

PRODUCTION PRIMAIRE ET BIOMASSE CHLOROPHYLLIENNE DANS LE LÉMAN

PRIMARY PRODUCTION AND CHLOROPHYLL A BIOMASS IN LAKE GENEVA

CAMPAGNE 2013

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 2013, 21 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. L'analyse des données montre que la biomasse chlorophyllienne, caractéristique de celles des milieux aquatiques oligo-mésotrophes, a légèrement baissé comparée à l'année 2012, et cela en accord avec la diminution des stocks de phosphore notée par ailleurs dans la zone 0-30 m entre 2012 et 2013. A l'inverse, la production primaire nette par an semble avoir augmenté en comparaison avec l'année 2012. Cependant l'absence de différence significative dans les vitesses moyenne annuelle de production par incubation suggère que cette augmentation de la production primaire nette par an pourrait être au moins en partie liée au mode de calcul de cette variable. La baisse de la biomasse phytoplanctonique observée semble indiquer que la réduction des apports de phosphore dans le lac donne des résultats positifs et que les efforts de réduction, ou au moins de stabilisation des faibles concentrations de P dans le lac doivent continuer.

SUMMARY

During 2013, 21 sampling campaigns were carried out at the SHL2 plant of Lake Geneva to assess the temporal trend of the primary production (PP) and chlorophyll biomass (Chl a) in connection with the control of phosphorus input in the lake. Data analysis showed that the chlorophyll biomass characteristic of those oligo-mesotrophic aquatic areas fell slightly compared to 2012 in accordance with declining phosphorus stocks noted elsewhere in the 0-30 layer between 2012 and 2013. Conversely, net primary production per year appears to have increased in comparison with the year 2012; however, no significant difference in the average annual production rates by incubation suggests that this increase in net primary production per year could be at least partly related to the calculation of this variable. The decline in phytoplankton biomass observed suggests that the reduction of phosphorus in the lake is yielding positive results and that effort to reduce, or at least stabilise low concentrations of P in the lake should continue.

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 2013. L'évolution des mêmes variables phytoplanctoniques au cours des 14 années précédentes (1999-2012) est également présentée pour comparaison avec l'année 2013.

2. MÉTHODES

L'échantillonnage a été réalisé entre le 28 janvier et le 16 décembre 2013 aux profondeurs habituelles (0, 1, 2, 3.5, 5, 7.5, 10, 15, 20, 30 m). Vingt et une (21) campagnes ont été réalisées. Toutefois, en raison de problèmes météorologiques, la PP et la transparence de l'eau n'ont pas pu être mesurées le 3 avril, le 1 août et le 12 novembre. Par conséquent, 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 ¹⁴C 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 quatorze dernières années (1999-2012). 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 21 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. ΣA : 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 : ΣA : total primary production during the incubation period ; PP : calculated daily primary production ; Amax : maximum production during incubation period ; Tds : water transparency ; nd: not determined.

	ΣA (mgC.m ⁻² .inc ⁻¹)	PP (mgC.m ⁻² .j ⁻¹)	A max (mgC.m ⁻³ .inc ⁻¹)	Chl à Amax (mg.m ⁻³)	Chl a (0-20 m) (mg.m ⁻²)	Tds (m)
28/01/2013	247	542	36	2,4	46,6	8,5
14/02/2013	818	1799	68	1,7	36,1	12,2
18/03/2013	231	509	20	5,3	111,0	7,7
26/03/2013	821	1806	101	7,9	158,2	6,2
03/04/2013	nd	nd	nd	nd	296,5	nd
15/04/2013	425	935	82	6,6	174,0	4,7
29/04/2013	716	1575	65	6,7	87,5	3,7
13/05/2013	1052	2315	148	5,8	94,0	4,8
27/05/2013	479	1055	46	3,7	54,6	7,2
11/06/2013	607	1336	47	5,1	61,8	10,6
01/07/2013	431	949	42	2,6	46,3	9,8
17/07/2013	279	613	25	5,2	52,6	9,9
01/08/2013	nd	nd	nd	nd	49,5	nd
12/08/2013	1174	2582	115	3,1	69,5	6,5
26/08/2013	814	1792	86	4,4	80,3	5,6
11/09/2013	643	1414	66	2,9	60,7	5,2
24/09/2013	614	1350	69	3,5	61,0	6,2
21/10/2013	301	662	35	2,5	46,7	8,7
12/11/2013	nd	nd	nd	nd	42,7	nd
04/12/2013	109	241	14	1,9	35,5	11,3
16/12/2013	162	357	20	1,2	24,4	13,6

Les valeurs de PP et Chl α , qui étaient relativement faible à la première campagne (< 22 mgC.m⁻³.inc⁻¹ et 2 mg.m⁻³), ont augmenté progressivement dès le 14 février et atteint les maxima dès le 3 avril pour la Chl α (~33 mg.m⁻³ à 7,5 m) et le 13 mai pour la PP (148 mgC. m⁻³.inc⁻¹ à 2 m). Elles ont diminué ensuite assez rapidement au fil des dates, et à la dernière date de prélèvement étaient beaucoup plus faible que celles de la première campagne (Fig. 1).

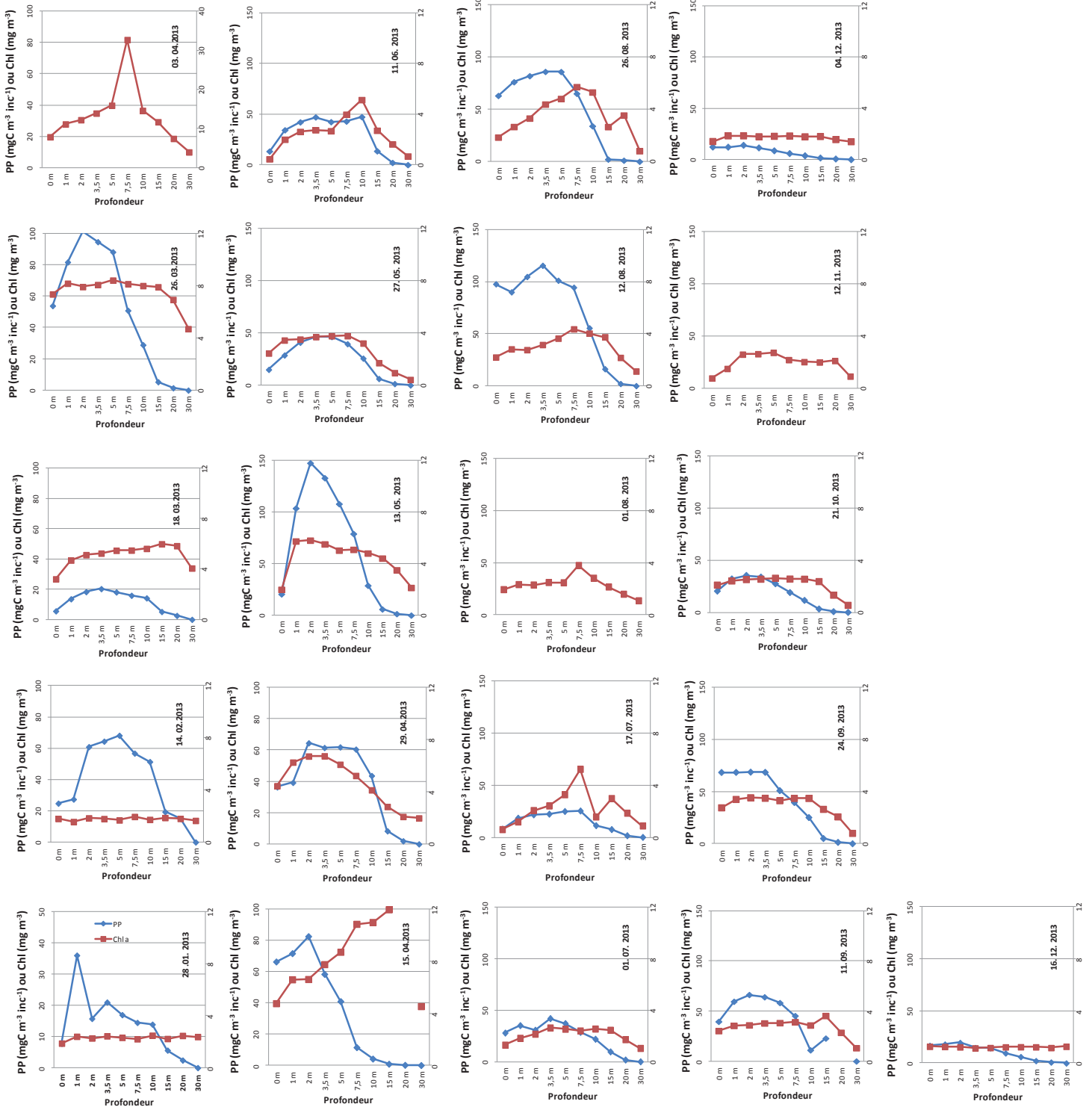


Figure 1 : Profils verticaux de la production primaire (losange bleu, axe des ordonnées de gauche) et de la biomasse chlorophyllienne (carré rouge, axe des ordonnées de droite) au point SHL2 du 28 janvier au 16 décembre 2013. Notez les différences des échelles des axes pour la production primaire et pour la chlorophylle a.

Figure 1 : Vertical profiles of primary production (blue diamond, left axis) and the chlorophyll biomass (red square, right axis) at SHL2 from January 28 to December 16, 2013. Note the differences in the axes scales for primary production and chlorophyll a.

3.2 EVOLUTION SAISONNIÈRE DES VARIABLES MESURÉES

L'évolution saisonnière de la transparence des eaux (profondeur de disparition du disque blanc, faisant office de disque de Secchi) montre que les valeurs les plus élevées ont été enregistrées le 11 février, entre le 11 juin et le 15 juillet et lors des deux dernières campagnes de prélèvement (Fig. 2A). Bien que plus élevée, la valeur moyenne (annuelle) de cette transparence en 2013 (7,9 m) n'était pas significativement différente de celle de 2012 (6,4 m) ($P = 0,07$). La transparence de l'eau pour cette année 2013 était significativement corrélée, négativement à la Chl *a* intégrée dans la zone 0-10 m, cette dernière expliquant 52% de sa variance ($P < 0.05$).

L'évolution saisonnière de la Chl *a* intégrée dans la zone 0-20 m (= Chl *a* 0-20 m) montre une grande différence avec celle de la PP intégrée dans la même zone (Fig. 2 B, C). La Chl *a* 0-20 m augmente assez rapidement dès le 18 mars, atteint un pic le 3 avril et baisse progressivement jusqu'à la fin de l'année. A l'opposé la PP 0-20 m montre une variabilité importante d'une campagne de prélèvement à l'autre, sans aucune tendance saisonnière apparente. Comme conséquence, ces deux n'étaient pas significativement corrélées, comme déjà observé en 2012 (TADONLEKE, 2013). Aucune différence significative n'a été trouvée entre les moyennes de ces variables (PP et Chl *a*) mesurées en 2013 ($551 \pm 308 \text{ mgC.m}^{-2}.\text{inc}^{-1}$ et $80 \pm 63 \text{ mg.m}^{-2}$) et celles mesurées en 2012 (respectivement $1018 \pm 807 \text{ mgC.m}^{-2}.\text{inc}^{-1}$ et $98 \pm 53 \text{ mg.m}^{-2}$) ($P > 0,11$). Il en était de même pour la production par unité de biomasse ($31 \pm 39 \text{ mgC.m}^{-3}.\text{mgChl a}^{-1}.\text{inc}^{-1}$ en 2012 contre $17 \pm 9,8 \text{ mgC.m}^{-3}.\text{mgChl a}^{-1}.\text{inc}^{-1}$ en 2013) ($P = 0.81$).

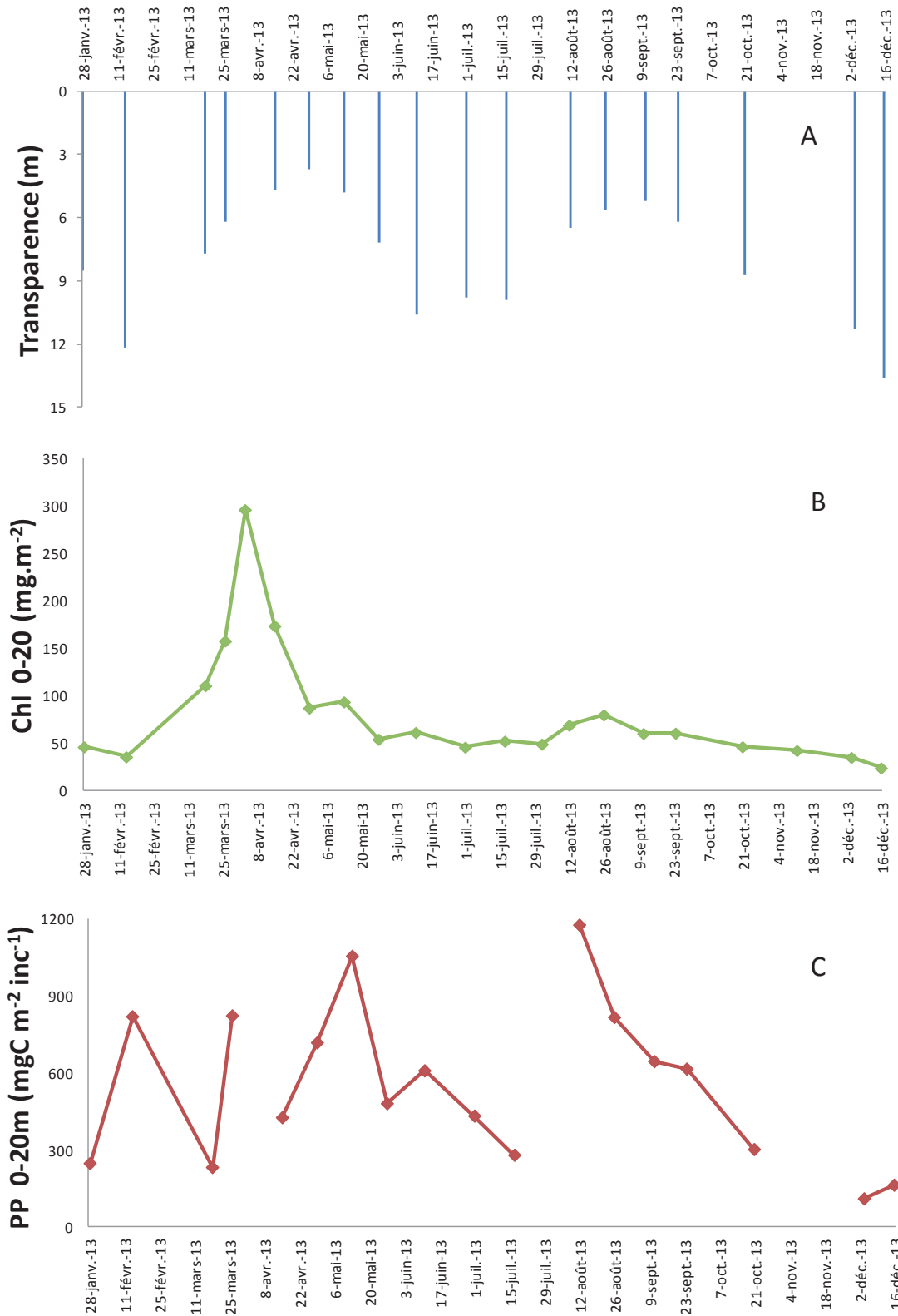


Figure 2 : Evolution saisonnière de la transparence des eaux (A), de la chlorophylle *a* intégrée dans la zone 0-20 m (B) et de la production primaire intégrée dans la zone 0-20 m (C) au point SHL2 du 28 janvier au 16 décembre 2013. Les interruptions dans la figure C correspondent aux dates au cours desquelles la production primaire n'a pas été mesurée.

Figure 2 : Seasonal trend of water transparency (A), chlorophyll *a* integrated in the 0-20 layer (B) and primary production integrated in the 0-20 layer (C) at SHL2 from January 28 to December 16. The interruptions in Figure C correspond to the dates at which primary production was not measured.

3.3 COMPARAISON DE L'ANNÉE 2013 AUX QUATORZE ANNÉES PRÉCÉDENTES (1999-2012)

L'évolution entre 1999 et 2013 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. Pour la Chl a , la moyenne de 2013 (100 mg.m^{-2}) se situe parmi les plus faibles valeurs enregistrées au cours de cette série chronologique, et a légèrement baissé comparée à l'année 2012 (116 mg.m^{-2}), bien que la différence ne soit pas significative ($P = 0,24$). Cette légère baisse de la biomasse phytoplanctonique semble en accord avec la baisse observée au niveau des stocks du phosphore total et de phosphate dans la zone 0-30 m entre 2012 et 2013 (SAVOYE et al. 2014, ce volume). Contrairement à la Chl a , la PP nette (par an) dans la zone 0-30 m semble avoir considérablement augmenté de 2012 ($375 \text{ gC.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$) à 2013 ($536 \text{ gC.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$) (Fig. 3), en dépit de la baisse des stocks de phosphore (P) notée. Cette baisse des stocks de P et l'absence de différence significative entre les années 2012 et 2013 pour les valeurs de PP par incubation dans les zones 0-20 m et 0-30 m (voir les résultats plus haut) suggèrent que cette augmentation de la PP nette (par an) pourrait être le résultat d'un biais dans le mode de calcul de celle-ci et doit donc être interprétée avec prudence, même si des facteurs qui stimulent la production du phytoplancton pourraient aussi avoir joué un rôle dès l'hiver. A titre d'exemple, les fortes valeurs (non habituelles) de PP journalières dans la zone 0-30 m entre le 28 janvier et le 26 mars 2013 ($521, 1410, 431$ et $1623 \text{ mgC.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$), plus élevées que celles mesurées entre le 11 janvier et le 18 mars 2012 ($270, 418, 598$ et $1257 \text{ mgC.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$) sont susceptibles d'entraîner une surestimation de la PP calculée sur l'année, du fait d'un espacement plus grand entre les dates de prélèvement en hiver.

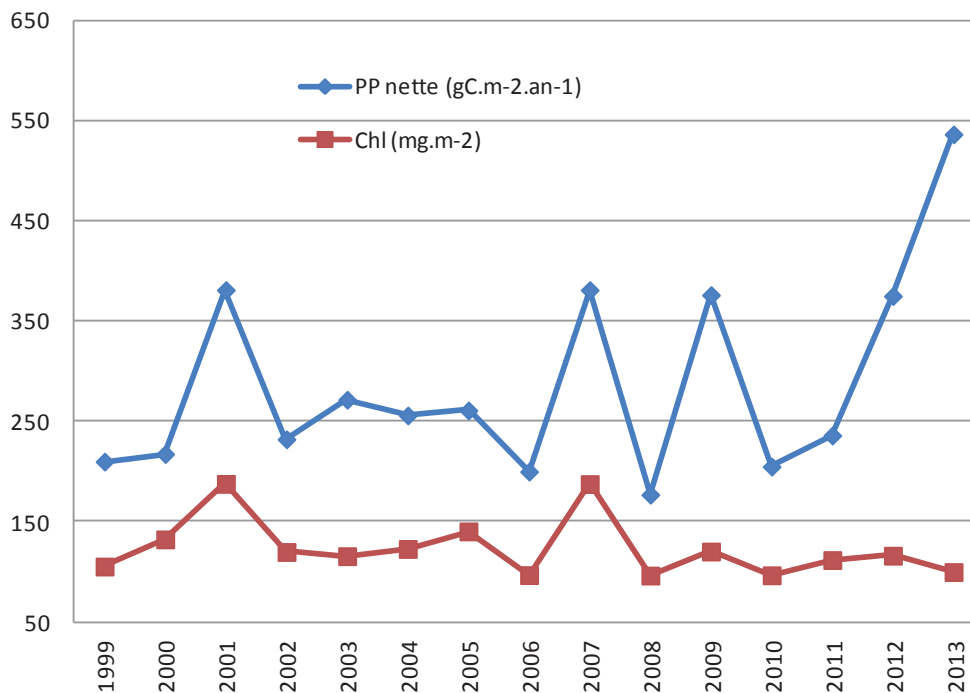


Figure 3 : Evolution inter-annuelle de la production primaire nette (losange) et de la biomasse chlorophyllienne (carré) intégrées dans la zone 0-30 m au point SHL2 entre 1999 et 2013.

Figure 3 : Inter-annual trend of net primary production (diamond) and chlorophyll biomass (square) integrated in the 0-30 layer at SHL2 between 1999 and 2013.

4. CONCLUSION

L'analyse des données de l'année 2013 montre que la biomasse phytoplanctonique, caractéristiques de celles des milieux aquatiques oligo-mésotrophes, a légèrement baissé comparée à l'année 2012, et cela en accord avec la diminution des stocks de phosphore notée par ailleurs dans la zone 0-30 m entre 2012 et 2013. A l'inverse, la production primaire nette par an a augmenté comparée à 2012. Cependant l'absence de différence significative dans la vitesse moyenne annuelle de production par incubation suggère que cette augmentation de la production primaire nette par an pourrait être au moins en partie liée au mode de calcul de cette variable. La baisse de biomasse phytoplanctonique observée semble indiquer que la réduction des apports de phosphore dans le lac donne des résultats positifs escomptés et que les efforts de réduction, ou au moins de stabilisation des faibles concentrations de P dans le lac doivent continuer.

REMERCIEMENTS

R. D. Tadonléké et la CIPEL remercient Pascal PERNEY pour l'échantillonnage et les mesures de production primaire, Jean-Christophe HUSTACHE pour l'échantillonnage, et Brigitte LEBERRE pour les analyses de la chlorophylle *a*.

BIBLIOGRAPHIE

- 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 (¹⁴C) 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.
- SAVOYE L., QUETIN P et KLEIN A. (2014) Evolution physico-chimiques des eaux du Léman (éléments majeurs) et données météorologiques. Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut., Campagne 2013, ce volume.
- TADONLEKE R. D. (2013) : Production primaire et biomasse chlorophyllienne dans le Léman. Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut., Campagne 2012.