

EVOLUTION DE LA PRODUCTION PRIMAIRE OU PRODUCTION ORGANIQUE DANS LE LEMAN

Campagne 1990

PAR

Jean Pierre PELLETIER

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

RESUME

La concentration en chlorophylle est une estimation de la biomasse du phytoplancton, alors que la production primaire exprime la vitesse de synthèse de la matière organique, et par conséquent le taux de renouvellement de la biomasse. En 1990, les maximums printaniers de biomasse et de production (près de 30 mg.m^{-3} de chlorophylle et plus de $4'200 \text{ mg C.m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$) sont encore plus élevés que ceux des trois années précédentes. En revanche, en été et en automne, le développement du phytoplancton est fortement limité par les très faibles concentrations en phosphore qui subsistent dans la couche supérieure. A l'échelle de l'année, la concentration moyenne en chlorophylle dans les dix premiers mètres (4.8 mg.m^{-3}) reste faible et la production primaire ($258 \text{ g C.m}^{-2} \cdot \text{an}^{-1}$) présente une légère diminution par rapport aux valeurs particulièrement élevées des trois dernières années.

INTRODUCTION

La production primaire du Léman est essentiellement due au phytoplancton, les macrophytes de la zone littorale n'apportant qu'une production inférieure à 1 % de la production globale (WATTENHOFER, 1984)

La biomasse exprime l'importance du stock de phytoplancton existant à un instant donné. Or ce stock disparaît de la zone euphotique par le jeu de plusieurs processus : consommation par le zooplancton, décomposition par les bactéries et sédimentation. Son maintien apparent dans la zone euphotique résulte d'une multiplication rapide des algues unicellulaires qui le constituent. La production primaire exprime le taux de renouvellement du stock de phytoplancton. Le concept dynamique de production, assimilable à une vitesse, complète la notion statique de biomasse, insuffisante pour traduire l'état trophique d'un lac.

METHODES

Evaluer la production primaire revient à mesurer l'intensité de la photosynthèse réalisée par les algues planctoniques. Nous utilisons la méthode de STEEMANN NIELSEN (1952), qui doit sa grande sensibilité à l'emploi du carbone 14 comme traceur. On procède à des prélèvements d'eau à neuf profondeurs échelonnées dans la zone euphotique, jusqu'à 20 mètres de profondeur. Chaque échantillon, réparti dans trois flacons, est enrichi en carbonate de sodium marqué au ^{14}C , puis immergé à la profondeur à laquelle il a été prélevé. L'incubation *in situ* a lieu systématiquement pendant le tiers médian de la période diurne, ce qui facilite l'extrapolation des résultats à la journée entière. Après incubation, le phytoplancton contenu dans chaque flacon est recueilli sur une membrane filtrante de 0.8 micromètres de porosité et la quantité de ^{14}C incorporé dans le phytoplancton est mesurée par scintillation en milieu liquide. La connaissance du taux d'incorporation du ^{14}C permet de calculer la quantité de carbone assimilé par photosynthèse.

La concentration en chlorophylle *a* est mesurée par spectrophotométrie, après extraction des pigments dans l'acétone, selon la méthode de STRICKLAND et PARSONS (1968). Cette mesure est un paramètre de la biomasse du phytoplancton, mais aussi un indicateur de son potentiel photosynthétique.

PROFILS VERTICAUX

Les variations verticales de la production primaire et de la biomasse du phytoplancton, exprimée en chlorophylle, sont représentées dans la figure 1; les paramètres correspondants sont récapitulés dans le tableau 1. Production et biomasse restent très faibles de janvier à mars, l'énergie lumineuse incidente et l'absence de stratification thermique étant alors les facteurs limitants. La production augmente fortement dès le mois d'avril, pour atteindre un maximum particulièrement élevé début mai, soit $535 \text{ mg C.m}^{-3}.\text{exp}^{-1}$ à 2 m, alors que le maximum ne dépassait pas 400 mg les deux années précédentes. On remarque la situation particulière du 23 avril, où les concentrations en chlorophylle sont très importantes (30 à 40 mg m^{-3} dans les cinq premiers mètres), alors que la production reste modérée et cantonnée à la couche superficielle. Ce cas de figure s'explique par un ciel très couvert limitant fortement l'énergie radiante incidente (166 J.cm^{-2} pendant la période d'incubation). De telles conditions contrastent avec celles du prélèvement suivant (9 mai), caractérisées par un temps très ensoleillé ($1'400 \text{ J.cm}^{-2}$ pendant la période d'exposition) qui permet une production très forte à partir d'une biomasse moins importante. Le pic de biomasse phytoplanctonique de printemps, constitué pour plus de 50 % de cryptophycées nanoplanctoniques, fait chuter la transparence à 2 mètres.

Dès la fin mai, la transparence augmente et se maintient jusqu'à la fin de l'année à des valeurs supérieures ou égales à 5 mètres; elle atteint 9.2 m le 6 juin. A la transparence relativement importante des eaux au cours de l'été et de l'automne correspondent des biomasses et des productions restreintes. L'absence de maximum bien marqué dans les profils verticaux est l'indice de conditions limitantes. Le rôle de facteur limitant est joué par les éléments nutritifs et en particulier par les orthophosphates dont la concentration moyenne dans les dix premiers mètres varie entre zéro et 0.006 mg.l^{-1} (BLANC et al., 1991).

VARIATIONS SAISONNIERES

La figure 2 représente les variations dans le temps de la production primaire, intégrée verticalement et exprimée par unité de surface, et celles de la concentration moyenne de la chlorophylle dans les dix premiers mètres. Ce graphique synthétique fait ressortir l'importance de la poussée phytoplanctonique de printemps, avec le décalage expliqué précédemment entre le pic de biomasse et le pic de production. Ce dernier, observé le 9 mai, dépasse $4'200 \text{ mg C.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$, soit 300 mg de plus que le maximum de l'année précédente. Le maximum de chlorophylle atteint 30 mg.m^{-3} le 23 avril, alors qu'il ne dépassait pas 18 mg.m^{-3} en 1989. Dès la fin mai, c'est-à-dire avec deux semaines d'avance par rapport à 1989, la biomasse et la production sont déjà limitées. Toutefois, contrairement aux années antérieures, le nanoplancton reste abondant (REVACLIÉ et DRUART, 1991) et permet un recyclage rapide des éléments nutritifs, en particulier du phosphore, présent en quantités très faibles dans la zone trophogène.

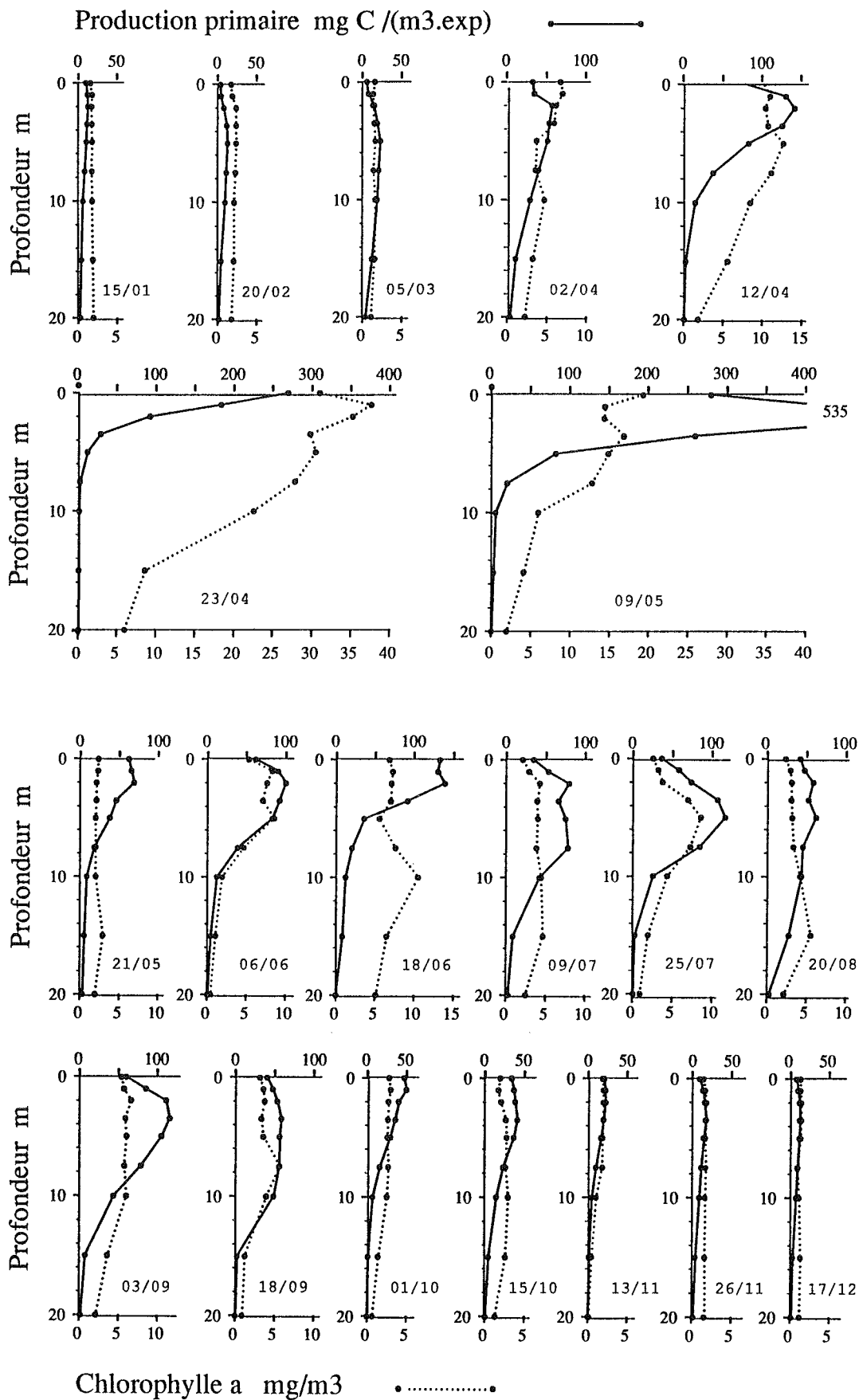


Figure 1 : Profils verticaux de production primaire (trait plein) et de chlorophylle (pointillés). La période d'incubation (exp.) est le tiers médian de la période diurne (Léman, SHL 2, 1990)

TABLEAU 1 - Paramètres de production primaire (Léman, SHL2, 1990)

date	ΣA mg C.m ⁻² exp ⁻¹	PP _j mg C.m ⁻² .j ⁻¹	A _{max} mg C.m ⁻³ exp ⁻¹	ChlA _{max} mg.m ⁻³	Chl ₀₋₁₀ mg.m ⁻³	T _{DS} m
15.01.90	139.4	309.9	12.09	1.66	1.70	2.10
20.02.90	144.7	321.6	12.05	2.32	2.17	14.00
05.03.90	311.5	692.3	22.59	1.63	1.48	7.10
02.04.90	592.6	1'317.0	56.80	6.19	4.92	5.50
12.04.90	864.9	1'922.1	140.85	10.42	10.91	4.30
23.04.90	506.8	1'126.2	268.66	30.85	29.96	2.30
09.05.90	1'897.3	4'216.3	534.83	14.33	13.62	2.00
21.05.90	468.0	1'040.0	69.20	2.10	2.06	5.60
06.06.90	723.5	1'607.9	99.99	7.62	6.23	9.20
18.06.90	714.2	1'587.1	138.74	7.10	7.33	5.90
09.07.90	836.5	1'858.8	79.45	4.24	3.80	8.60
25.07.90	894.0	1'986.6	116.79	8.58	6.04	5.90
06.08.90				7.79	5.01	6.30
20.08.90	785.6	1'745.8	62.18	3.17	3.25	6.60
03.09.90	1'046.2	2'324.8	115.81	5.83	5.89	5.60
18.09.90	672.8	1'495.1	58.30	3.30	4.08	5.00
01.10.90	301.7	670.5	49.68	2.94	2.63	5.40
15.10.90	367.8	817.4	40.55	2.63	2.45	6.40
13.11.90	168.5	374.5	22.11	1.95	1.75	10.50
26.11.90	192.0	426.6	17.64	1.71	1.68	11.10
17.12.90	145.8	324.0	11.77	1.37	1.18	11.00

Symboles utilisés :

- ΣA : Production intégrale, 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.
- PP_j : Production primaire journalière calculée : $PP_j = 2.22 \Sigma A$
- A_{max} : Valeur maximale d'assimilation relevée sur un profil, exprimée en mg de C assimilé par mètre cube d'eau pendant la période d'incubation
- ChlA_{max} : Concentration en chlorophylle a (mg.m⁻³) correspondant à A_{max}
- Chl₀₋₁₀ : Concentration en chlorophylle a (mg.m⁻³) dans la couche surface - 10 mètres
- T_{DS} : Transparence exprimée en mètres, mesurée à l'aide du disque de Secchi

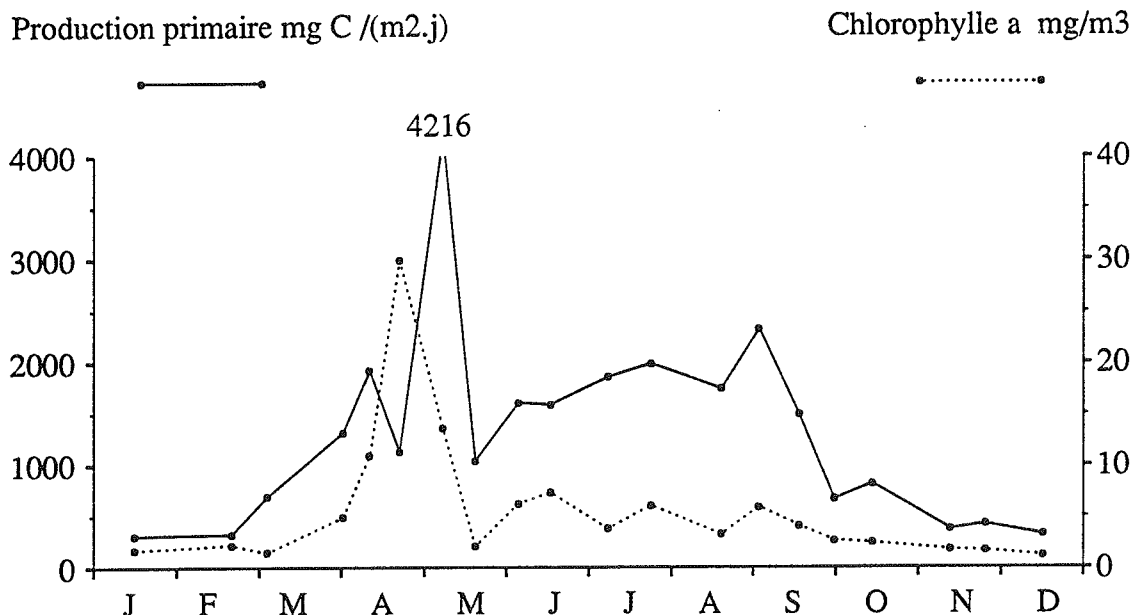


Figure 2 : Variations saisonnières de la production primaire et de la teneur en chlorophylle dans la couche 0 - 10 m (Léman, SHL 2, 1990)

PRODUCTION ANNUELLE

La production annuelle brute est obtenue par intégration des valeurs journalières sur l'année. La production nette, directement utilisable par les herbivores, détritivores et décomposeurs, est calculée en retranchant 40 % à la production brute; cet abattement correspond aux pertes de carbone par respiration (PELLETIER, 1983). La production primaire annuelle nette ainsi calculée est de $258 \text{ g C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{an}^{-1}$.

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Production primaire annuelle nette ($\text{g C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{an}^{-1}$)	231	230	190	174	185	279	299	295	293	258
Chlorophylle a (0 - 10 m) moyenne annuelle ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	7.5	5.2	4.5	5.6	6.4	5.5	6.1	5.8	4.4	4.8

Elle est sensiblement inférieure aux productions mesurées les trois années précédentes. L'incidence des conditions d'incubation particulièrement défavorables rencontrées le 23 avril au moment du maximum de biomasse entraîne une légère sous-estimation de la production annuelle. Néanmoins ce biais ne remet pas en cause la conclusion précédente.

La moyenne pondérée annuelle de la concentration en chlorophylle dans les dix premiers mètres atteint $4.84 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, valeur légèrement supérieure à celle calculée pour 1989, mais qui reste cependant parmi les plus basses qui caractérisent les quinze dernières années. Cette constatation est confirmée par l'étude des biovolumes de phytoplancton (REVA CLIER et DRUART, 1991).

CONCLUSIONS

L'évolution de la production primaire et de la biomasse exprimée en chlorophylle suit en 1990 des variations saisonnières semblables à celles observées les trois années précédentes, mais encore plus typiques. La poussée printanière de phytoplancton est bien marquée à la fois par un pic de biomasse et par un pic de production plus élevés que l'année précédente. En revanche, au cours de l'été et de l'automne, le développement du phytoplancton est nettement limité par les très faibles teneurs en orthophosphates qui subsistent dans la zone trophogène.

La concentration moyenne annuelle en chlorophylle reste faible et la production primaire annuelle nette, très élevée de 1987 à 1989, accuse une baisse sensible. La limitation des apports en phosphore paraît enfin se traduire par une limitation, encore discrète, de la production du phytoplancton à l'échelle de l'année, en dépit d'un maximum printanier très élevé. Cette tendance, qui va dans le sens d'une amélioration de l'état du Léman, demande à être confirmée au cours des années qui viennent.

BIBLIOGRAPHIE

- BLANC, P., CORVI, C. et RAPIN, F. (1991) : Evolution physico-chimique des eaux du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1990.
- PELLETIER, J.P. (1983) : Mesure de la production primaire en milieu aquatique : problèmes méthodologiques et éléments d'interprétation. Revue française des Sciences de l'Eau, 2 : 339-366.
- REVACLIÉ, R. et DRUART, J.C. (1991) : Evolution du phytoplancton dans le Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1990.
- STEEMANN NIELSEN, E. (1952) : The use of radioactive carbon (^{14}C) for measuring organic production in the sea. J. Cons. Int. Exploi. Mer, 18 : 117-140.
- STRICKLAND, J.D.H. et PARSONS, T.R. (1968) : A practical handbook of sea water analysis. Bull. Fish. Res. Bd Canada, 167, 311 p.
- WATTENHOFER, R. (1984) : Macrophytes. Le Léman, Synthèse 1957-1982 : 337-353. Ed. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Lausanne.