

BIOMASSE CHLOROPHYLLIENNE ET PRODUCTION PRIMAIRE DANS LE LÉMAN

CHLOROPHYLL A BIOMASS AND PRIMARY PRODUCTION IN LAKE GENEVA

CAMPAGNE 2019

PAR

Serena RASCONI, Orlane ANNEVILLE, Frédéric RIMET et Pascal PERNEY

INRAE-UMR CARRTEL, CS50, BP 511, F-74203 THONON-LES-BAINS cedex

RÉSUMÉ

La dynamique saisonnière des concentrations de chlorophylle a en 2019 montre un redémarrage de croissance dès le mois de mars, à la mise en place de la stratification des eaux de surface, suivie d'un pic de production primaire dans la couche supérieure de la colonne d'eau. Les concentrations de chlorophylle a mesurées en été sont plus élevées que celles mesurées au printemps à l'exception de début juillet, où on observe une baisse de biomasse chlorophyllienne et de production primaire correspondantes à un pic de développement du zooplancton. A l'échelle interannuelle, les concentrations moyennes en chlorophylle a et production primaire observées en printemps et été 2019 sont plus faibles que celles observées en 2018. En automne les valeurs moyennes sont plus élevées que celles observées dans les années précédentes en raison d'une production primaire soutenue. Enfin, la moyenne annuelle en chlorophylle a, mesurée en 2019, est similaire à celle observée en 1976.

ABSTRACT

In 2019 chlorophyll a concentration started to increase in March, at the onset of the thermal stratification. The increase in chlorophyll follows the reestablishment of the primary production after the low winter activity. However, differently to 2018, the values in spring remain lower than in summer and the year maximum was reached only in September.

During the last five years, the chl a and primary production have lowered during spring time, while the opposite is observed during autumn, the chl a concentration and photosynthetic activity increased during the last years.

1. INTRODUCTION

Ce rapport présente les données de concentration en chlorophylle *a* (utilisée comme estimateur de la biomasse phytoplanctonique) et de production primaire mesurées à la station SHL2 du Léman au long de l'année 2019. L'évolution interannuelle des mêmes caractéristiques phytoplanctoniques est également présentée pour comparaison avec l'année 2019.

2. METHODES

L'échantillonnage a été réalisé au cours de 19 campagnes aux profondeurs habituelles de 0, 1, 2.5, 3.5, 5, 7.5, 10, 15, et 20m. Un échantillonnage de la Chlorophylle *a* a été également effectué à la profondeur de 30m pour assurer un échantillonnage complet incluant la biomasse phytoplanctonique en voie de sédimentation. La transparence de l'eau a été mesurée à l'aide d'un disque de Secchi noir et blanc standard.

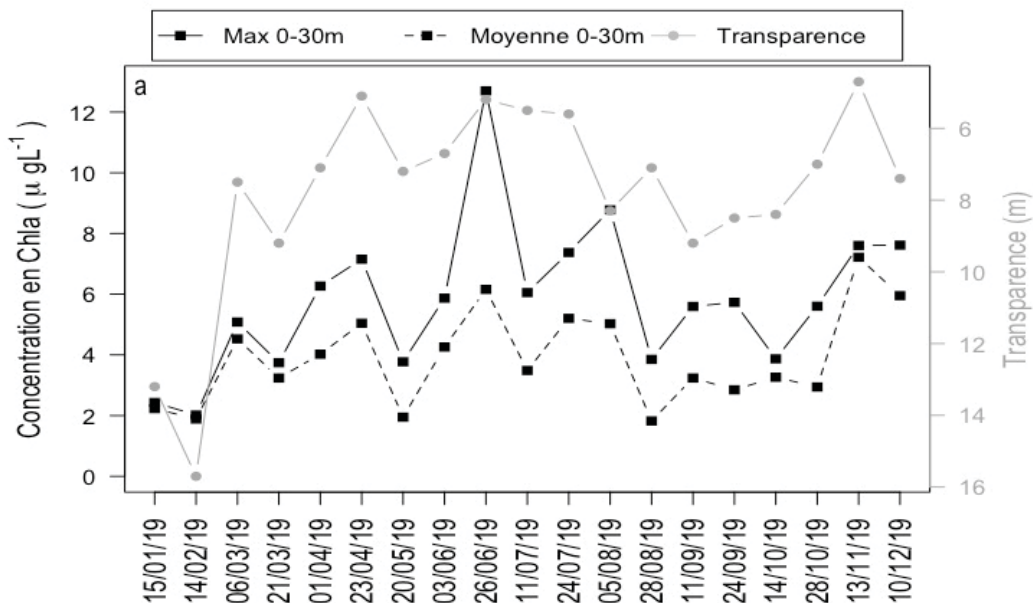
La concentration en chlorophylle *a* a été analysée au spectrophotomètre. Historiquement, la concentration brute en chlorophylle *a* (ici notée ChIA) a été calculée suivant l'équation de STRICKLAND & PARSONS (1968) à partir des absorbances mesurées aux longueurs d'ondes suivantes : 750, 665 ; 645 et 630nm (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 (notée ChIa, NF T90-117 AFNOR 1999). Le taux de dégradation étant en moyenne <3%, les deux mesures de la concentration en chlorophylle *a* (ChIA et ChIa) sont intimement corrélées ($R^2 > 97\%$, PERGA, LEBERRE & PERNEY, 2017). Les mesures de ChIa seront donc présentées pour le suivi de l'année 2019 et l'évolution comparative avec les mesures de production primaire sera aussi présentée à partir de l'année 2013 sur les eaux de surface 0-20m. L'évolution interannuelle des biomasses chlorophylliennes sera quantifiée à partir des valeurs moyennes de ChIA sur les eaux de surface 0-30m et présenté pour la période 1976-2019.

La production primaire (PP) a été mesurée selon le protocole établi en 2014 (PERGA, TADONLEKE & PERNEY, 2015), par méthode d'incubation et d'incorporation du $\text{NaH}^{13}\text{CO}_3$. Les valeurs sont exprimées par unité de surface ou de volume, en quantité de C fixée par incubation et par heure.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. DYNAMIQUE SAISONNIERE

Les concentrations moyennes et maximales en chlorophylle *a* (ChIa) mesurées sur les 30 premiers mètres (figure 1a) présentent des valeurs faibles en janvier et février. A partir du mois de mars, lorsque la stratification se met en place (TRAN KHAC et al, ce rapport), on observe un démarrage de croissance de biomasse chlorophyllienne marqué par une baisse importante de transparence et correspondant à la période de croissance de diatomées centriques unicellulaires (RIMET, ce rapport).



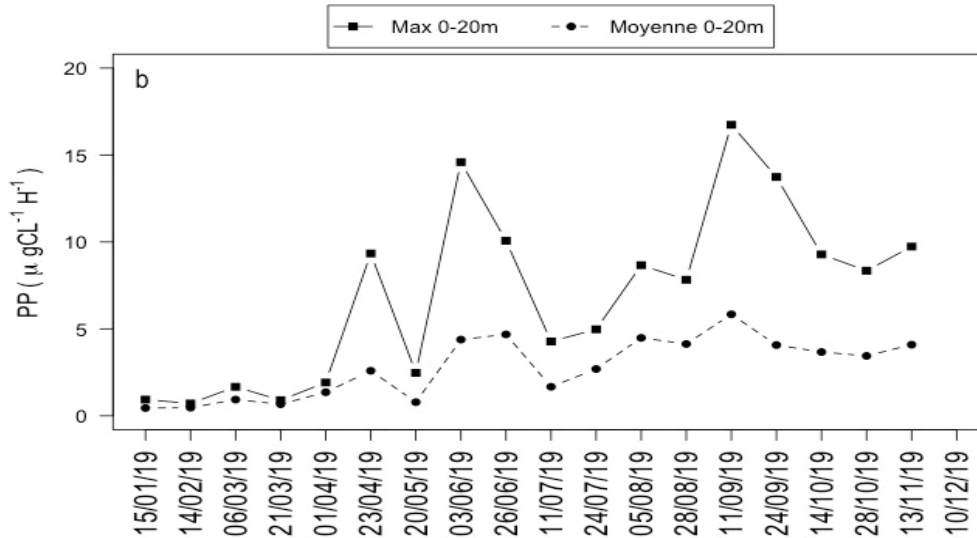


Figure 1: En a : Evolution des moyennes saisonnières et des valeurs maximales pour les concentrations de Chl a et transparences. de 0-30m (Léman SHL2).

En b : Evolution des moyennes saisonnières et des valeurs maximales de la production primaire, de 0-20m (Léman, SHL2).

Figure 1: a: Seasonal evolution of average and maximum values of Chl a (0-30 m) and transparency (Lake Geneva, SHL2)

b: Seasonal evolution of average and maximum values of primary production (0-20 m, Lake Geneva, SHL2)

L'augmentation des concentrations en chlorophylle a se poursuit pendant le mois d'avril, correspondant à la reprise de l'activité photosynthétique (Figure 1b) et marquée par un premier pic de production primaire ($9.33 \mu\text{gC L}^{-1}\text{h}^{-1}$) localisé à 2.5 mètres de profondeur (figure 2). Cette augmentation de biomasse chlorophyllienne est suivie au mois de mai par une chute importante, qui correspond à la période d'eaux claires et suit un pic d'abondance zooplanctonique (RASCONI et al, ce rapport). La biomasse phytoplanctonique est drastiquement réduite pendant cette période (RIMET ce rapport), notamment les diatomées de petite taille qui constituent une source de nourriture préférée par le zooplancton. Cependant, la baisse de concentration de biomasse chlorophyllienne ne correspond pas à une augmentation importante de transparence, une augmentation de 2m est observée entre avril et mai. Cette incohérence peut être expliquée par la croissance d'organismes microbiens (JACQUET, ce rapport), qui réduit également la transparence de l'eau.

Au début du mois de juin (03.06) une augmentation de la production primaire explique une forte croissance phytoplanctonique. Conséquent à ce pic de production, on observe le 26 juin la concentration maximale de chlorophylle a de l'année 2019 ($12.69 \mu\text{g L}^{-1}$), atteinte à la profondeur de 10m (Figure 2). En début de juillet une deuxième baisse des concentrations chlorophylliennes et de production primaire résulte du broutage par la population zooplanctonique relativement abondante (RASCONI et al, ce rapport). Le reste de la période estivale est caractérisé par des concentrations de chlorophylle a plus élevées par rapport à la période printanière (Figure 3) en raison de plus hautes valeurs de production primaire.

La période automnale s'amorce début septembre, les concentrations en chlorophylle a sont à ce moment nettement plus faibles que celles observées les mois précédents et le maximum se trouve à une profondeur de 15m. Malgré cette diminution de biomasse, qui pourrait s'expliquer par un changement dans la composition de la communauté phytoplanctonique, on observe le pic maximum de production primaire le 11 septembre ($16.73 \mu\text{gC L}^{-1}\text{h}^{-1}$). Les concentrations ensuite diminuent à partir de la fin de septembre, bien qu'elles restent plus élevées qu'au printemps. On observe pour la période hivernale des taux de production plutôt élevés et qui peuvent s'expliquer par une biomasse phytoplanctonique également élevée pour cette période, caractérisée par la présence d'algues filamenteuses telles que *Planktothrix rubescens* et *Mougeotia gracillima* (RIMET, ce rapport).

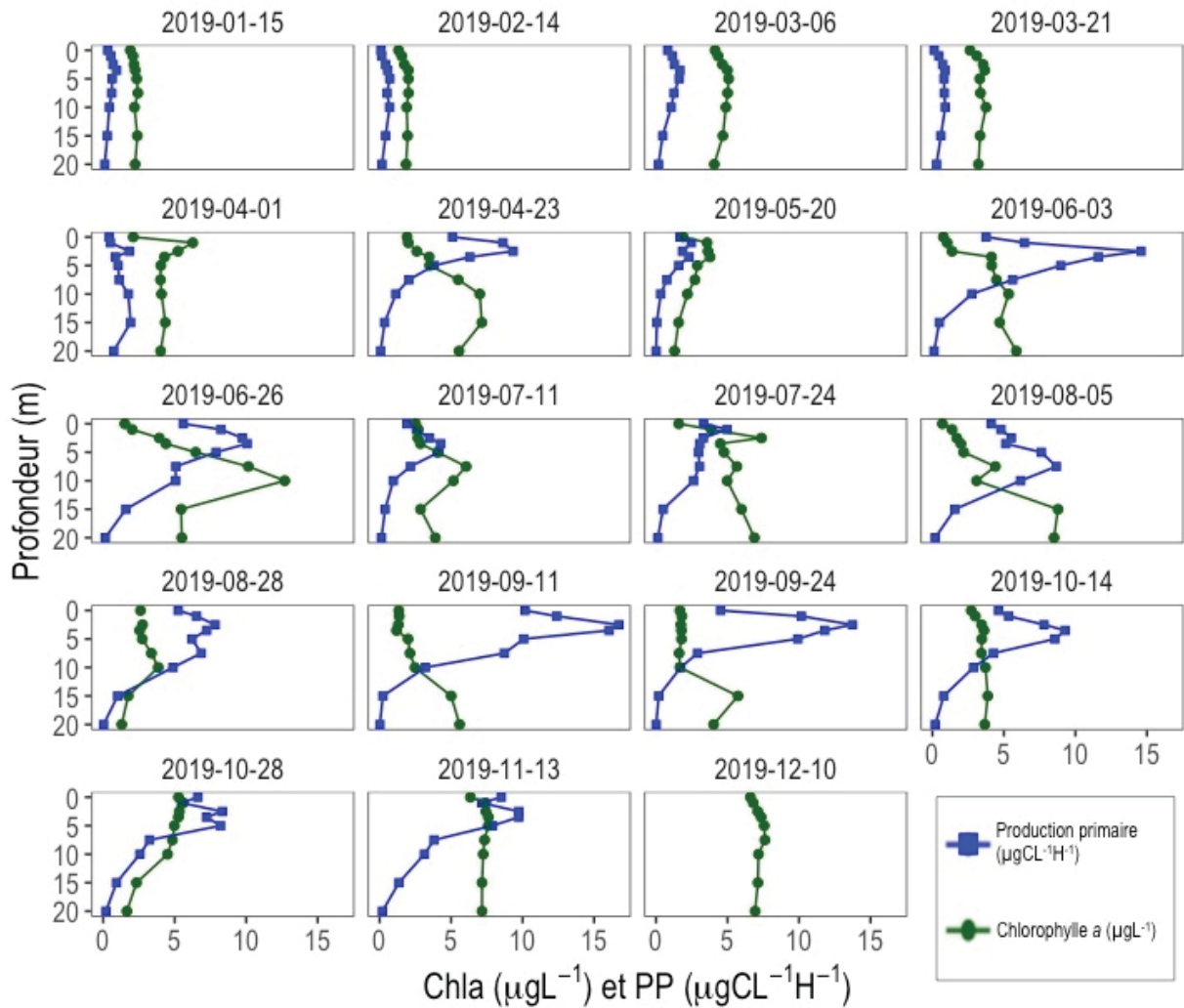


Figure 2 : Profils verticaux de production primaire (bleu) et chlorophylle *a* (vert) enregistrés dans le Léman, à la station SHL2, en 2019.

Figure 2 : Primary production (blue line) and chlorophyll *a* concentration (green line) measured during 2019 (Lake Geneva, SHL2)

3.2. DYNAMIQUE INTERANNUELLE

L'évolution interannuelle de la production primaire reflète celle de la biomasse chlorophyllienne au printemps ($R^2=0.73$, p value=0.01); néanmoins, cette relation s'estompe pour la période estivale et automnale. Depuis 2015, la production primaire moyenne annuelle au printemps présente une tendance à la baisse, qui reste également confirmée pendant l'année 2019 (Figure 3). Les valeurs moyennes de chlorophylle *a* observées sur les 20 premiers mètres pendant la période estivale (juin- août) en 2018 étaient plus élevées que celles mesurées les 3 années précédentes ($4.71 \mu\text{g L}^{-1}$ en 2015, $3.38 \mu\text{g L}^{-1}$ en 2016, $3.12 \mu\text{g L}^{-1}$ en 2017 et $7.46 \mu\text{g L}^{-1}$ en 2018). En revanche, en 2019, on observe un retour à des valeurs dans la moyenne ($4.42 \mu\text{g L}^{-1}$). Les valeurs en chlorophylle *a* pour la période automnale sont plus faibles en 2019 en comparaison aux valeurs de 2018, néanmoins reste confirmée la tendance à l'augmentation qu'on observe depuis 2017 en période d'automne (septembre-novembre, Figure 3).

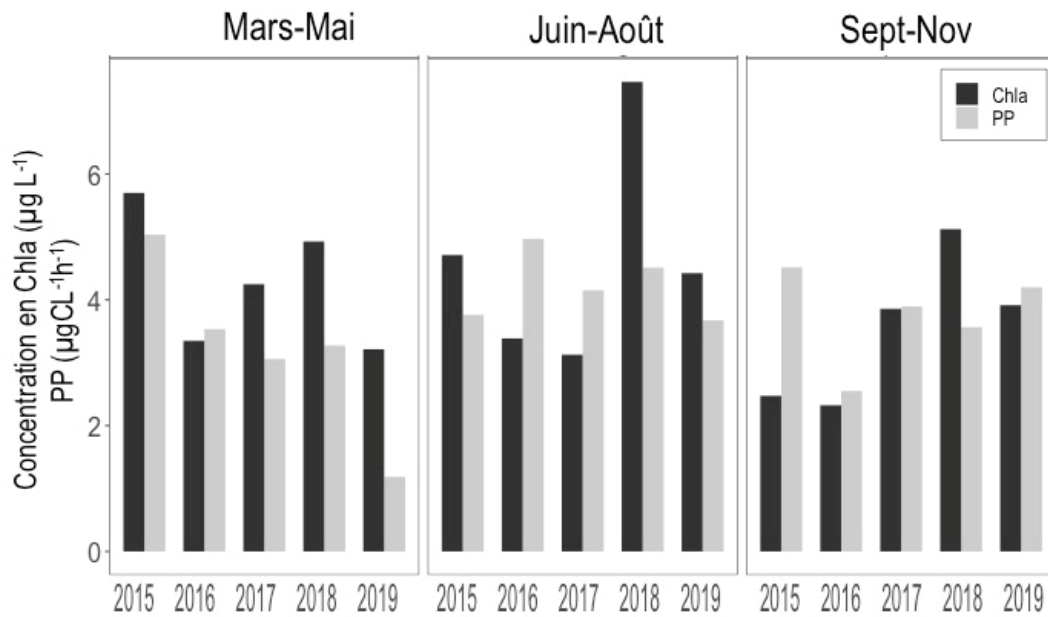


Figure 3 : Evolution interannuelle des moyennes saisonnières sur 20m des concentrations en Chla et de production primaire, mesurées dans le Léman, à la station SHL2.

Figure 3 : Interannual seasonal averages of Chla concentration and primary production measured at the depth 0-20 m (Lake Geneva, SHL2).

Sur une période plus longue, les moyennes annuelles (calculées de février à novembre pour éviter les valeurs manquantes à cause des mauvaises conditions météorologiques qui n'ont pas permis l'échantillonnage) en chlorophylle *a* mesurées avec la méthode Strickland Parsons (Chla) et pondérées sur les 30 premiers mètres, présentent des fluctuations visibles sur le long terme. (Figure 4). Suite à une période d'augmentation des valeurs pendant les années 1970-1990, on observe une diminution depuis la fin des années 90s. Les valeurs depuis 2008 sont au-dessous de la valeur moyenne calculée sur la période 1976-2019 ($3.98 \mu\text{gL}^{-1}$), correspondant à la moyenne calculée sur la période 1976-2019. Seul les valeurs moyennes de chlorophylle *a* observées en 2018 étaient plus élevées que celles relevées les années précédentes. Les concentrations mesurées en 2019 sont moins élevées que celles mesurées en 2018 et on observe un retour à des concentrations annuelles au-dessous de la valeur de référence.

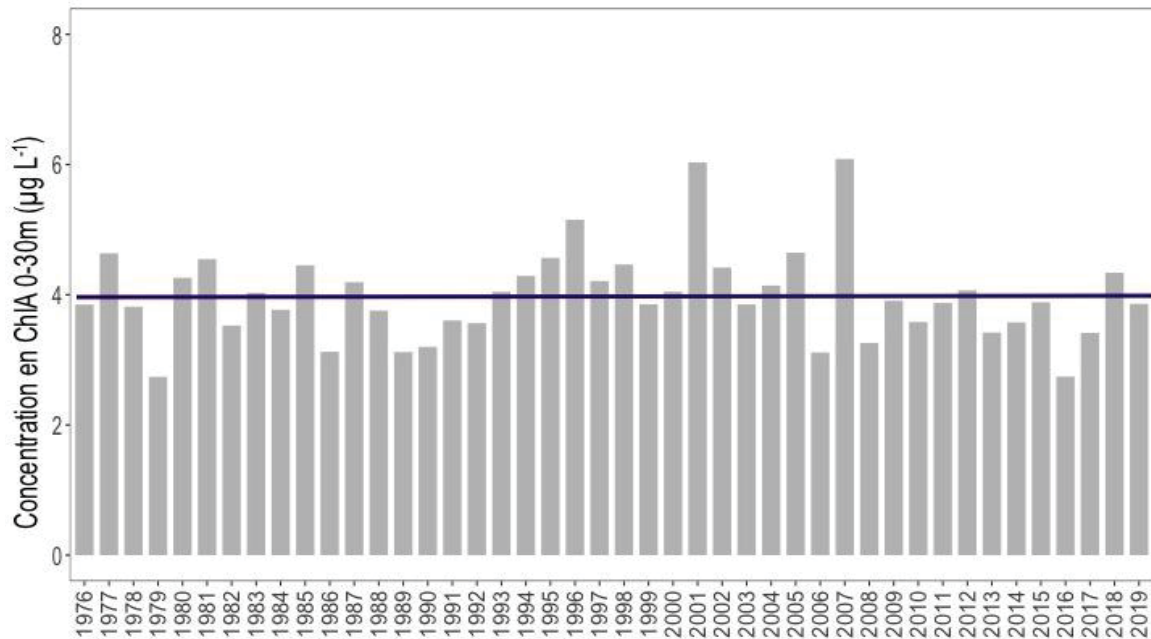


Figure 4 : Evolution interannuelle des moyennes annuelles pondérées sur 30m des concentrations en chlorophylle *a* mesurées selon la méthode Strickland Parsons de février à novembre (Léman, SHL2). La ligne horizontale indique la la moyenne calculée sur la période 1976-2019 (3.98 µg L⁻¹).

Figure 4 : Long-term dynamic of chl a concentration measured with the Strickland Parsons methods. Values are the average of the concentrations measured at every depth weighted for the layer-thickness from February to November (Lake Geneva, SHL2). The line indicates the average value on the entire period (3.98 µg L⁻¹).

BIBLIOGRAPHIE

- JAQUET S (2020). Etude relative aux picocyanobactéries. Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut., Campagne 2019.
- PERGA ME, TADONLEKE R et PERNEY P (2015). Mesures de la production primaire : Transition des protocoles 14C - 13C. Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut., Campagne 2014. 163 - 171 pp.
- PERGA ME, LEBERRE B et PERNEY P (2017). Biomasse chlorophyllienne et production primaire dans le Léman. Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut., Campagne 2016, 93 - 100.
- RASCONI S, ANNEVILLE et LAINE L (2020). Zooplancton du Léman. Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut., Campagne 2019.
- RIMET F (2020): Phytoplancton du Léman. Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut., Campagne 2019.
- STRICKLAND JDH et PARSONS TR (1968). A practical handbook of seawater analysis. Bull. Fish. Res. Board Canada, 167, 311 p.
- TRAN KHAC V, QUETIN P et ANNEVILLE O (2020) : Evolution physico - chimique des eaux du Léman, données météorologiques. Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut., Campagne 2019.