

# PRODUCTION PRIMAIRE ET BIOMASSE CHLOROPHYLLIENNE DANS LE LÉMAN

## PRIMARY PRODUCTION AND CHLOROPHYLL-a BIOMASS IN LAKE GENEVA

Campagne 2010

PAR

Rémy D. TADONLEKE

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

### RÉSUMÉ

*Au cours de l'année 2010, 20 campagnes de prélèvement ont été effectuées à la station SHL2 du Léman pour les mesures de la production primaire (PP) et de la biomasse chlorophyllienne (Chl a). Les valeurs de PP, de Chl a et de la capacité photosynthétique (rapport de la production maximale à chaque campagne sur la concentration de Chl a) du phytoplancton au cours de cette année 2010 étaient plus faibles que celles mesurées en 2009 et sont parmi les plus faibles mesurées au cours des douze années précédentes. Les valeurs plus faibles de la température des eaux de surface à la fin du printemps et en été en 2010, comparé à 2009, pourraient en partie expliquer la diminution de la PP, de la Chl a et de la capacité photosynthétique du phytoplancton entre 2009 et 2010.*

### ABSTRACT

*During 2010, 20 sampling campaigns were carried out at the SHL2 station in Lake Geneva to determine the primary production (PP) and the chlorophyll biomass (Chl a). The PP and Chl a values and the photosynthesis capacity (ratio of the maximum production for each campaign to the concentration of Chl a) of the phytoplankton during the year 2010 were lower than those measured in 2009, and were amongst the lowest values determined during the previous twelve years. The lowest temperature values of the surface waters at the end of spring in 2010, compared to 2009, could in part explain the reduction in PP, in Chl a and in the photosynthetic capacity of the phytoplankton between 2009 and 2010.*

### 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 2010. L'évolution des mêmes variables phytoplanctoniques au cours des 11 années précédentes (1998-2009) est également présentée pour comparaison avec l'année 2010.

### 2. MÉTHODES

L'échantillonnage a été réalisé entre le 19 janvier et le 8 décembre 2010 aux profondeurs habituelles (0.0 ; 1.0 ; 2.0 ; 3.5 ; 5.0 ; 7.5 ; 10.0 ; 15.0 ; 20.0 et 30 m). Les méthodes d'analyse mises en oeuvre sont les mêmes que celles utilisées lors des années précédentes. Il est à noter que 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 dix dernières années (1999-2009). 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 20 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.

Les valeurs de PP et Chl a étaient faibles en hiver (<15  $\mu\text{gC}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{inc}^{-1}$  et  $2\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  entre le 19 janvier et le 17 mars), ont augmenté dès le printemps pour atteindre le maximum le 7 septembre (fin de l'été) à la profondeur 5 m pour la PP et le 19 avril (printemps) entre 1 m et 3.5 m pour la Chl a, puis ont diminué dès l'arrivée de l'automne (valeurs inférieures à  $35\ \mu\text{gC}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{inc}^{-1}$  pour la PP et à  $5\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  pour la Chl a). Dans la majeure partie des cas, les profils verticaux des deux variables étaient similaires.

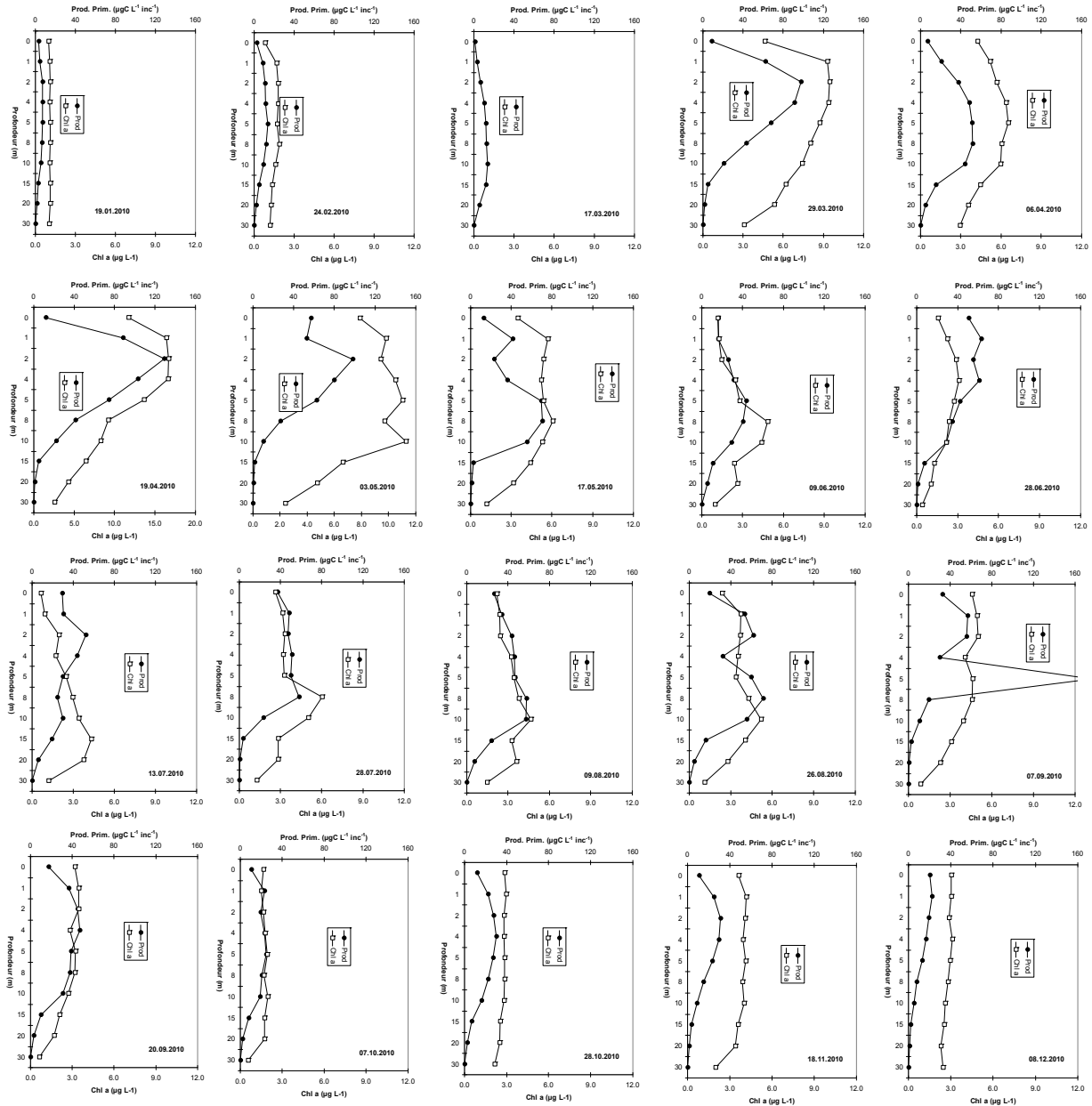


Figure 1 : Profils verticaux de la production primaire (cercle) et de la biomasse chlorophyllienne (losange) au point SHL2 du 19 janvier au 8 décembre 2010.

Figure 1 : Vertical profiles of the primary production (circle) and of the biomass expressed in terms of chlorophyll a (rhombus) at point SHL2 from January 19 to December 8, 2010.

Tableau 1 : Principaux paramètres de la production primaire dans la zone 0-20 m:  $\Sigma A$  : 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.

Table 1 : Main primary production parameters in the 0-20 m zone.  $\Sigma A$  : total primary production during the incubation period ; PPD : calculated daily primary production ; Amax : maximum production during the incubation period, corresponding to Chl Amax biomass ; Tds : 30-cm diameter white disc depth.

| DATE       | $\Sigma A$<br>(mgC.m <sup>-2</sup> .inc <sup>-1</sup> ) | PPj<br>(mgC.m <sup>-2</sup> .j <sup>-1</sup> ) | Amax<br>(mgC.m <sup>-2</sup> .j <sup>-1</sup> ) | Chl Amax<br>(mgC.m <sup>-2</sup> ) | Chl 0-20<br>(mgC.m <sup>-2</sup> ) | Tds<br>(m) |
|------------|---|--|---|------------------------------------|------------------------------------|------------|
| 19-janv-10 | 95.9  | 211.0  | 7.3   | 1.11                               | 21.8                               | 12.7       |
| 24-févr-10 | 163.0   | 358.5  | 13.6  | 1.87                               | 31.3                               | 12.1       |
| 17-mars-10 | 208.2   | 458.0  | 13.6  | nd                                 | 0.0                                | 9.7        |
| 29-mars-10 | 674.4   | 1483.7   | 97.9  | 8.04                               | 147.0                              | 4.3        |
| 06-avr-10  | 628.3   | 1382.2   | 51.6  | 5.68                               | 105.7                              | 6.3        |
| 19-avr-10  | 772.0   | 1698.5   | 129.2   | 16.71                              | 192.3                              | 3.1        |
| 03-mai-10  | 564.1   | 1241.1   | 98.2  | 11.02                              | 174.9                              | 2.3        |
| 17-mai-10  | 670.0   | 1474.0   | 70.8  | 5.23                               | 97.7                               | 3.4        |
| 09-juin-10 | 466.8   | 1027.0   | 43.3  | 2.46                               | 59.9                               | 10.1       |
| 28-juin-10 | 312.4   | 687.2  | 63.2  | 2.72                               | 29.1                               | 5.0        |
| 13-juil-10 | 519.0   | 1141.7   | 52.1  | 2.47                               | 62.4                               | 9.3        |
| 28-juil-10 | 556.4   | 1224.1   | 58.1  | 3.27                               | 75.1                               | 5.8        |
| 09-août-10 | 762.0   | 1676.3   | 57.9  | 2.38                               | 70.3                               | 8.7        |
| 26-août-10 | 784.8   | 1726.6   | 71.1  | 5.20                               | 78.9                               | 6.7        |
| 07-sept-10 | 642.9   | 1414.3   | 176.4   | 4.62                               | 76.3                               | 5.4        |
| 20-sept-10 | 515.8   | 1134.7   | 47.3  | 2.84                               | 52.8                               | 7.1        |
| 07-oct-10  | 301.2   | 662.7  | 24.5  | 1.76                               | 35.3                               | 7.6        |
| 28-oct-10  | 320.4   | 705.0  | 30.1  | 2.81                               | 54.5                               | 7.2        |
| 18-nov-10  | 252.9   | 556.5  | 31.0  | 3.61                               | 76.5                               | 9.6        |
| 08-déc-10  | 157.8   | 347.3  | 22.1  | 3.02                               | 54.0                               | 10.3       |

### 3.2 Evolution saisonnière des variables mesurées

Les plus fortes valeurs de la transparence des eaux sont mesurées entre janvier et février, le 9 juin et le 13 juillet, puis en novembre et décembre (figure 2A), celle du 9 juin correspondant probablement à la phase des eaux claires. La plus faible valeur est mesurée le 3 mai, alors le microphytoplancton (cellules de grande taille) constitue plus de 90% de la biomasse du phytoplancton (RIMET, ce volume). Cette transparence montrait une relation significative et négative avec la Chl a dans la zone 0-20 m ( $R^2 = 0.54$ ), qui serait encore plus forte ( $R^2 = 0.71$ ) si la faible valeur de la Chl a du 28 juin était exclue de l'analyse. Ce résultat suggère que la transparence des eaux était principalement déterminée par la biomasse phytoplanctonique.

La température moyenne dans la zone 0-5 m, assez faible (~6°C) entre janvier et début avril, a ensuite augmenté progressivement dès la mi-avril et atteint les valeurs maximales (~21°C) entre la mi-juillet et la mi-août (figure 2A). Cette zone de la colonne d'eau s'est ensuite refroidie progressivement dès la fin du mois d'août, et la température n'était plus que d'environ 8°C à la fin de la campagne le 8 décembre.

Les évolutions temporelles de la PP et de la Chl a dans la zone 0-20 m étaient très semblables (figure 2B) et une corrélation positive et significative a été trouvée entre ces deux variables ( $R^2 = 0.56$ ). Cela suggère que les variations de la PP en 2010 étaient essentiellement dues aux variations de la biomasse phytoplanctonique présente, contrairement à l'année 2009, au cours de laquelle la PP semblait varier sur le plan saisonnier avec la capacité photosynthétique (rapport entre la production maximale et la biomasse chlorophylle a = Pmax:Chla) du phytoplancton (TADONLEKE, 2010). Les pics de PP ont été observés au

printemps et en juillet-août en 2010 et coïncidaient en effet, respectivement, avec les plus fortes concentrations de Chl a (bloom printanier du phytoplancton) et l'augmentation estivale de ces concentrations. Ce bloom printanier, dominé par des diatomées centriques (*Cyclotella* spp, *Stephanodiscus* spp, *Asterionella formosa*) et les Cryptophycées (RIMET, ce volume) est apparu alors que la température des eaux de surface était faible (< 8°C), suggérant que ce fort développement du phytoplancton était initié par l'accroissement de l'intensité lumineuse incidente souvent observée au printemps dans les régions tempérées.

L'évolution saisonnière des valeurs de la capacité photosynthétique du phytoplancton a suivi une tendance différente de celle des deux variables précédentes (figure 2C). Cette capacité photosynthétique, assez faible en hiver (généralement inférieure à 10mgC mgChla<sup>-1</sup>.inc<sup>-1</sup> entre janvier et mars) a augmenté progressivement, atteint son maximum le 7 septembre, puis a diminué progressivement jusqu'à la fin de la campagne d'échantillonnage (8 décembre). Une forte relation statistique a été trouvée entre cette capacité photosynthétique et la température (R<sup>2</sup> = 0.68), suggérant une forte influence de la température sur la productivité du phytoplancton au cours de cette année 2010. En moyenne, les valeurs de PP brute 0-20 m, de Chl a 0-20 m et de Pmax:Chl a étaient plus faibles, en particulier pour la PP, pour l'année 2010 (respectivement 1'066 mgC·m<sup>-2</sup>·j<sup>-1</sup>, 75.9 mg·m<sup>-2</sup> et 15 mgC·mgChla<sup>-1</sup>·inc<sup>-1</sup>) que pour l'année 2009 (1'976 mgC·m<sup>-2</sup>·j<sup>-1</sup>, 87 mg·m<sup>-2</sup> et 20.6 mgC·mgChla<sup>-1</sup>·inc<sup>-1</sup>).

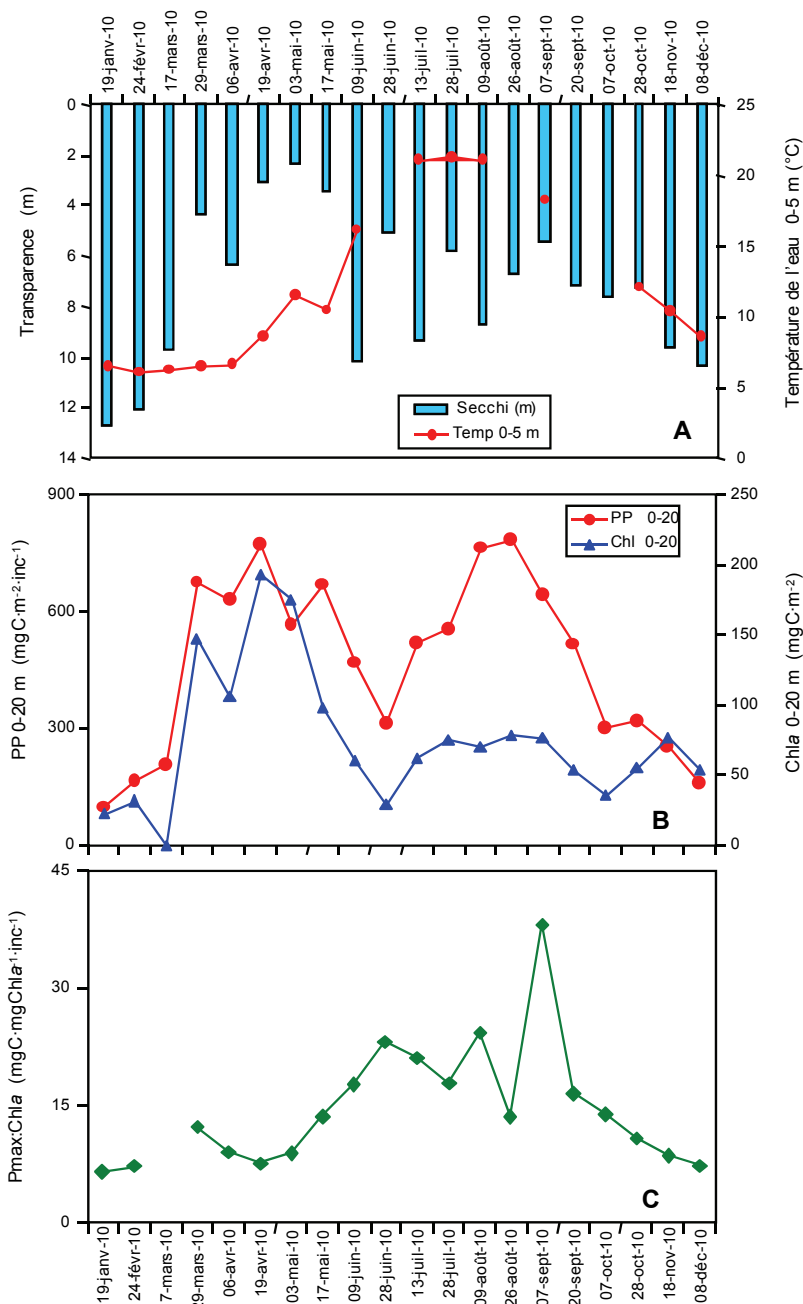


Figure 2 : Evolution saisonnière de la transparence des eaux, de la température dans la zone 0-5m (A), de la PP à 0-20 m, de Chl a à 0-20 m (B) et de la capacité photosynthétique (C).

Figure 2 : Seasonal pattern of the water transparency and temperature in the 0-5 m zone (A), of the PP at 0 20 m and of the Chl a at 0-20 m (B) and the photosynthetic capacity (C).

### 3.3 Comparaison de l'année 2010 aux douze années précédentes (1998-2009)

L'évolution des moyennes annuelles de la biomasse chlorophyllienne et de la PP nette intégrée dans la zone 0-30m entre 1998 et 2010 est présentée sur la figure 3. Les valeurs enregistrées en 2010 (respectivement 96.7 mg m<sup>-2</sup> et 205 gC m<sup>-2</sup> an<sup>-1</sup>) sont parmi les faibles de cette série chronologique, et une forte diminution est notée entre 2009 et 2010.

Les profils de concentrations d'oxygène dissous en 2010 suggèrent que, comme en 2009, le brassage hivernal de la colonne d'eau a eu lieu en février et atteignait la profondeur 150 m, et les concentrations de phosphate dans les 50 premiers mètres entre janvier et mars n'étaient pas très différentes de celles mesurées pendant la même période au cours de cette précédente année (LAZZAROTTO et RAPIN 2010 ; LAZZAROTTO *et al.*, 2011). Cependant, les valeurs de la température de l'eau en surface étaient généralement souvent supérieures à 22°C entre mai et septembre en 2009, contrairement à l'année 2010 au cours de laquelle, elles étaient plus faibles pendant la même période (figure 2A; LAZZAROTTO et RAPIN 2010 ; LAZZAROTTO *et al.*, 2011).

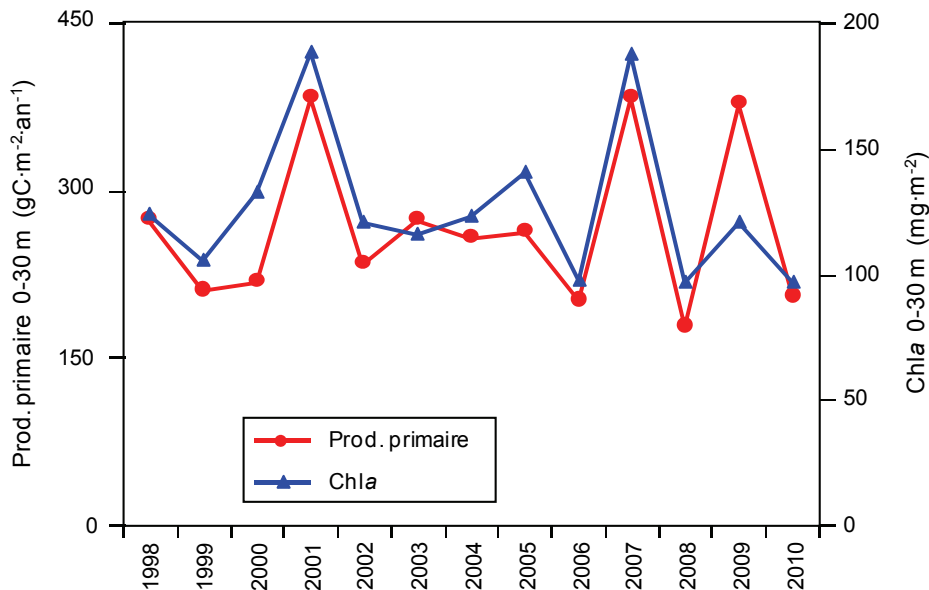


Figure 3 : Evolution inter-annuelle de la production primaire et de la biomasse chlorophyllienne au point SHL2 entre 1998 et 2010.

Figure 3 : Inter-annual change in the primary production and chlorophyll biomass at SHL2 between 1998 and 2010.

## 4. CONCLUSIONS

L'analyse des données de l'année 2010 montre une forte relation statistique négative entre la biomasse chlorophyllienne totale et la transparence des eaux, suggérant que, cette dernière était essentiellement régulée par la biomasse phytoplanctonique, comme cela a été noté très souvent au cours des années précédentes. Il a également été constaté que les variations de la production primaire (PP) étaient essentiellement liées aux variations de la biomasse phytoplanctonique présente.

Les valeurs de PP, de Chl a et de la capacité photosynthétique du phytoplancton au cours de cette année 2010 étaient plus faibles que celles mesurées en 2009 et sont parmi les plus faibles mesurées au cours des douze années précédentes. Les valeurs plus faibles de la température des eaux de surface à la fin du printemps et en été en 2010, comparé à 2009, pourraient en partie expliquer la diminution de la PP, de la Chl a et de la capacité photosynthétique du phytoplancton entre 2009 et 2010.

## REMERCIEMENTS

Rémy D. TADONLÉKÉ 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**

- LAZZAROTO, J. et RAPIN, F. (2010) : Evolution physico-chimique dans les eaux du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2009, 31-56.
- LAZZAROTO, J. NIREL, P. et RAPIN, F. (2011) : Evolution physico-chimique dans les eaux du Léman (éléments majeurs). Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2010, 31-63.
- 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.
- RIMET, F. (2011) : Phytoplancton du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2010, 99-107.
- STEEMAN-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 p.
- TADONLEKE, R. D. (2010) : Production primaire et biomasse chlorophyllienne dans le Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2009, 89-94.