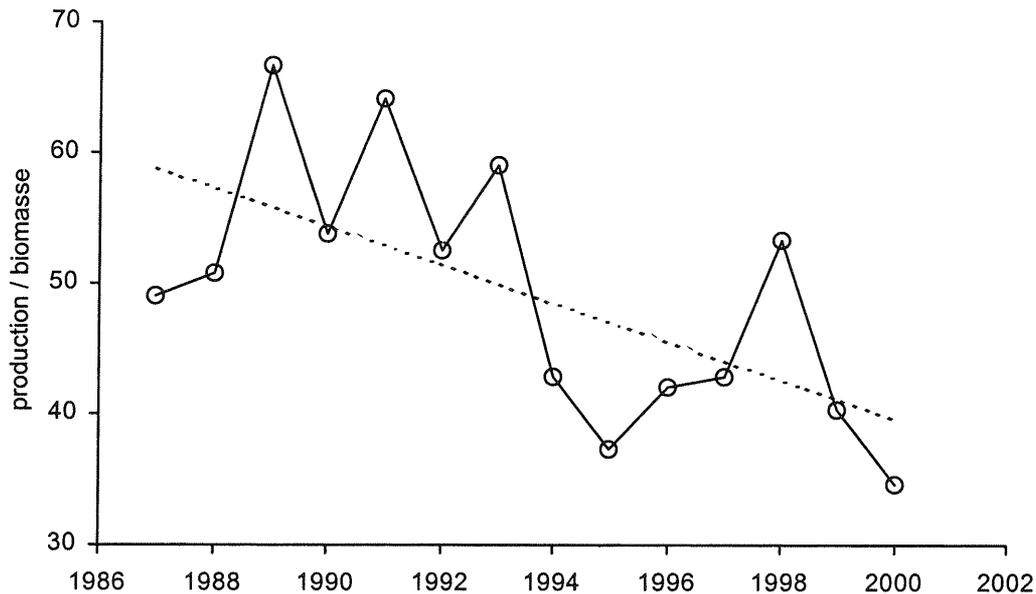


Figure 5 : Evolution au cours des quatorze dernières années de la productivité pélagique, exprimée par le rapport production annuelle sur biomasse chlorophyllienne moyenne dans la couche 0-10 m au point SHL2

## 4. CONCLUSIONS

L'année 2000 ressemble par certains points aux années précédentes, notamment par un fort développement de fin d'été, dont l'activité photosynthétique reste élevée (contrairement à la fin de l'été 1999, où la biomasse élevée était peu productive). La productivité semble continuer à baisser relativement aux années 90, mais le fait que la biomasse phytoplanctonique soit présente de plus en plus profondément peut contribuer à biaiser cette observation. Il est cependant évident que cette approfondissement, maintenant établi depuis quelques années, est lié à la diminution plus rapide au printemps de la concentration en phosphore disponible dans la couche éclairée (ANNEVILLE et al., 2001, RAPIN et al., 2001); un tel phénomène doit amener à reconsidérer les protocoles d'échantillonnage du phytoplancton.

Le fait marquant reste la persistance d'une forte biomasse de diatomées (*Tabellaria flocculosa*) en novembre et décembre (dont la présence de façon homogène est attestée par les mesures de fluorescence réalisées à la sonde multiparamètres jusqu'à 45 m de profondeur), dont les causes pourraient être d'ordre climatique. Vu l'activité non négligeable du phytoplancton durant ces deux mois, il sera intéressant de vérifier si une baisse relative des nutriments disponibles à la fin de l'hiver 2000-2001 aura modifié la façon dont la succession saisonnière se met en place au début de l'année suivante.

**BIBLIOGRAPHIE**

- ANNEVILLE, O., GINOT, V. et ANGELI, N. (2001) : Evolution de l'état de santé du Léman par l'analyse des séries chronologiques du phytoplancton. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2000.
- COLON, M. (2001) : Météorologie. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2000.
- 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.
- LEBOULANGER, C. (2000) : Evolution de la production phytoplanctonique dans le Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1999, 59-66.
- 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 LEBOULANGER, C. (1999) : Evolution de la production phytoplanctonique dans le Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1998, 61-68.
- RAPIN, F., NIREL, P., REVACLIER, R., LAZZAROTTO, J. et CORVI, C. (2001) : Evolution physico-chimique des eaux du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2000.
- 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 p.