

## **PRODUCTION PRIMAIRE ET BIOMASSE CHLOROPHYLLIENNE DANS LE LÉMAN**

### **PRIMARY PRODUCTION AND CHLOROPHYLL A BIOMASS IN LAKE GENEVA**

**CAMPAGNE 2012**

PAR

**Rémy D. TADONLEKE**

STATION D'HYDROBIOLOGIE LACUSTRE (INRA-UMR CARTEL), BP 511, F-74203 THONON-LES-BAINS CEDEX

#### **RÉSUMÉ**

*Au cours de l'année 2012, 19 campagnes de prélèvement ont été effectuées à la station SHL2 du Léman afin d'évaluer l'évolution temporelle de la production primaire (PP) et de la biomasse chlorophyllienne (Chl a), en rapport avec le contrôle des apports du phosphore dans le lac. La Chl a expliquait 51 % de la variabilité saisonnière de la transparence des eaux et n'était pas significativement reliée à la PP. La variation saisonnière de cette dernière était essentiellement expliquée par la capacité photosynthétique du phytoplancton, qui est apparue plus forte en 2012 qu'en 2010 et 2011.*

*En accord avec cette forte capacité photosynthétique, la PP de 2012 est apparue 1.6 fois plus élevée que celle de 2011 pour des concentrations de Chl a similaires. La valeur moyenne annuelle de la PP nette dans la zone 0-30 m est parmi les plus élevées des 14 dernières années, alors que celle de la Chl a est parmi les plus basses.*

*Cette forte augmentation de productivité et de production en 2012 serait liée à des facteurs autres que le phosphore (tels que la température, la lumière incidence, la pression de prédation des herbivores et la composition du phytoplancton) puisque les concentrations de phosphore dans la zone où s'est faite l'essentiel de la production phytoplanctonique ont très peu varié de 2011 à 2012.*

#### **ABSTRACT**

*During the year 2012, 19 sampling campaigns were carried out at station SHL2 in Lake Geneva in order to monitor the change over time in the primary production (PP) and chlorophyll biomass (Chl a), as a result of controlling the phosphorus input into the Lake. Chl accounted for 51% of the seasonal variability of the transparency of the water and was not significantly related to the PP. The seasonal variation of the PP was essentially explained by photosynthetic capacity of the phytoplankton, which appeared to be greater in 2012 than in 2010 or 2011.*

*Consistently with this high photosynthetic capacity, in 2012 the PP appeared to be 1.6 times higher than in 2011 despite similar concentrations of Chl. The mean annual value of the net PP in the 0-30 m zone was amongst the highest in the last 14 years, whereas that of Chl was amongst the lowest.*

*This marked increase in the productivity and production in 2012 is apparently linked to factors other than the level of phosphorus (such as the temperature, incident light, predation pressure from herbivores and the composition of the phytoplankton) since the concentrations of phosphorus in the zone where most of the phytoplanktonic production occurred, showed little difference between 2011 and 2012.*

## 1. INTRODUCTION

Ce rapport présente les données de production primaire (PP) et de biomasse phytoplanctonique (estimée par la chlorophylle *a*) dans le Léman au cours de l'année 2012. L'évolution des mêmes variables phytoplanctoniques au cours des 13 années précédentes (1999-2011) est également présentée pour comparaison avec l'année 2012.

## 2. MÉTHODES

L'échantillonnage a été réalisé entre le 11 janvier et le 26 novembre 2012 aux profondeurs habituelles (0, 1, 2, 3.5, 5, 7.5, 10, 15, 20, 30 m). Il est à noter qu'en raison de problèmes techniques la chlorophylle *a* du 09 mai n'a pas été analysée et la production primaire n'a été mesurée qu'à certaines profondeurs le 26 septembre. En conséquence, ces données ne sont pas présentées. Les méthodes d'analyse mises en œuvre sont les mêmes que celles utilisées lors des années précédentes. La transparence de l'eau a été mesurée à l'aide d'un disque blanc de 30 cm de diamètre. La chlorophylle *a* (Chl *a*), utilisée ici comme estimateur de la biomasse phytoplanctonique, a été analysée au spectrophotomètre (STRICKLAND et PARSONS, 1968). La PP a été mesurée par l'incorporation du <sup>14</sup>C par le phytoplancton (STEEMAN-NIELSEN, 1952). La PP mesurée a été convertie en production journalière à l'aide du facteur 2.22 (PELLETIER 1983), pour comparaison avec les treize dernières années (1999-2011). Dans le cadre de la comparaison interannuelle, la biomasse chlorophyllienne et la PP ont été intégrées dans la zone 0-30 m. La PP nette annuelle a été estimée en considérant qu'elle représente 60 % de la PP annuelle mesurée, c'est-à-dire de la production brute (LEBOULANGER, comm. pers.). Les relations entre variables sont examinées à l'aide de régressions simples après transformation logarithmique des données.

### 3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

#### 3.1 Répartition verticale

La répartition verticale de la biomasse et de la production phytoplanctoniques dans la zone 0 – 30 m au cours des 19 campagnes de prélèvement est illustrée sur la figure 1. Les variables phytoplanctoniques calculées à partir de ces données, ainsi que la transparence de l'eau sont présentées dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Principaux paramètres de la production primaire dans la zone 0-20 m.  $\Sigma A$  : production primaire totale lors de l'incubation ; PP : production primaire journalière calculée ; Amax : production maximale lors de l'incubation correspondant à la biomasse Chl a max ; Tds : profondeur de disparition du disque de Secchi ; nd : non déterminé.

Table 1 : Main primary production parameters in the 0-20 m zone :  $\Sigma A$  : total primary production during the incubation period ; PP : calculated daily primary production ; Amax : maximum production during incubation period ; Tds : water transparency ; nd: not determined.

	$\Sigma A$ (mgC.m <sup>-2</sup> .inc <sup>-1</sup> )	PP (mgC.m <sup>-2</sup> .j <sup>-1</sup> )	A max (mgC.m <sup>-3</sup> .inc <sup>-1</sup> )	Chl à Amax (mgC.m <sup>-3</sup> )	Chl a (0-20 m) (mgC.m <sup>-2</sup> )	Tds (m)
11-janv.-12	125	271	11	1,6	30,3	11,8
23-févr.-12	176	418	12	1,5	27,8	15
8-mars-12	261	599	25	3,7	75,5	9,8
19-mars-12	605	1257	81	8,2	156,9	4,6
26-avr.-12	748	1573	87	10,6	171,7	3,9
9-mai-12	769	1588	87	nd	nd	3,4
24-mai-12	834	1783	131	1,6	15,7	2,6
18-juin-12	1411	3058	142	0,9	13,2	6,2
27-juin-12	1446	3089	162	8,0	128,6	4,7
9-juil.-12	1102	2254	141	8,1	122,9	2,8
25-juil.-12	1351	2658	177	11,3	137,4	3,2
13-août-12	2226	4632	281	6,7	98,0	4
28-août-12	2464	4990	286	5,0	76,1	5,6
11-sept.-12	2710	5397	391	6,1	54,9	5,6
26-sept.-12	nd	nd	nd	nd	86,2	8,2
11-oct.-12	1302	2582	183	10,0	178,6	7,9
23-oct.-12	254	462	46	7,6	149,1	6,1
13-nov.-12	360	725	47	6,0	120,8	8,2
26-nov.-12	181	324	38	6,4	119,8	8,5

Les valeurs de PP et Chl a, qui étaient faibles en hiver (< 26 mgC. m<sup>-3</sup>.inc<sup>-1</sup> et 4 mg.m<sup>-3</sup> entre le 11 janvier et le 8 mars), ont augmenté progressivement dès le début du printemps et atteint les maxima au milieu de l'été pour la Chl a (~20 mg m<sup>-3</sup> à 2 m le 25 juillet) et à la fin de l'été pour la PP (391 mgC. m<sup>-3</sup>.inc<sup>-1</sup> à 1m le 11 septembre). Elles ont diminué ensuite assez rapidement au fil des dates, mais sont restées, à la dernière date de prélèvement, supérieures aux valeurs d'hiver (Fig. 1). Il est convenit de noter que les valeurs maximales de ces variables ont été enregistrées en 2011 au printemps et que ce maximum de PP de 2012 est pratiquement 3 fois plus élevé que celui de 2011 (135 mgC. m<sup>-3</sup>.inc<sup>-1</sup>) alors que le maximum de Chl a est similaire à celui de 2011 (~19 mg.m<sup>-3</sup>).

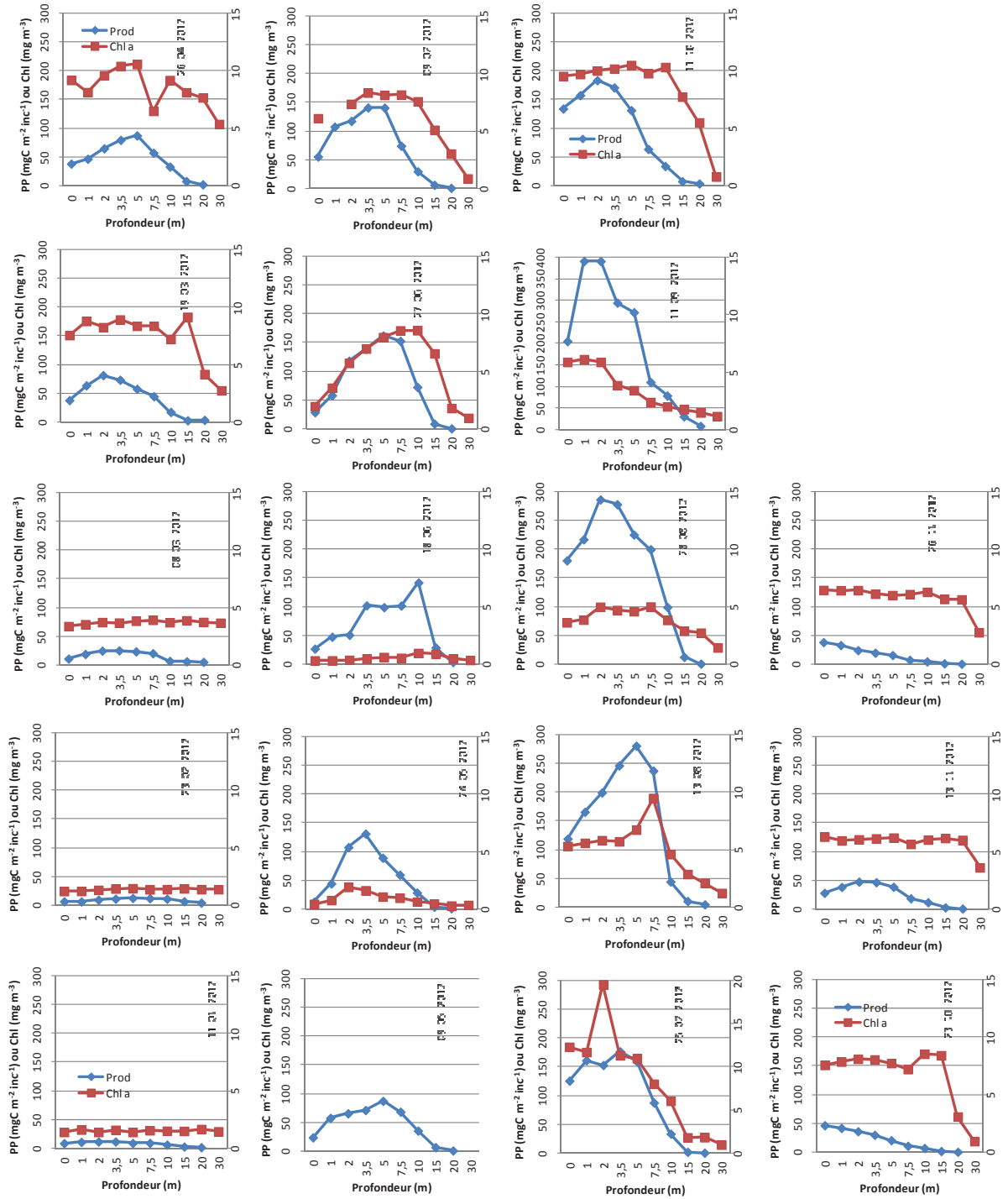


Figure 1 : Profils verticaux de la production primaire (losange) et de la biomasse chlorophyllienne (carré) au point SHL2 du 11 janvier au 26 novembre 2012. La biomasse chlorophyllienne (axe des Y secondaires) n'a pas été mesurée le 09 mai 2012. Notez les différences des échelles des axes pour la production primaire le 11 septembre et pour la biomasse chlorophyllienne le 27 juillet 2012.

Figure 1 : Vertical profiles of the primary production (diamonds) and of the chlorophyll biomass (squares) at SHL2 from 11 January to 26 November 2012. The chlorophyll biomass (secondary Y axes) was not measured on 09 May 2012. Note the differences in the scales of the axes for the primary production on 11 September and for the chlorophyll biomass on 27 July 2012.

### 3.2 Evolution saisonnière des variables mesurées

L'évolution saisonnière de la transparence des eaux (profondeur de disparition du disque de Secchi) montre que les valeurs les plus élevées ont été enregistrées en hiver, alors que la plus faible a été enregistrée le 24 mai (Fig. 2A), correspondant, contrairement à ce qui est habituellement observé, à l'une des plus faibles concentrations de Chl *a*. La moyenne annuelle de cette transparence des eaux (6.3 m) apparaît un peu plus faible que celles enregistrées en 2010 (7.3 m) et 2011 (7.5 m). La transparence de l'eau en 2012 a montré une relation significative avec la Chl *a* intégrée dans la zone 0-10 m mais pas avec la Chl *a* intégrée dans la zone 0-20 m, et cela seulement après que les très faibles valeurs de Chl *a* du 24 mai et du 18 juin aient été exclues de l'analyse statistique ( $R^2 = 0.51$ ,  $P < 0.05$ ). Cela suggère que l'atténuation de la lumière pénétrant dans la colonne d'eau était très forte dans les premiers mètres, bien que la Chl *a* y soit en générale en faible concentration.

L'évolution saisonnière de la Chl *a* intégrée dans la zone 0-20 m montre une grande différence avec celle de la PP intégrée dans la même zone (Figs. 2 B, C). Ceci contraste avec les observations de 2011, année pendant laquelle les deux variables ont montré des évolutions temporelles très similaires (TADONLEKE, 2012). Au cours de l'année 2012, aucune tendance temporelle particulière n'a été observée pour la Chl *a* (qui montre trois périodes de pics: début du printemps, milieu de l'été et début de l'automne), contrairement à la PP, qui montrait une augmentation progressive jusqu'au pic du 11 septembre, puis une diminution des valeurs jusqu'à la fin de la campagne (Figs. 2B, C). La PP intégrée dans la zone 0-20 m n'était pas corrélée à la Chl *a* intégrée dans la zone 0-20 m ( $P > 0.05$ ), mais était significativement et positivement corrélée à la capacité photosynthétique (production maximale: Chl *a* à la même profondeur) ( $R^2 = 0.61$ ,  $P < 0.05$ ). Ces résultats suggèrent que la variation saisonnière de production était essentiellement due aux réponses physiologiques du phytoplancton aux conditions du milieu.

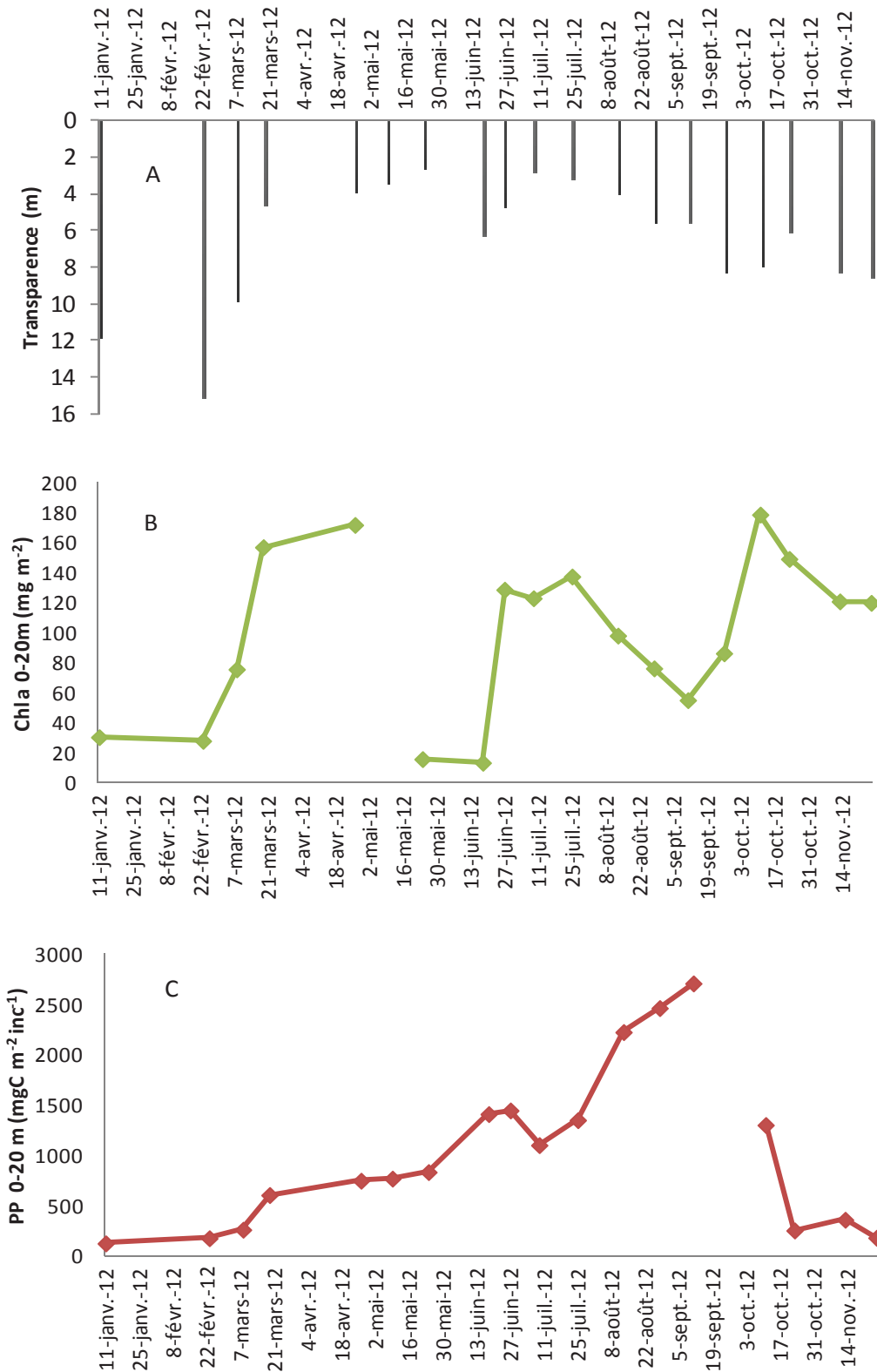


Figure 2 : Evolution saisonnière de la transparence des eaux (A), de la Chlorophylle *a* intégrée dans la zone 0-20 m (B) et de la production primaire intégrée dans la zone 0-20 m (C) au point SHL2 du 11 janvier au 26 novembre 2012.

Figure 2 : Seasonal changes in the transparency of the water (A), in the integrated Chlorophyll *a* in the 0-20 m zone (B) and in the integrated primary production in the 0-20 m zone (C) at SHL2 from 11 January to 26 November 2012.

### 3.3 Comparaison de l'année 2012 aux douze années précédentes (1999-2011)

L'évolution entre 1999 et 2012 des moyennes annuelles de la Chl *a* et de la PP nette intégrée dans la zone 0-30 m est présentée sur la figure 3. Alors que pour la Chl *a*, la moyenne de 2012 se situe parmi les plus faibles valeurs enregistrées au cours de cette série chronologique, pour la PP, la moyenne de 2012 se situe parmi les valeurs les plus élevées, égalant quasiment les importants pics de 2001, 2007, 2009. Cependant une des différences majeures avec ces trois années est que ces dernières montraient des concentrations moyennes de Chl *a* en forte augmentation comparées aux années qui les précédaient directement (c'est-à-dire respectivement 2000, 2006 et 2008), ce qui n'est pas le cas pour 2012, dont la moyenne de Chl *a* est quasiment identique à celle de 2011 (Fig. 3). D'autre part, la moyenne annuelle de la capacité photosynthétique en 2012 (23.5 mgC. mgChl *a*<sup>-1</sup>) est apparue 1.6 à 2 fois plus élevée que celles enregistrées respectivement en 2010 (15 mgC.mgChl *a*<sup>-1</sup>) et 2011 (11.6 mgC.mgChl *a*<sup>-1</sup>), si on fait abstraction de la valeur exceptionnelle de 150.2 mgC.mgChl *a*<sup>-1</sup> du 18 juin 2012. Ces résultats tendent à confirmer que la forte production en 2012 était essentiellement en relation avec l'adaptation physiologique du phytoplancton.

L'analyse des concentrations de phosphore dans la zone 0-10 (où se fait l'essentiel de la production) montre que les concentrations de 2012 sont proches de celles de 2011, que ce soit pour les moyennes annuelles (6 µg L<sup>-1</sup> pour P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> et 14 µg L<sup>-1</sup> pour le phosphore total en 2011 et respectivement 6 µg L<sup>-1</sup> et 15 µg L<sup>-1</sup> en 2012), pour les moyennes de janvier à août, c'est-à-dire avant le pic de PP de septembre 2012 (6 µg L<sup>-1</sup> et 16 µg L<sup>-1</sup> en 2011 et respectivement 7 µg L<sup>-1</sup> et 18 µg L<sup>-1</sup> en 2012) ou pour les moyennes de l'hiver (10 µg L<sup>-1</sup> et 19 µg L<sup>-1</sup> en 2011 et respectivement 12 µg L<sup>-1</sup> et 22 µg L<sup>-1</sup> en 2012). Il est donc peu probable que la forte augmentation de productivité et de production de 2011 à 2012 soit due à la variation des concentrations phosphore. Les facteurs responsables de cette augmentation pourraient de ce fait se trouver parmi ceux qui suivent : la température, la lumière incidente, la pression de prédation des herbivores et la composition du phytoplancton. Cette dernière a en effet considérablement changé de 2011 à 2012, montrant la présence de nombreuses chlorophycées en 2012 (RIMET, 2013).

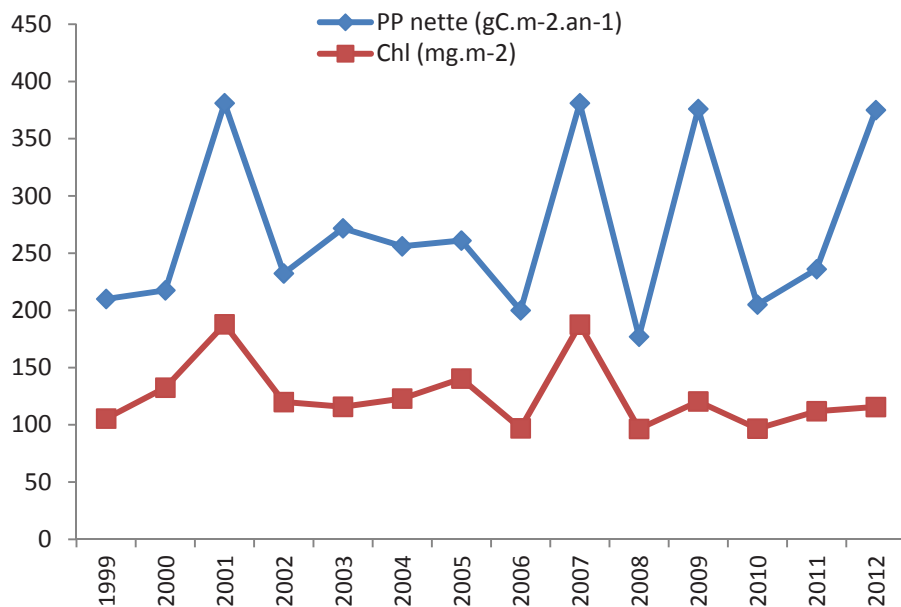


Figure 3 : Evolution inter-annuelle de la production primaire nette (losange bleu) et de la biomasse chlorophyllienne (carré rouge) intégrées dans la zone 0-30 m au point SHL2 entre 1999 et 2012.

Figure 3 : Inter-annual change in the net integrated primary production (diamonds) and chlorophyll biomass (squares) in the 0-30 m zone at SHL2 between 1999 and 2012.

#### 4. CONCLUSIONS

L'analyse des données de l'année 2012 montre que la biomasse phytoplanctonique expliquait 51 % de la variabilité saisonnière de la transparence des eaux et n'était pas significativement reliée à la production primaire. La variation saisonnière de cette dernière était essentiellement expliquée par la capacité photosynthétique du phytoplancton, qui est apparue plus forte en 2012 qu'en 2010 et 2011. En accord avec cette forte capacité photosynthétique, la PP de 2012 est apparue 1.6 fois plus élevée que celle de 2011 pour des concentrations de Chl *a* similaires, et la valeur moyenne annuelle de la PP nette dans la zone 0-30 m est parmi les plus élevées des 14 dernières années, alors que celle de la Chl *a* est parmi les plus basses. Les très légères variations des concentrations de phosphore (dans le sens de l'augmentation) de 2011 à 2012 ne pourraient pas expliquer cette forte augmentation de productivité et de production primaire en 2012. Celle-ci pourrait plutôt être liée aux facteurs tels que la température, la lumière incidence, la pression de prédation des herbivores et la composition du phytoplancton. Cette dernière a en effet considérablement changé de 2011 à 2012, montrant la présence de nombreuses chlorophycées en 2012.

#### Remerciements

R. D. Tadonlécé et la CIPEL remercient Pascal CHIFFLET pour l'échantillonnage et les mesures de production primaire, Jean-Christophe HUSTACHE pour l'échantillonnage, et Jean-Paul MOILLE pour les analyses de la chlorophylle *a*.

#### BIBLIOGRAPHIE

- RIMET F. (2013) Phytoplancton du Léman. Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut., Campagne 2012, 82-93.
- 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.
- STEEMAN-NIELSEN, E. (1952) The use of radioactive carbon (<sup>14</sup>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.
- TADONLEKE R. D. (2012) : Production primaire et biomasse chlorophyllienne dans le Léman. Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut., Campagne 2011, 78-84.