

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

Campagne 2001

PAR

**Christophe LEBOULANGER**

avec la collaboration technique de

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

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

## RÉSUMÉ

*Durant l'année 2001, dix-huit campagnes de mesures du stock et de l'activité phytoplanctonique ont été réalisées au point SHL2. Contrairement à l'année précédente, la production annuelle nette a été très forte, estimée à 381 g de carbone fixé par m<sup>2</sup>, soit 75 % de plus qu'en 2000. Les événements remarquables de cette année sont : 1) une forte activité de production durant toute l'année, 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<sub>a</sub>/m<sup>3</sup>. La productivité moyenne annuelle est forte, contrastant avec les années 1999-2000, et comparable à la période 1987-1993. Il convient de souligner l'importance des biomasses chlorophylliennes en dessous de 10 m de profondeur pendant toute la belle saison, confirmant les projections déjà émises lors des rapports précédents.*

## 1. INTRODUCTION

L'assimilation du carbone minéral dissous dans l'eau lors de la photosynthèse, par le phytoplancton dans la zone pélagique, signe le fonctionnement du premier échelon trophique du lac. L'évolution 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), au cours d'une année civile, mais également sur une période de plusieurs années, peut permettre à comprendre de quelle façon la biologie du Léman réagit et s'adapte aux changements environnementaux majeurs que sont la diminution du stock de phosphate et le réchauffement climatique. Cette compréhension est nécessaire si l'on désire construire des prévisions pour le futur, et également si l'on désire adapter les stratégies de gestion, sur la base de l'acquisition de connaissances nouvelles. Nous présentons 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 dix profondeurs de la couche éclairée, lors de dix-huit campagnes, échelonnées du 17 janvier au 26 novembre 2001.

## 2. MÉTHODES

Au cours de l'année 2001, les 18 campagnes de mesures programmées des paramètres de production et biomasse phytoplanctoniques ont été réalisées sur la station de référence SHL2 selon le même protocole depuis plus de quinze années. Comme lors des campagnes précédentes, ainsi qu'il est rappelé dans LEBOULANGER (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 dix profondeurs échantillonnées s'échelonnent de zéro à trente mètres dans la couche euphotique, où la lumière est suffisante pour permettre la photosynthèse (0, 1, 2, 3.5, 5, 7.5, 10, 15, 20 et 30 m). 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 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 sont retenues. 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 dix 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 la répartition de la biomasse phytoplanctonique (exprimée en  $\text{mg chl}a/\text{m}^3$ ) et de la production primaire (en  $\text{mg C assimilé}/\text{m}^3$  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.

Déjà significativement élevée, la biomasse phytoplanctonique pendant la fin de l'hiver et le début du printemps présente une répartition homogène dans la colonne d'eau jusqu'à 30 m. Le phytoplancton ne se développe vraiment qu'à partir de la fin avril, la répartition prenant la forme d'un pic le 9 mai, avec un maximum supérieur à  $7 \text{ mg chl}a/\text{m}^3$  à cinq mètres. Lors de la campagne précédant cette apparition d'un premier pic (24 avril), la répartition homogène de la biomasse sur la couche 0-10 m montre une activité forte, dont peut résulter l'augmentation de biomasse observée par la suite.

Tableau 1 - Principaux paramètres de la production primaire.

$\Sigma A$  : production primaire totale lors de l'incubation; PPj : production primaire journalière calculée; Amax : production maximale lors de l'incubation, correspondant à la biomasse Chl Amax; Tds : profondeur de disparition du disque de Secchi.

Date	$\Sigma A$ $\text{mgC}/\text{m}^2.\text{inc}$	PPj $\text{mgC}/\text{m}^2.\text{j}$	Amax $\text{mgC}/\text{m}^3.\text{inc}$	Chl Amax $\text{mg}/\text{m}^3$	Chl 0-10 m $\text{mg}/\text{m}^2$	Chl 0-30 m $\text{mg}/\text{m}^2$	Tds m
17/01/2001	187	415	21	6.34	76.38	210	7.0
12/02/2001	368	817	31	6.64	66.36	191	8.9
05/03/2001	281	625	23	4.73	46.26	156	8.7
26/03/2001	489	1'085	51	4.40	43.54	130	7.5
09/04/2001	761	1'690	143	5.52	46.40	89	4.2
24/04/2001	957	2'125	241	9.44	91.29	158	4.4
09/05/2001	1'390	3'085	174	7.64	62.70	79	4.5
22/05/2001	1'281	2'844	194	3.72	31.61	48	6.5
11/06/2001	1'286	2'855	130	4.76	46.45	65	8.0
25/06/2001	1'677	3'722	228	13.27	81.39	128	6.0
09/07/2001	1'482	3'290	209	10.63	167.25	388	3.8
23/07/2001	1'636	3'631	284	10.31	111.54	248	3.6
09/08/2001	1'371	3'043	268	8.84	118.27	619	3.6
21/08/2001	934	2'074	89	32.58	102.78	531	4.0
24/09/2001	561	1'245	109	5.59	55.43	103	5.3
09/10/2001	828	1'839	93	4.02	50.54	131	6.0
22/10/2001	626	1'389	62	5.56	53.17	128	6.7
26/11/2001	402	893	37	2.34	23.54	66	9.2

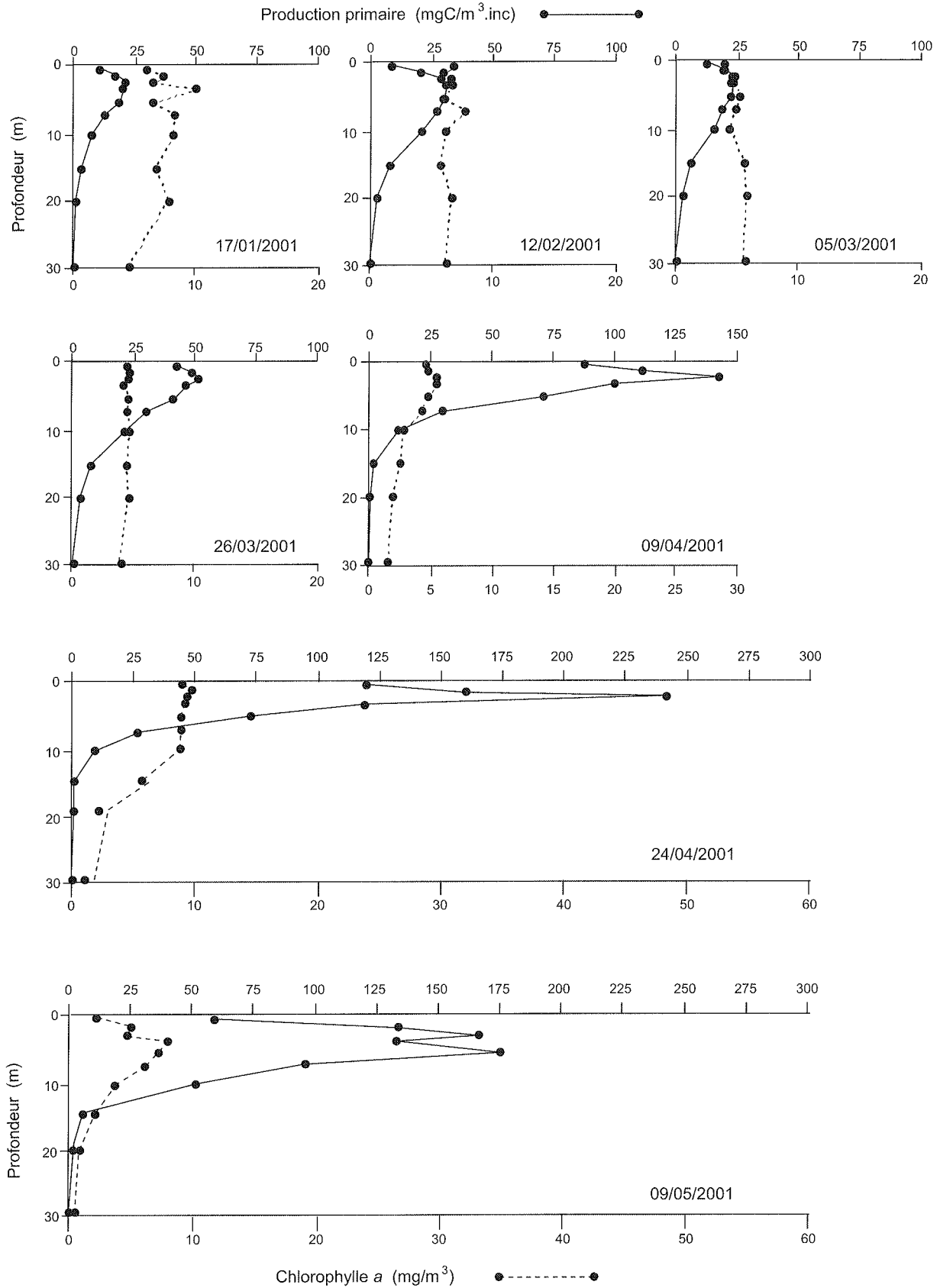


Figure 1 : Profils verticaux de la production primaire (traits pleins, échelles supérieures en  $\text{mgC}$  fixé par  $\text{m}^3$  et par incubation) et de la biomasse exprimée en chlorophylle a (traits pointillés, échelle inférieure en  $\text{mg chla}$  par  $\text{m}^3$ ) au point SHL2 du 17 janvier au 9 mai 2001

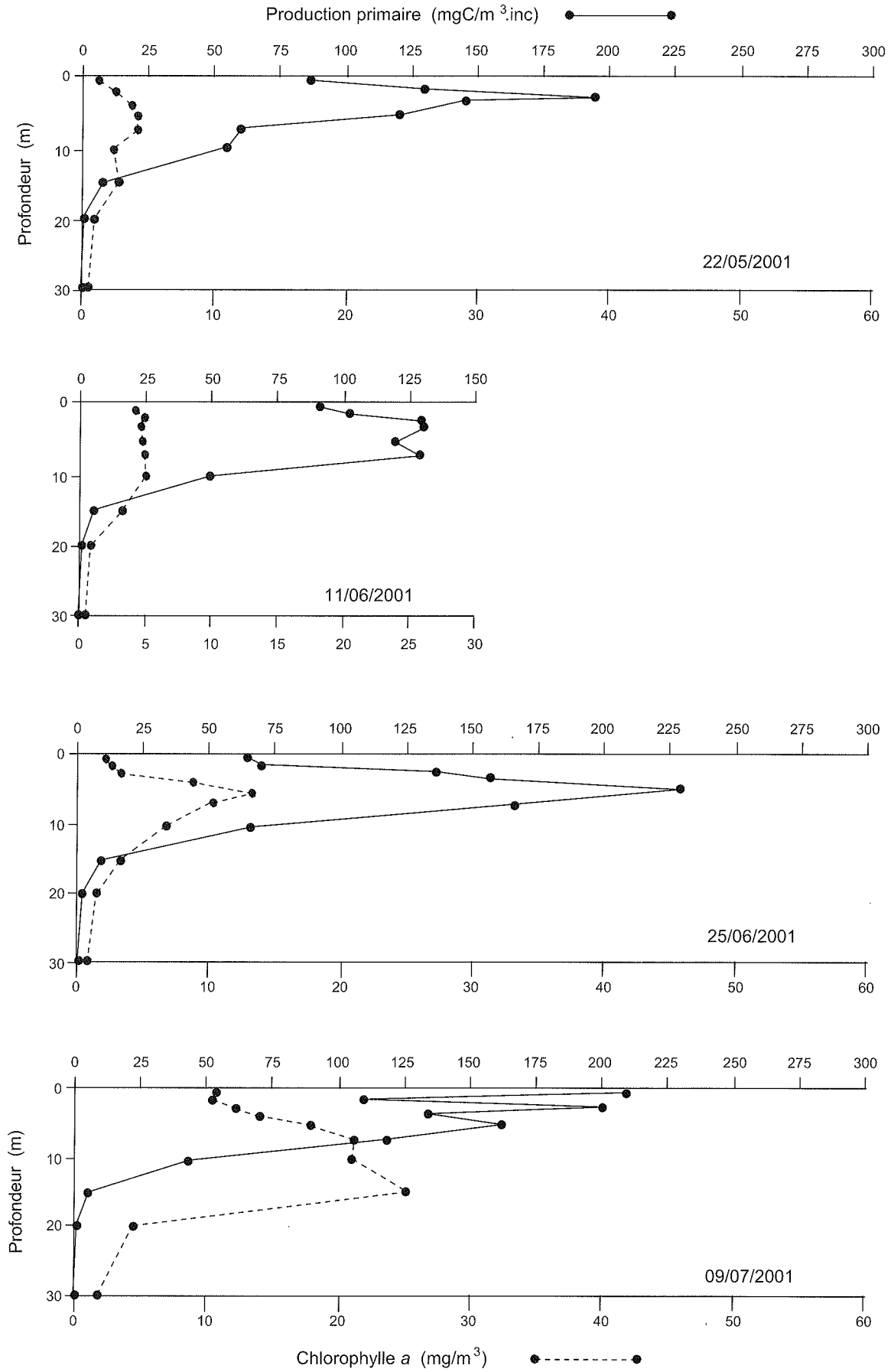


Figure 1 (suite) : Profils verticaux de la production primaire et de la biomasse exprimée en chlorophylle a au point SHL2 du 22 mai au 9 juillet 2001 (mêmes unités)

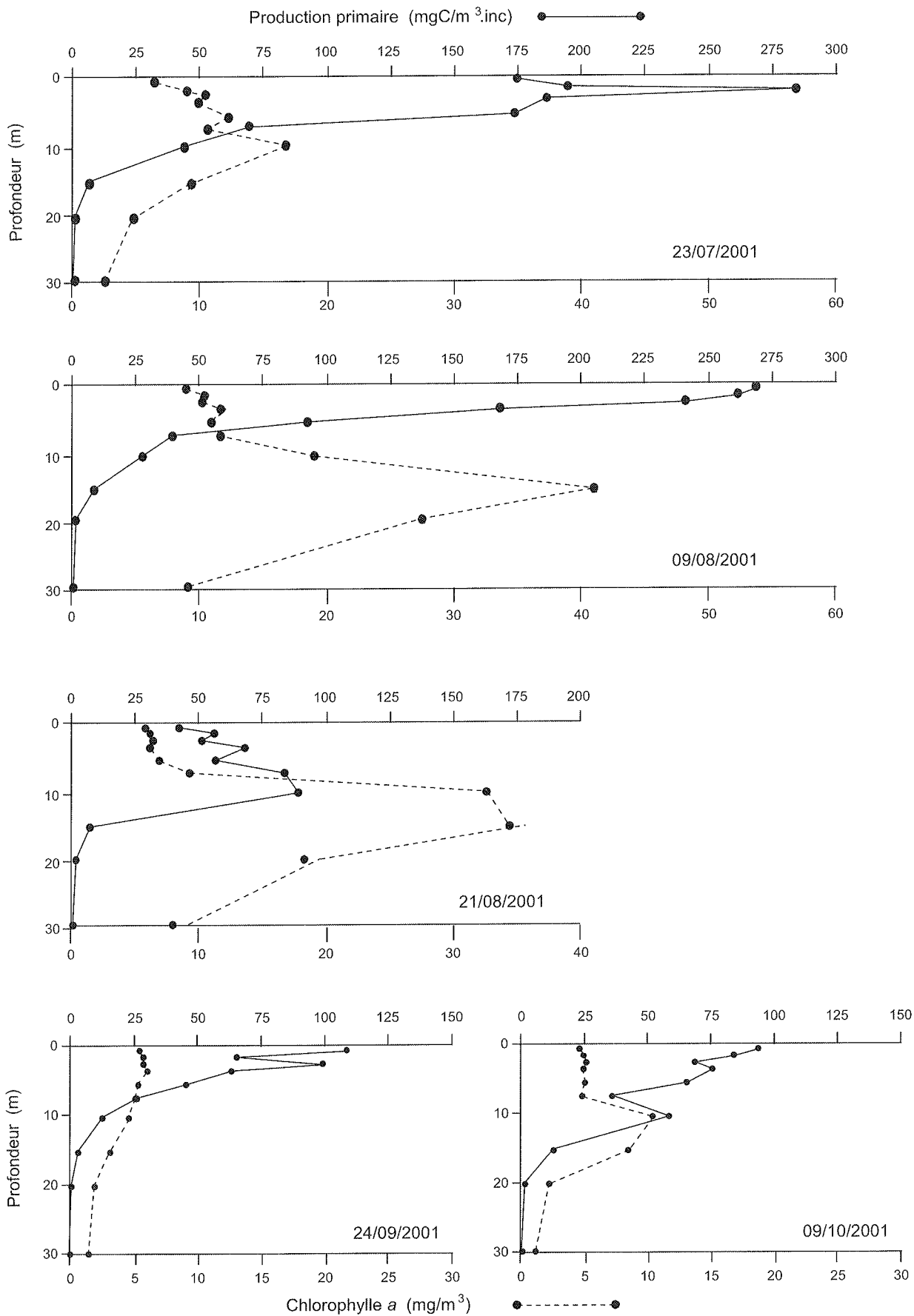


Figure 1 (suite) : Profils verticaux de la production primaire et de la biomasse exprimée en chlorophylle a au point SHL2 du 23 juillet au 9 octobre 2001 (mêmes unités)

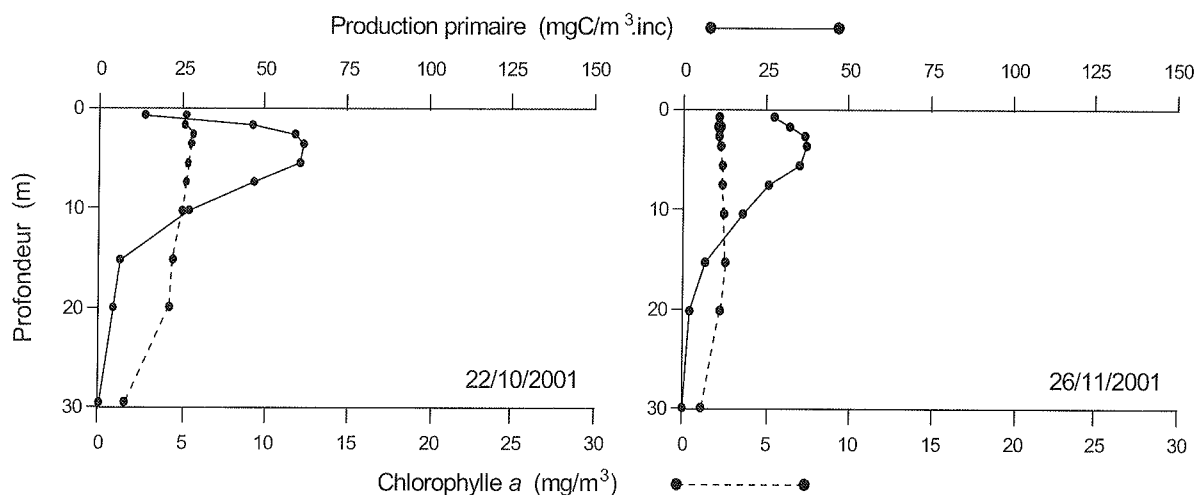


Figure 1 (suite et fin) : Profils verticaux de la production primaire et de la biomasse exprimée en chlorophylle a au point SHL2 du 10 octobre au 19 novembre 2001 (mêmes unités)

La production primaire pré-estivale culmine à près de 150 mg C fixé par m<sup>3</sup> et par incubation à 5 mètres le 9 avril, après trois mois de production soutenue dans la couche 0-15 m.

La phase des eaux claires apparaît marquée lors des campagnes du 22 mai et 11 juin, mais la diminution de biomasse n'est pas aussi brutale que lors des années précédentes, et la production totale reste très forte. Cette phase claire commence à se résorber à la fin de juin, avec une augmentation de la biomasse, sans augmentation comparable de la production. Un premier pic important de biomasse apparaît fin juin à 5 m, qui s'étend ensuite au cours de l'été, à la fois dans son amplitude (jusqu'à 41 mg chl<sub>a</sub>/m<sup>3</sup>), et vers les couches profondes (maximum de biomasse à 15 m pendant toute la période considérée). Cette évolution diffère fortement de celle des années précédentes, biomasse et activité photosynthétique s'étant significativement approfondies.

Enfin, l'activité et la biomasse phytoplanctoniques décroissent fortement à l'automne, tout en se maintenant à un niveau significatif jusqu'en novembre.

### 3.2 Variations saisonnières

Les trois premiers mois de l'année montrent une biomasse élevée, en tout point comparable à celle habituellement relevée au cours du premier pic printanier, mais avec une activité inférieure (qui reste cependant très élevée et contribue significativement à la forte production totale de l'année 2001). La biomasse totale 0-30 m décroît graduellement de janvier à fin mars (de 210 à 130 mg chl<sub>a</sub>/m<sup>2</sup>), et chute ensuite plus abruptement. La phase printanière (biomasse et production élevées) est marquée de façon semblable aux années précédentes, avec un maximum de biomasse exprimée en chlorophylle a de 158 mg/m<sup>2</sup> dans la couche 0-30 m fin avril, restant apparemment stable jusqu'au début du mois de juin. La production primaire totale par unité de surface au point SHL2 suit de façon très fidèle cette évolution. Cette poussée printanière est suivie d'une phase claire peu marquée en juin puis d'une nouvelle et très forte augmentation en juillet.

La répartition de la biomasse phytoplanctonique, exprimée en mg chl<sub>a</sub>/m<sup>2</sup>, présente également cette année une évolution particulière : 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 et octobre, et minimale en juillet-août.

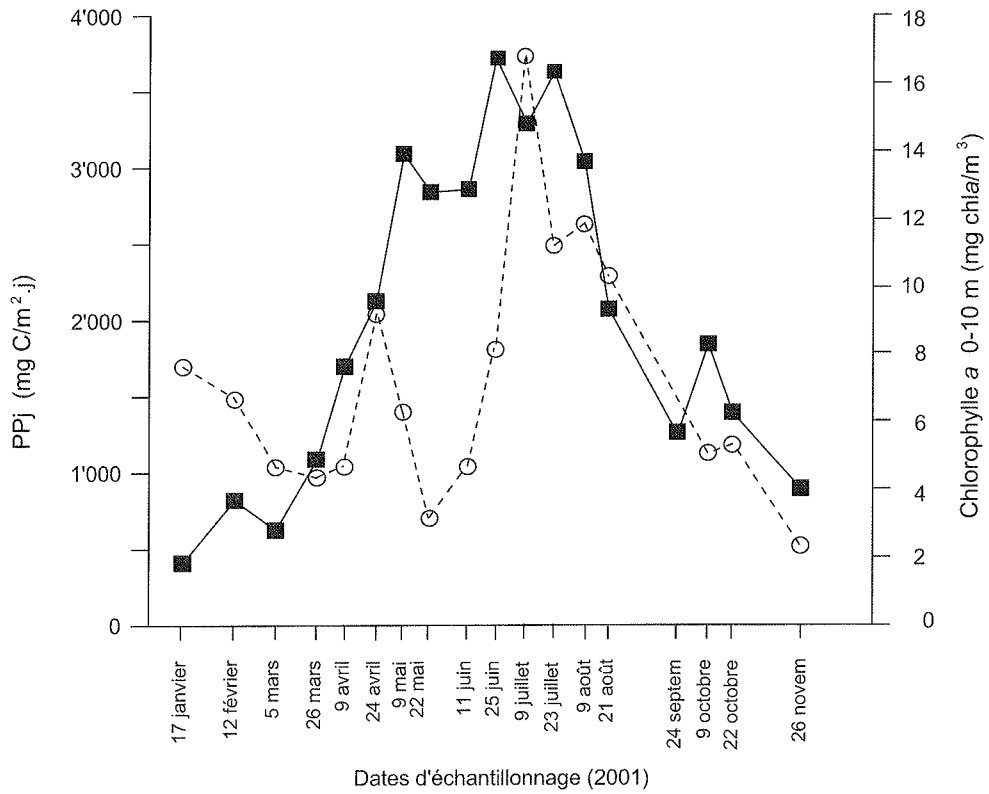


Figure 2 : Evolutions comparées de la production primaire par unité de surface (traits pleins, carrés noirs) et de la biomasse totale intégrée sur les dix premiers mètres (traits pointillés, cercles blancs) au cours de l'année 2001 au point SHL2.

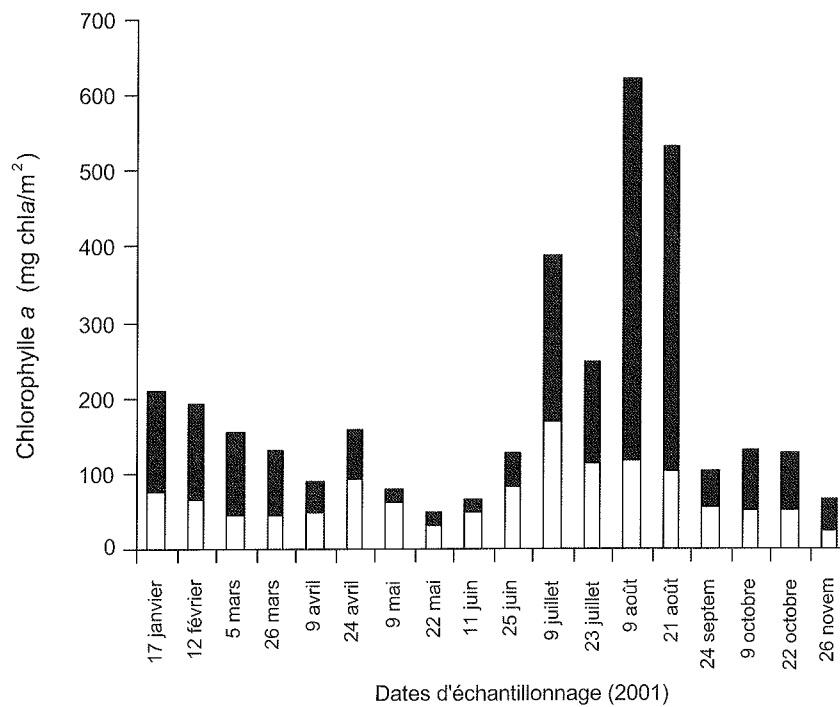


Figure 3 : Evolution des biomasses chlorophylliennes intégrées, au cours de l'année 2001, dans les dix premiers mètres (barres inférieures vides) et dans la couche 10-30 m (barres supérieures pleines) au point SHL2.

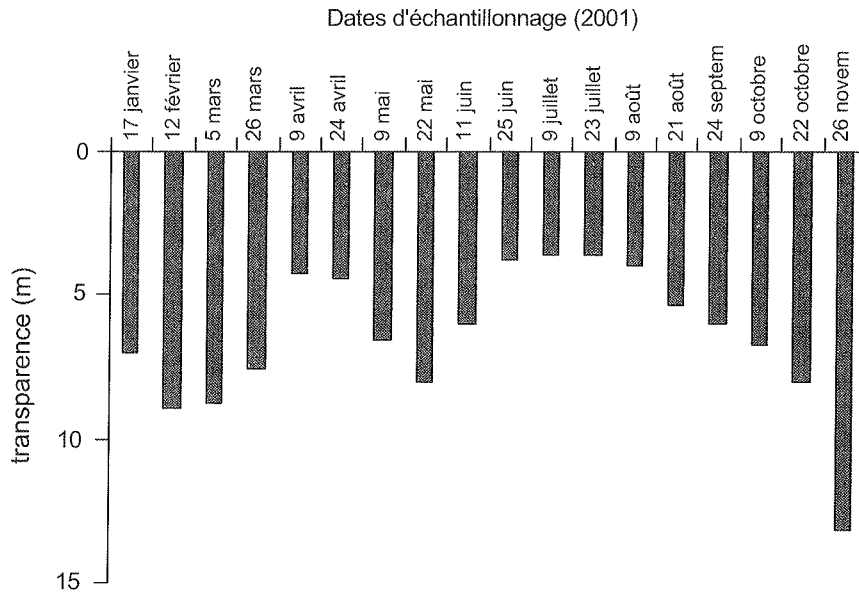


Figure 4 : Evolution de la transparence, mesurée comme profondeur de disparition du disque de Secchi, au cours de l'année 2001 au point SHL2.

### 3.3 Production annuelle

Le calcul de la production annuelle nette cumulée donne une valeur très forte (381 g C/m<sup>2</sup>.an), soit 75 % de plus par rapport à l'année 2000 (LEBOULANGER, 2001). Sont relevées de très fortes et inhabituelles densités et activités phytoplanctoniques en fin d'hiver, durant tout l'été et durant le mois de novembre. 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 élevé, proche de celui calculé pour les années 1987-1993 (tableau 2, figure 5). Cette productivité est égale à environ 55 grammes de carbone fixés par an par milligramme de chlorophylle a présente dans la couche 0-10 m.

Tableau 2 - Evolution à long terme de la production primaire nette annuelle (PPAN en g C/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.

Année	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01
PPAN	185	279	299	295	293	258	359	268	295	223	205	282	249	272	210	217	381
chl a 0-10	6.4	5.5	6.1	5.8	4.4	4.8	5.6	5.1	5.0	5.2	5.5	6.7	5.8	5.1	5.2	6.3	6.2

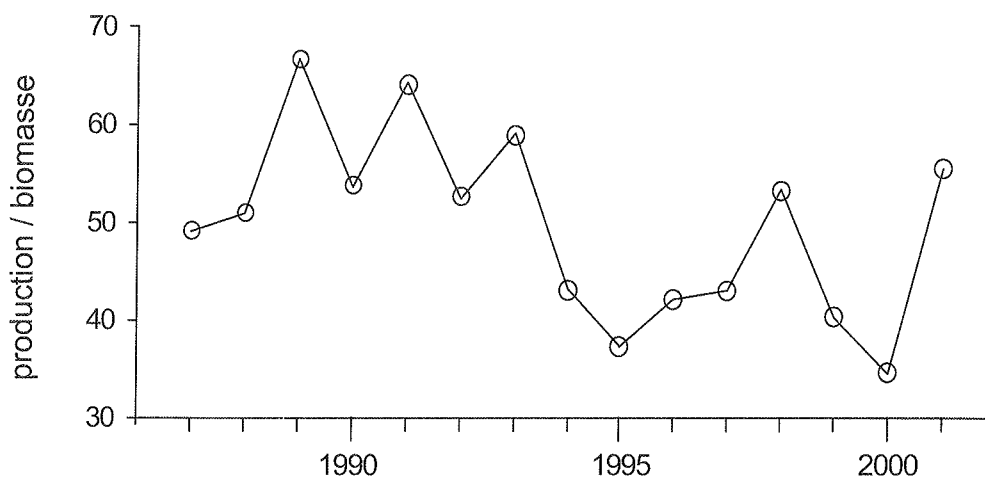


Figure 5 : Evolution au cours des quatorze dernières années de la productivité pélagique, exprimée par le rapport production annuelle (g C/m<sup>2</sup>) sur biomasse chlorophyllienne moyenne (g chl a/m<sup>2</sup>) dans la couche 0-10 m au point SHL2.



#### 4. CONCLUSIONS

L'année 2001 montre une rupture forte dans la dynamique de la production et de la biomasse phytoplanctonique par rapport aux années précédentes. Malgré la diminution persistante du phosphore dissous dans les couches supérieures du lac, et un appauvrissement précoce de ces mêmes masses d'eau à la fin de l'hiver 2000-2001, la biomasse reste élevée mais surtout très productive. La production phytoplanctonique globale est par conséquent beaucoup plus élevée que ces dernières années, notamment l'hiver sous forme de nanophytoplancton consommable par le zooplancton. Cependant, la productivité, correspondant au rendement de production pour une biomasse donnée, reste modérée et respecte la tendance observée ces dix dernières années.

Encore une fois, le phytoplancton colonise les couches d'eau les plus profondes, montrant des abondances significatives au-delà de 10 m de profondeur. Ceci démontre une fois de plus l'intérêt faiblissant d'utiliser la biomasse en chlorophylle sur la couche 0-10 m, ainsi que les espèces phytoplanctoniques présentes, comme descripteur du compartiment producteurs primaires du Grand Lac.

#### BIBLIOGRAPHIE

- ANNEVILLE, O., GINOT, V. et ANGELI, N. (2001) : Evolution de l'état de santé du Léman évaluée par l'analyse des séries chronologiques du phytoplancton. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2000, 161-189.
- COLON, M. (2001) : Météorologie. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2000, 25-36.
- DRUART, J.C., REVACLIÉ, R., CAUZZI, N. et LAVIGNE, S. (2001) : Evolution du phytoplancton du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2000, 81-90.
- LEBOULANGER, C. (2001) : Dynamique de la production phytoplanctonique et de la biomasse chlorophyllienne dans le Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2000. 73-80.
- 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., REVACLIÉ, R., LAZZAROTTO, J. et CORVI, C. (2001) : Evolution physico-chimique des eaux du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2000, 37-72.
- 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.