

PRODUCTION PRIMAIRE ET BIOMASSE CHLOROPHYLLIENNE DANS LE LÉMAN

PRIMARY PRODUCTION AND CHLOROPHYLL A BIOMASS IN LAKE GENEVA

CAMPAGNE 2014

PAR

Marie-Elodie PERGA, Brigitte LEBERRE et Pascal PEYNEY

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

RÉSUMÉ

Au cours de l'année 2014, 21 campagnes de prélèvement ont été effectuées à la station SHL2 du Léman afin d'évaluer l'évolution temporelle et verticale de la biomasse chlorophyllienne. La dynamique saisonnière de la biomasse chlorophyllienne en 2014 montre un redémarrage très précoce de la croissance algale, dès le mois de février. La distribution verticale atteste d'une mise en place d'une stratification des eaux de surface dès le mois de mars, avec toutefois des instabilités jusqu'en juin. La phase des eaux claires a été peu marquée et particulièrement transitoire en 2014, et ce probablement en conséquence de la succession d'un hiver et printemps très doux avec un été froid et pluvieux. Un pic estival de biomasse, distribué uniformément dans un épilimnion bien brassé a été observé fin août, tandis que la répartition verticale de la chlorophylle en automne atteste d'un maintien tardif de la stratification en 2014. Les données de production primaire ne sont pas présentées pour 2014 puisque leur qualité ne peut être garantie.

Les concentrations moyennes annuelles de chlorophylle en 2014 sont comparables à celles observées depuis 2008, à des valeurs cohérentes avec celles attendues pour un lac mésotrophe à oligo-mésotrophe comme le Léman. On observe toutefois une augmentation de la biomasse chlorophyllienne hivernale entre 1986 et 2014 qui pourrait être au moins partiellement due au réchauffement des eaux de surface en hiver.

ABSTRACT

In 2014, 21 sampling campaigns have been carried out at the SHL 2 sampling point of Lake Geneva, in order to evaluate the vertical and temporal dynamics of chlorophyll a concentrations. Chlorophyll seasonal dynamics revealed an early start of phytoplankton production, as soon as February in 2014. Chlorophyll vertical distribution highlights that stratification started in early March but remained unstable until June. The clearwater phase was transient and poorly marked in 2014 and this could be related to the peculiar meteorological conditions of 2014, with a warm winter and spring followed by a particularly cool and wet summer. A late summer peak of algal biomass occurred and was uniformly distributed in the well-mixed epilimnion while the vertical distribution of chlorophyll in fall reveals a late stratification of waters in 2014.

Annual mean chlorophyll concentrations of 2014 are comparable to those measured since 2008, and at the upper bound of the range of values expected for an oligo-mesotrophic lake. Winter minimal chlorophyll concentrations have yet significantly increased over the 1986-2014 time period, and this trend is partially correlated to the warming of surface waters in winter.

1. INTRODUCTION

Le protocole de mesures de la production primaire à partir de l'incorporation de ^{14}C a été abandonné fin 2013, pour des raisons de sécurité environnementale et sanitaire. Le passage à la méthode d'incorporation de ^{13}C a posé en 2014 un certain nombre de problèmes méthodologiques qui n'ont pu être résolus qu'en fin d'année. La qualité des mesures de production primaire réalisée en 2014 ne peut être garantie. Ce rapport ne présente donc que les résultats relatifs à la biomasse phytoplanctonique (estimée au travers des concentrations en chlorophylle *a*), avec une première partie portant sur les variations verticales et saisonnières de l'année 2014, et un second volet présentant l'évolution de ce paramètre au cours des 28 années précédentes (1986-2014).

2. MÉTHODES

L'échantillonnage a été réalisé au cours de 21 campagnes entre le 13 janvier et le 15 décembre 2014 aux profondeurs habituelles (0, 1, 2, 3.5, 5, 7.5, 10, 15, 20, 30 m). Les méthodes de mesures mises en œuvre sont les mêmes que celles utilisées lors des années précédentes, avec toutefois une transition dans les méthodes de calculs des concentrations en Chlorophylle *a* (ici notée Chl *a*) à partir de 2013. La transparence de l'eau a été mesurée à l'aide d'un disque blanc de 30 cm de diamètre. La concentration en Chl *a* utilisée ici comme estimateur de la biomasse phytoplanctonique, a été analysée au spectrophotomètre. Historiquement, la concentration brute en Chlorophylle *a* (ici notée Chl A) a été calculée suivant l'équation de (STRICKLAND et PARSONS 1968) à partir des absorbances mesurées aux longueurs d'ondes suivantes (750, 665 ; 645 et 630 nm ; Norme NF T90-117 AFNOR 1999). L'adoption de la méthode de SCOR-UNESCO depuis 2013 nécessite de mesurer en plus l'absorbance à 410 nm, correspondant aux phéopigments, dans l'objectif de corriger la concentration brute pour la dégradation de la chlorophylle (NF T90-117 AFNOR 1999). Le taux de dégradation étant en moyenne <3%, les deux mesures de la concentration en Chl *a* (Chl A et Chl *a*) sont intimement corrélées ($R^2 > 97\%$). Les deux mesures seront donc présentées pour le suivi de l'année 2014, tandis que l'évolution des biomasses chlorophylliennes sera quantifiée à partir des valeurs moyennes de Chl A sur les eaux de surface (0-20m).

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 DYNAMIQUE SAISONNIERE

Tableau 1 : Principaux paramètres de la biomasse chlorophyllienne en 2014 (Concentrations brutes Chl A et corrigées Chl a). Concentrations maximales volumiques, concentrations surfaciques moyennes dans la zone de production (0-20 m) et transparence des eaux pour chaque date de prélèvement.

Table 1 : Main parameters of phytoplankton biomass in Lake Geneva in 2014 (chlorophyll concentrations : Chl A ; Raw values and Chl a ; values corrected for degradation). Maximum and average concentrations in the productive surface layer (0-20 m) et water transparency at each sampling date.

Date	Max Chl A (mg.m-3)	Max Chl a (mg.m-3)	CHL A	CHL a	Transparence des Eaux (m)
			moyenne sur 0-20 m (mg.m-2)	moyenne sur 0-20 m (mg.m-2)	
13/01/14	2,8	2,8	48,4	48,1	12,2
18/02/14	2,5	2,3	47,9	44,7	9,7
12/03/14	5,4	5,3	89,3	85,0	6,7
25/03/14	5,6	5,4	94,0	87,1	4,7
07/04/14	4,8	4,9	77,8	77,1	6,2
22/04/14	5,2	5,4	78,8	78,9	6,1
05/05/14	3,6	3,4	64,4	60,5	5,8
19/05/14	3,3	3,2	55,9	55,6	8,6
02/06/14	12,2	11,7	102,5	98,3	5,7
30/06/14	5,7	5,3	77,1	71,8	8,8
16/07/14	3,7	3,8	63,6	62,2	7,2
28/07/14	6,0	6,1	94,4	96,4	5,9
12/08/14	7,6	7,6	131,2	130,5	4,4
28/08/14	11,4	11,2	204,8	199,4	2,4
08/09/14	12,8	12,4	138,3	133,6	4,2
24/09/14	5,2	4,9	92,4	86,6	5,3
08/10/14	8,1	7,9	80,2	78,1	7,2
20/10/14	2,5	2,4	40,0	38,4	9,2
05/11/14	3,5	3,3	61,4	58,6	7,4
24/11/14	4,9	4,9	66,2	66,1	9,3
15/12/14	2,8	2,5	54,0	47,9	11,4

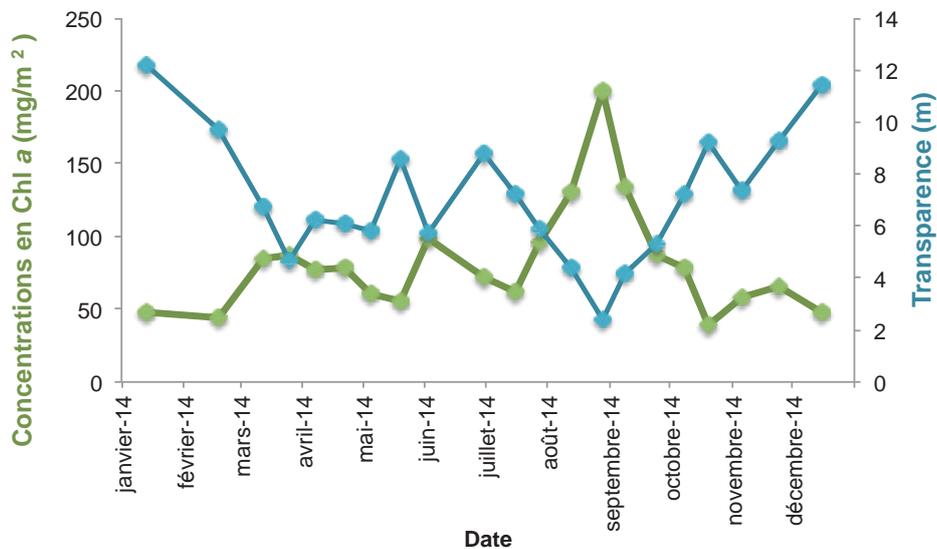


Figure 1 : Variations saisonnières de la concentration surfacique en Chl a dans les eaux de surface (0-20m) et relations avec la transparence des eaux du Léman en 2014.

Figure 1 : Seasonal dynamics of Chl a concentrations in Lake Geneva surface waters (0-20m) in 2014 and relationships to water transparency.

Si la transparence est forte et la biomasse chlorophyllienne faible en janvier, la diminution rapide de la transparence et l'augmentation des concentrations en Chl *a* dès le début de mars attestent d'une reprise précoce de la production primaire en 2014. Les biomasses chlorophylliennes stagnent à des concentrations moyennes, proches de 75 mg.m⁻² jusqu'à fin avril (tableau1 ; figure 1). Un minimum transitoire, correspondant à un pic de transparence des eaux, a lieu en mai, et coïncide avec une transition des peuplements diatomiques printaniers (*Aulacoseira* puis diatomées unicellulaires) aux peuplements estivaux (Dinophycées dominées par *Ceratium hirundinella*; RIMET, 2015). Cette transition correspond à la phase des eaux claires, globalement peu marquée en 2014 (PERGA, 2015). La biomasse chlorophyllienne est élevée au cours de l'été 2014 (>100 mg.m⁻²), avec notamment un pic de concentration fin août proches de 200 mg.m⁻², qui correspond à une efflorescence de la diatomée *Ulnaria acus*. En fin d'été, biomasse et transparence retrouvent des valeurs plus typiquement hivernales.

3.2 REPARTITION VERTICALE

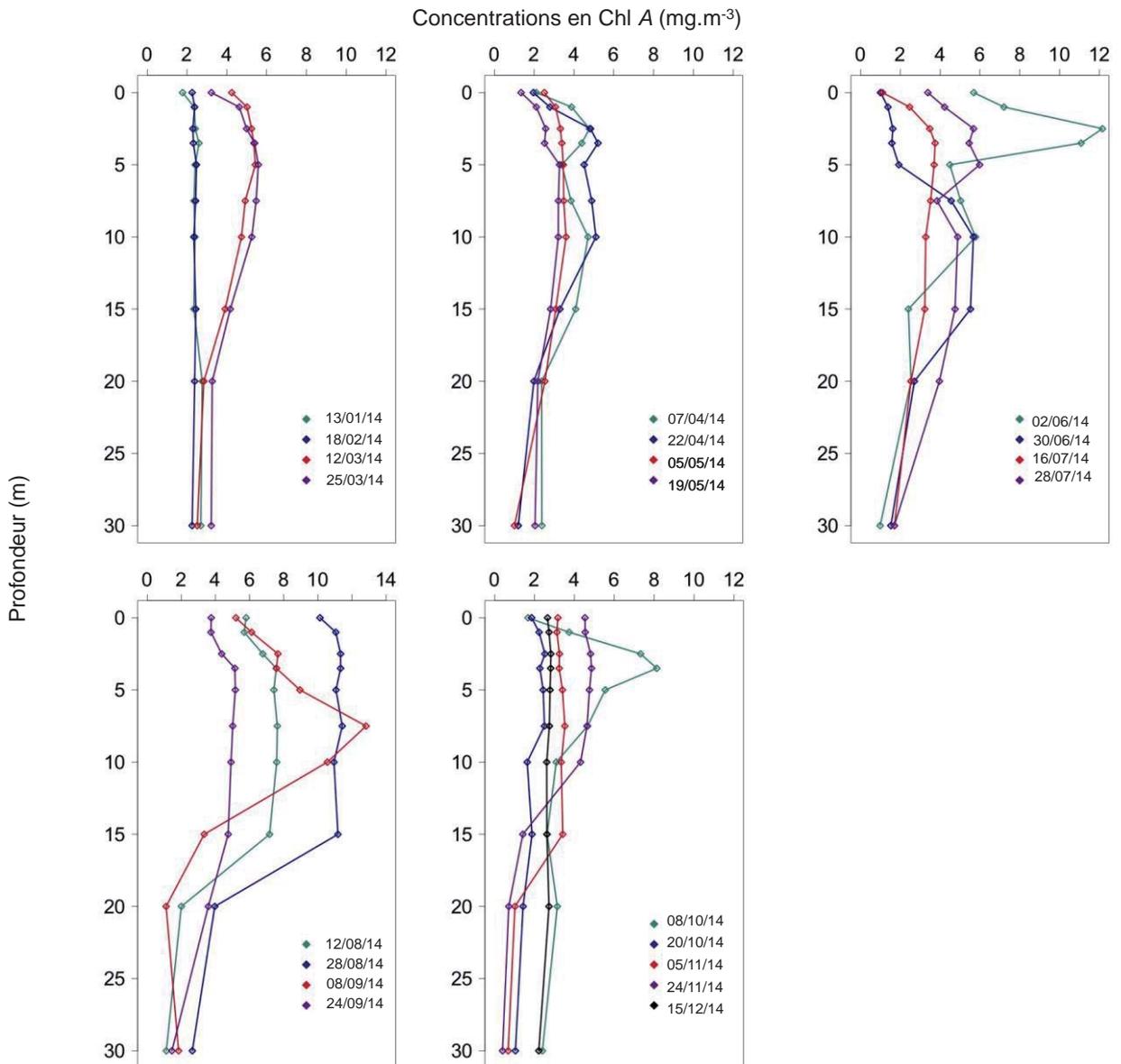


Figure 2 : Profils verticaux de la biomasse chlorophyllienne (Chl A) au point SHL2 en 2014.

Figure 2 : Vertical profiles of Chlorophyll A concentrations at the SHL 2 sampling point in Lake Geneva in 2014.

L'analyse des profils verticaux permet de mieux relier la dynamique de croissance chlorophyllienne avec le développement de la stratification des eaux (figure 2). La première phase de la reprise planctonique, en mars, montre une distribution quasi-uniforme de la chlorophylle a sur les 10 premiers mètres et atteste de l'absence de la mise en place de stratification stable. Par contre, la répartition du mois d'avril, avec deux pics relatifs de la chlorophylle dans les 10 premiers mètres suggère le début d'une stratification thermique, déstabilisée au mois de mai. Le pic de biomasse en juin est net et très proche de la surface, marquant le début de la stratification estivale. Hormis pour le 30 juin, pour lequel la biomasse chlorophyllienne de surface est faible, à la suite probablement du broutage lors de la phase des eaux claires, l'été marque l'approfondissement de la thermocline et la répartition de la biomasse chlorophyllienne uniformément dans la couche brassée de surface jusqu'en septembre. L'automne 2014 ayant été particulièrement doux et ensoleillé, la reprise automnale a conduit à un pic de biomasse chlorophyllienne proche de la surface, dans un lac dont la stratification a été maintenue jusque fin octobre. Le profil de Chl *a* ne s'enfonce qu'à partir de novembre. Les profils hivernaux attestent de la déstratification progressive de la surface.

3.3 TENDANCE INTERANNUELLE DE LA BIOMASSE CHLOROPHYLIENNE (1986-2014)

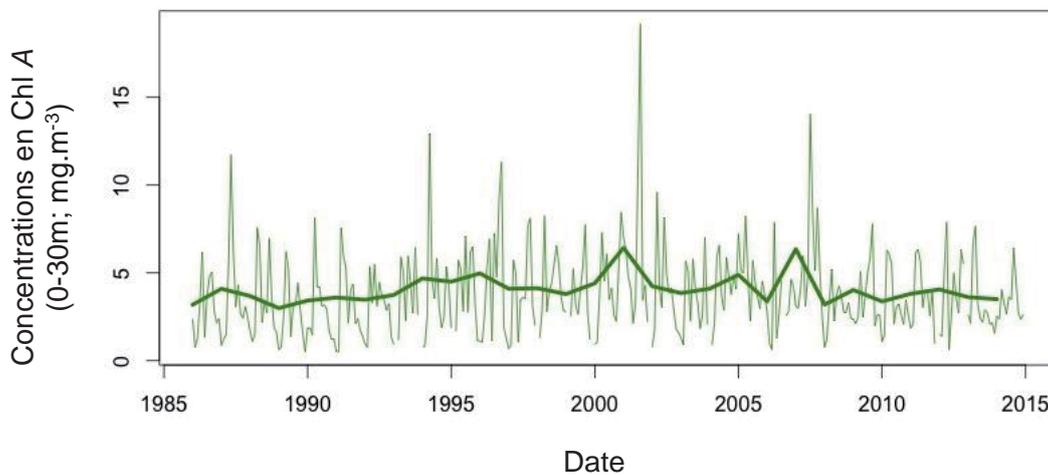


Figure 3 : Evolution mensuelle (trait fin) et inter-annuelle (trait épais) de la biomasse chlorophyllienne (Chl A AFNOR) intégrée dans la zone 0-30 m au point SHL2 entre 1986 et 2014.

Figure 3 : Monthly (thin line) and annual (thick line) chlorophyll concentrations in the 0-30 m deep surface layer at SHL2 point of Lake Geneva between 1986 and 2014.

La concentration moyenne annuelle de l'année 2014 (3,5 mg.m⁻³) est légèrement inférieure à la valeur médiane de la série 1986-2014 (3,8 mg.m⁻³), et est similaire aux valeurs moyennes mesurées depuis 2008. Ces concentrations en Chlorophylle A sont cohérentes avec les valeurs attendues pour un lac en limite d'oligo-mésotrophie à mésotrophie, et donc avec les concentrations observées en phosphore, ainsi qu'avec la transparence moyenne annuelle des eaux.

Par contre, la tendance temporelle observée depuis 1986 (figure 3) confirme une augmentation de la concentration moyenne en Chl A sur la série (Seasonal Mann Kendall test, tau = 0.0992, 2-sided pvalue =0,010), avec notamment un seuil franchi (>5 mg.m⁻³) au milieu des années 1990, et ce en dépit d'une réduction drastique des concentrations moyennes en phosphore total. Le rôle des facteurs climatiques et trophiques sur les tendances printanières et estivales a été mis en évidence (Anneville et al, 2000, Tadonlélé et al, 2009). Les valeurs mensuelles maximales mesurées ne montrent pas de tendance claire sur la série ; cette tendance ne résulte pas directement d'une intensification des épisodes d'efflorescences estivales. Par contre, on observe une augmentation significative des valeurs minimales saisonnières (MannKendall's tau = 0,307, 2-sided pvalue =0,02), suggérant une augmentation de la biomasse algale hivernale au cours des 30 dernières années. La corrélation partielle entre les minima annuels (qui correspondent toujours aux valeurs hivernales) en chlorophylle et les températures de surface en hiver (R=0,54) suggère que des hivers doux favorisent la croissance algale mêmes pendant cette saison souvent considérée comme non productive (figure 4).

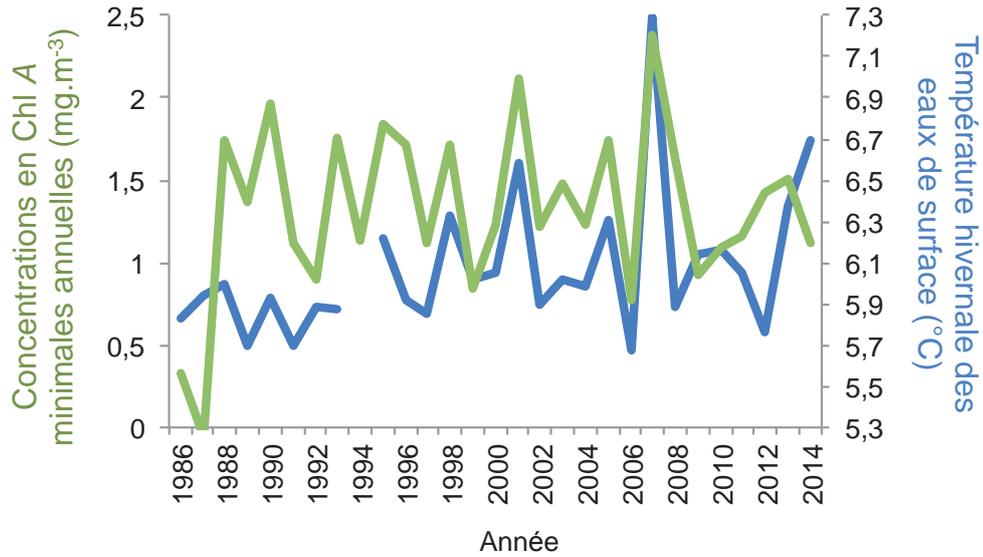


Figure 4. Relations entre minima annuels de la biomasse chlorophyllienne (concentrations en Chl A sur 0-30m) et la température hivernale des eaux de surface du Léman entre 1986-2014.

Figure 4. Relationships between Chl A minima and surface water temperatures in winter in Lake Geneva from 1986-2014

BIBLIOGRAPHIE

- ANNEVILLE O, GINOT V, DRUART JC, ANGELI, N. 2002. Long-term study (1974-1998) of seasonal changes in the phytoplankton in Lake Geneva: a multi-table approach. *J. Plankton Res.* **24**: 993-1007.
- PERGA ME, LAINE L. 2015. Le zooplancton du Léman, Suivi 2014. CIPEL
- RIMET F. 2015. Le phytoplancton du Léman, Suivi 2014. CIPEL
- TADONLEKE RD, LAZZAROTTO J, ANNEVILLE O, *et al.* 2009. Phytoplankton productivity increased in Lake Geneva despite phosphorus loading reduction. *J. Plankton Res.* **31**: 1179-1194.
- STRICKLAND, J.D.H. et PARSONS, T.R. 1968. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Board Canada*, 167, 311 p.