

BIOMASSE CHLOROPHYLLIENNE ET PRODUCTION PRIMAIRE DANS LE LÉMAN

CHLOROPHYLL A BIOMASS AND PRIMARY PRODUCTION IN LAKE GENEVA

CAMPAGNE 2020

Serena RASCONI, Orlane ANNEVILLE, Frédéric RIMET et Pascal PERNEY

INRAE-UMR CARTEL, CS 50 511, F-74203 THONON LES BAINS CEDEX

RÉSUMÉ

La dynamique saisonnière des concentrations de chlorophylle *a* en 2020 a montré un redémarrage de croissance dès le mois de février, correspondant à une augmentation de production primaire et à une baisse de la transparence dans la couche supérieure de la colonne d'eau. Les concentrations de chlorophylle *a* mesurées en mai ont été plus élevées que celles mesurées en été, où, malgré une hausse de la production primaire, on a observé une baisse de biomasse chlorophyllienne à la suite d'un pic de développement du zooplancton. A l'échelle interannuelle, les concentrations moyennes de chlorophylle *a* en été 2020 ont été plus faibles que celles observées en 2018 et 2019. La tendance à la baisse observée au cours des dernières années est confirmée, bien que les valeurs restent proches de celles observées depuis le début du suivi.

En revanche, la production primaire moyenne a été plus élevée en été. En automne les pics de production primaire ont été plus élevés que ceux observés dans les années précédentes en raison d'une production primaire soutenue notamment en septembre.

Au cours des cinq dernières années, on a observé en printemps une diminution des valeurs de chlorophylle *a* et de production primaire, alors que l'inverse a été observé en automne avec une augmentation des concentrations de chlorophylle *a* et de l'activité photosynthétique.

ABSTRACT

In 2020 chlorophyll *a* concentration started to increase in February, corresponding to lowering transparency values in the surface layer. The increase in chlorophyll *a* at this time corresponded to the reestablishment of the primary production in February, after the low winter activity. Chlorophyll *a* average values in summer were lower than in spring and autumn, following a zooplankton peak. The long-term pattern confirmed the decreasing values during the last years; the values were lower in 2020 compared to 2018 and 2019, although still similar to the values measured at the beginning of the survey.

For the primary production we observed a different pattern and the average values were higher in summer, although the year maximum was reached in September.

During the last five years, chlorophyll *a* and primary production had lowered during spring time, while the opposite was observed during autumn, the chlorophyll *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 2020. L'évolution interannuelle de ces mêmes paramètres (chlorophylle *a* et production primaire) est également présentée pour comparaison pour la période 2015-2020.

2. METHODES

L'échantillonnage a été réalisé aux profondeurs habituelles de 0, 1, 2.5, 3.5, 5, 7.5, 10, 15, 20, 30 m pour la chlorophylle *a* et de 0, 1, 2.5, 3.5, 5, 7.5, 10, 15 et 20 m pour la production primaire. La transparence de l'eau a été mesurée à l'aide d'un disque de Secchi noir et blanc standard. Quinze campagnes ont été effectuées en 2020, mensuelles pendant les mois de janvier, février, mai, août, octobre, novembre et décembre et bimensuelles pendant les autres mois. Exceptionnellement en 2020 les échantillonnages ont dû être interrompus en mars et avril à cause du confinement imposé par la pandémie COVID-19.

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 Chla, NF T90-117 AFNOR 1999). Le taux de dégradation étant en moyenne <3%, les deux mesures de la concentration en chlorophylle *a* (ChIA et Chla) sont intimement corrélées (test de corrélation linéaire comparant toutes les mesures pour la période 2013-2020: $R^2 = 0.92$, $p < 0.001$). Les mesures de Chla sont donc présentées pour le suivi de l'année 2020 et l'évolution comparative avec les mesures de production primaire à partir de l'année 2015 sur les eaux de surface 0-20 m. L'évolution interannuelle des biomasses chlorophylliennes a été quantifiée à partir des valeurs moyennes de ChIA sur les eaux de surface 0-30 m et présentée pour la période 1976-2020.

La production primaire (PP) a été mesurée selon le protocole établi en 2014 (PERGA, TADONLEKE & PERNEY, 2015), par la méthode d'incubation et d'incorporation du $\text{NaH}^{13}\text{CO}_3$. Les valeurs sont exprimées en quantité de C fixée par litre et par heure ($\mu\text{gC L}^{-1} \text{h}^{-1}$).

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 DYNAMIQUE SAISONNIERE

Les concentrations moyennes pondérée en fonction de l'épaisseur des couches et maximales en chlorophylle *a* (Chla) mesurées sur les 30 premiers mètres (figure 1a) ont présentées des valeurs faibles en janvier et une augmentation dès le mois de février. Au mois de mai, à la reprise des échantillonnages après le confinement, la croissance de biomasse chlorophyllienne avait déjà démarré. Un premier pic de production a été atteint à ce moment ($12.13 \mu\text{gC L}^{-1} \text{h}^{-1}$, figure 1b), localisé à 5 m de profondeur (figure 2), concomitant à une baisse importante de transparence et correspondant à la période de croissance de diatomées centriques unicellulaires (RIMET, ce rapport).

Cette augmentation de biomasse chlorophyllienne a été suivie pendant l'été par des fluctuations de croissance, en raison d'un pic d'abondance zooplanctonique (RASCONI et al 2021, ce rapport). La biomasse phytoplanctonique est drastiquement réduite pendant cette période (RIMET 2021, ce rapport), notamment les diatomées de petite taille qui constituent une des sources de nourriture préférée par le zooplancton. Cependant, la baisse de concentration de chlorophylle *a* ne correspond pas à une baisse de production primaire et les valeurs de production plus hauts de l'année ont été enregistrées pendant la période juillet-septembre entre 2.5 et 7.5 m de profondeur. Le pic maximum ($28.2 \mu\text{gC L}^{-1} \text{h}^{-1}$) a été enregistré le 23 septembre à la profondeur de 5 m. La composition du phytoplancton peut expliquer ces faibles concentrations de Chla alors que la production est élevée. Le pic maximum de biomasse phytoplanctonique a été observé au mois de septembre, composé principalement de Dinophycées (RIMET 2021, ce rapport), des espèces caractérisées par la présence de pigments photosynthétiques autres que la chlorophylle *a*, tels que les caroténoïdes.

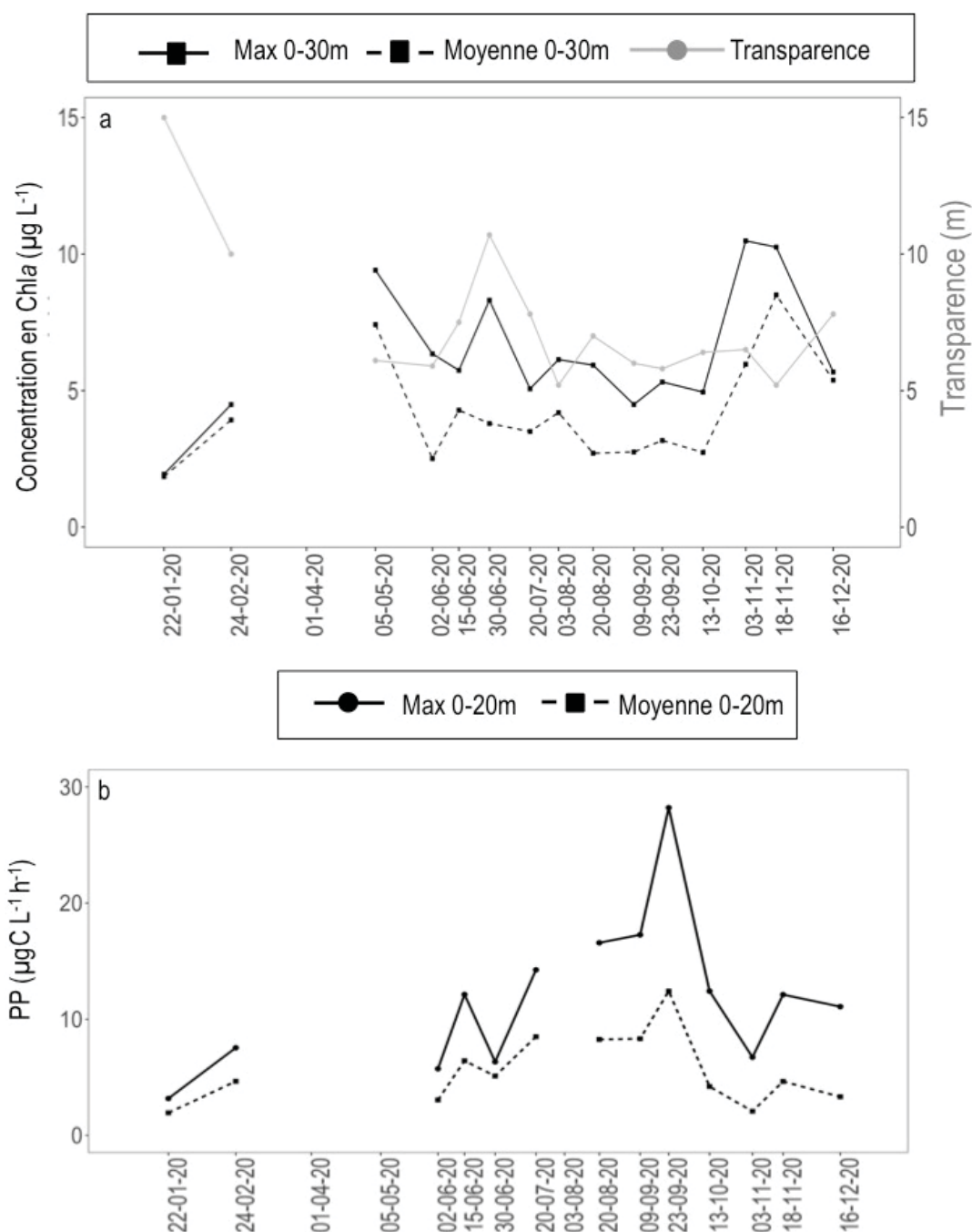


Figure 1: Evolution annuelle a. des concentrations maximales et moyennées en Chla des eaux de surface 0-30 m et b. de la production primaire maximale et moyenne des eaux de surface 0-20 m (Léman, SHL2).

Figure 1: 2020 annual dynamic of a. averaged and maximum Chl a concentration measured between 0 and 30 m and b. averaged and maximum primary production measured between 0 and 20 m (Lake Geneva, SHL2).

L'automne 2020 présente une phase de forte croissance phytoplanctonique et les valeurs de Chla enregistrées ont été particulièrement élevées en novembre (figure 2). Le pic le plus important (10.4 $\mu\text{g L}^{-1}$) a été mesuré le 3 novembre, composé principalement de Cyanobactéries et Diatomées (RIMET 2021, ce rapport). Cette augmentation de biomasse chlorophyllienne s'accompagne d'une augmentation de la production primaire dans les couches superficielles. A cette même période, une population zooplanctonique relativement abondante est également observée (RASCONI et al 2021, ce rapport).

La période hivernale s'est amorcée en décembre, les concentrations en chlorophylle *a* ont été à ce moment nettement plus faibles que celles observées les mois précédents. Une augmentation de la transparence et une baisse de la population zooplanctonique (RASCONI et al 2021, ce rapport) ont également été observées.

En 2020, des taux de production primaire plutôt élevés ont été enregistrés pour la période hivernale. Ils 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 2021, ce rapport).

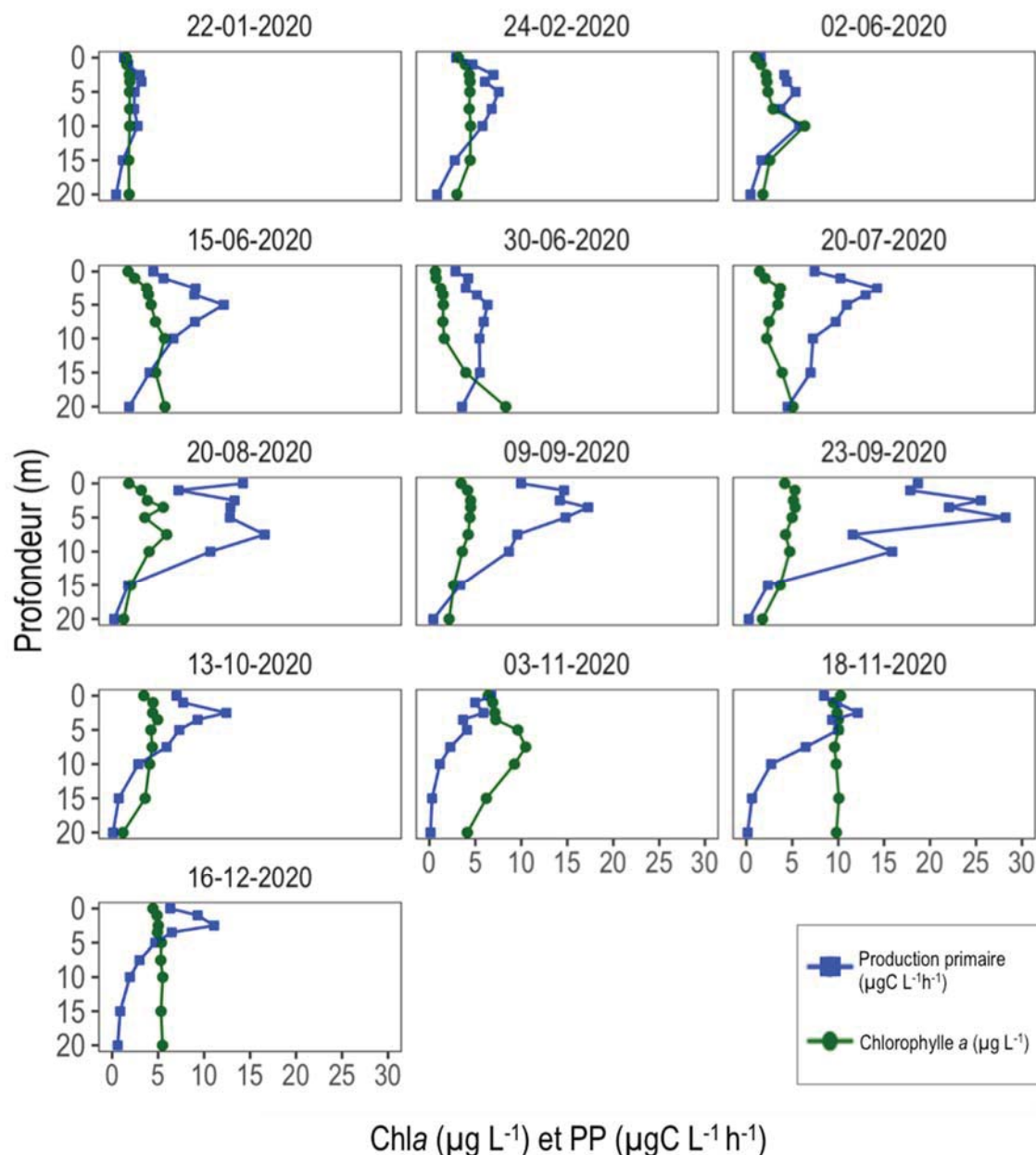


Figure 2: Profils verticaux de production primaire (bleu) et chlorophylle *a* (vert) enregistrés à la station SHL2, en 2020.

Figure 2: Primary production (blue line) and chlorophyll *a* concentration (green line) measured during 2020 (Lake Geneva, SHL2)

3.2 DYNAMIQUE INTERANNUELLE

La production primaire (figure 3) au printemps (mars-mai) en 2020 n'a pas pu être mesurée à cause de l'interruption des échantillonnages. La Chla n'a été mesurée qu'en mai. Pour cette année exceptionnellement, seules les valeurs du mois de mai ont été comparées avec celles des années précédentes pour éviter que la moyenne ne soit surestimée par le manque des mesures en mars et avril. La concentration en chlorophylle *a* en 2020 a présenté des valeurs plus élevées par rapport à 2019 mais comparables aux années précédentes (moyennes 2015-2018: 6.03 $\mu\text{gC L}^{-1}\text{h}^{-1}$, 2019: 2.33 $\mu\text{gC L}^{-1}\text{h}^{-1}$ et 2020: 6.44 $\mu\text{gC L}^{-1}\text{h}^{-1}$).

Pendant la période estivale (juin- août 2020) nous avons observé une baisse de la concentration en Chla mais une augmentation importante de la production primaire. Les valeurs moyennes de chlorophylle *a* ont été de 4.4 $\mu\text{g L}^{-1}$ en 2019 contre 3.6 $\mu\text{g L}^{-1}$ en 2020. En revanche, nous avons observé une tendance opposée pour la production, avec des valeurs moyennes de 3.6 $\mu\text{gC L}^{-1} \text{h}^{-1}$ en 2019 contre 7.0 $\mu\text{gC L}^{-1} \text{h}^{-1}$ mesurées en 2020. En période d'automne (septembre-novembre), les valeurs en chlorophylle *a* et production primaire ont confirmé la tendance à l'augmentation observée depuis 2017, avec des valeurs supérieures en 2020 comparées aux valeurs en 2019 (respectivement 3.2 et 5.7 $\mu\text{g L}^{-1}$ pour la Chla et 4.2 et 6.3 $\mu\text{gC L}^{-1} \text{h}^{-1}$ pour la production primaire).

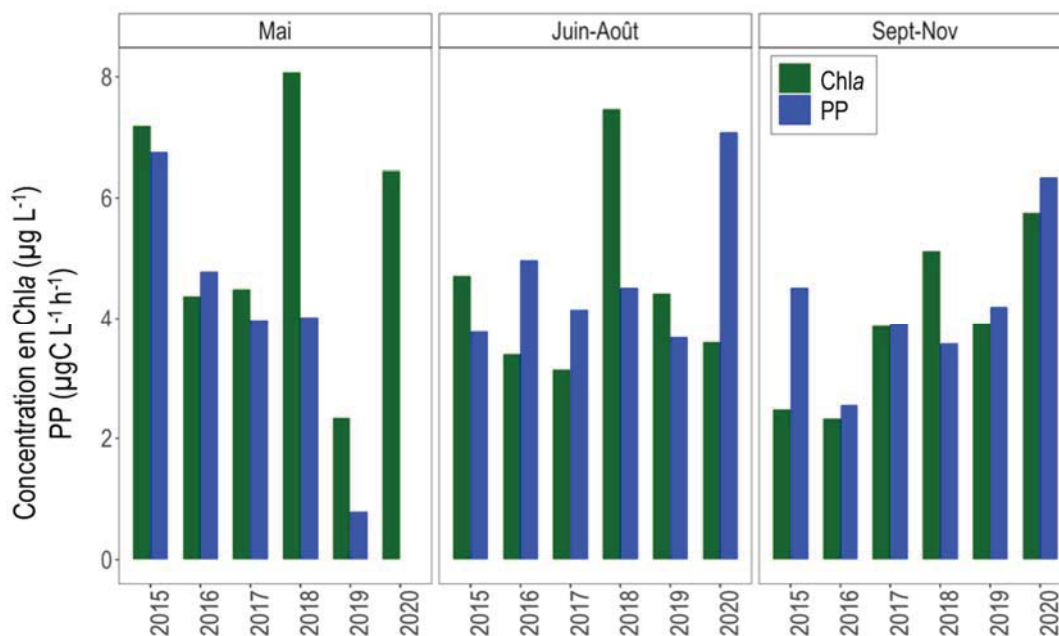


Figure 3: Evolution interannuelle des moyennes saisonnières sur 20 m des concentrations en Chla et de production primaire (PP), mesurées à la station SHL2

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 en chlorophylle *a* (calculées de février à novembre pour éviter les valeurs manquantes) mesurées avec la méthode Strickland Parsons (ChlA) et pondérées sur les 30 premiers mètres de profondeur, ont présenté des fluctuations interannuelles visibles sur le long terme (figure 4). Suite à une période d'augmentation des valeurs pendant les années 1980 jusqu'à la moitié des années 1990, une diminution depuis fin des années 90s est observée. Les valeurs depuis 2008 sont au-dessous de la valeur correspondant à la moyenne calculée sur la période 1976-2020 (3.96 $\mu\text{g L}^{-1}$). Seule la valeur moyenne de chlorophylle *a* observée en 2018 était plus élevée que celles relevées les années depuis 2008. Les concentrations mesurées en 2019 et 2020 sont également moins élevées que celles mesurées depuis 2008 et un retour à des concentrations annuelles au-dessous de la valeur moyenne est observée.

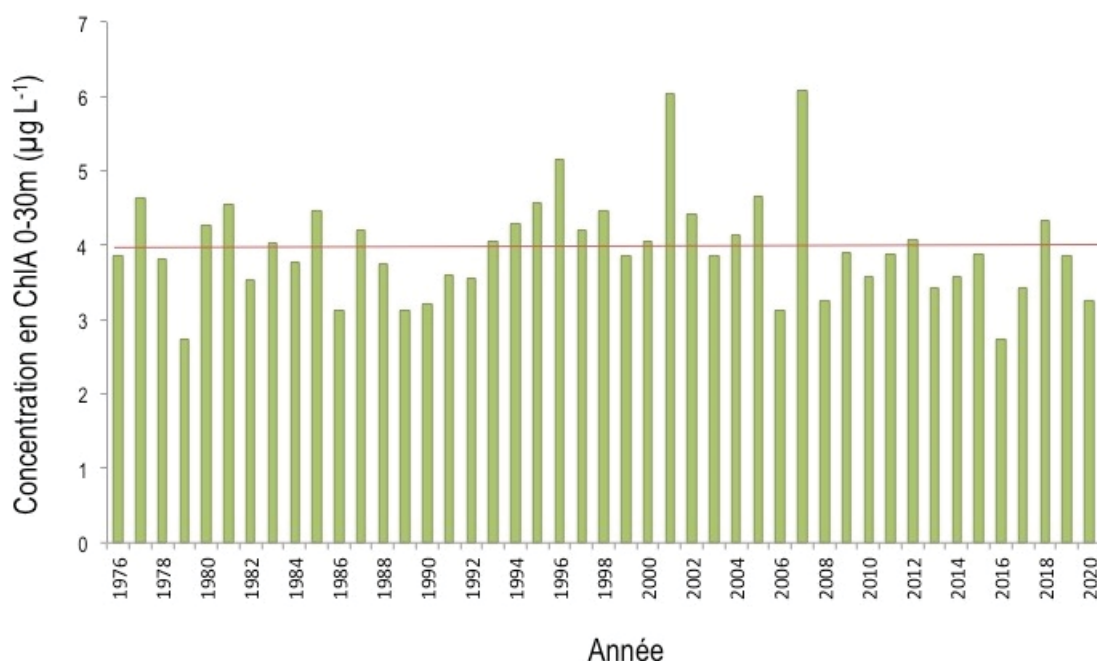


Figure 4 : Evolution entre 1976 et 2020 des moyennes annuelles pondérées sur les 30 premiers mètres de profondeur des concentrations en chlorophylle *a* mesurées selon la méthode Strickland Parsons de février à novembre (Léman, SHL2). La ligne horizontale indique la valeur correspondant à la moyenne calculée pour toute la période (3.96 µg L⁻¹)

Figure 4 : Long-term dynamic (1976-2020) of chl a concentrations measured with the Strickland Parsons method. Values are the average of the concentrations measured at every depth weighted for the layer-thickness from February to November (Lake Geneva, SHL2). The red line indicates the average value on the entire period (3.96 µg L⁻¹).

Les concentrations de chlorophylle *a* en 2020 ont été plus faibles que celles mesurées les années précédentes, confirmant la tendance à la baisse observée au cours des dernières années. En revanche, la production primaire moyenne a été plus élevée notamment en été et en automne. Au cours des dernières années, on a observé un changement dans la dynamique saisonnière, avec une diminution des valeurs de chlorophylle *a* et de production primaire en printemps, suivie par des valeurs en augmentation en automne.

4. BIBLIOGRAPHIE

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.

RASCONI S, ANNEVILLE O et LAINE L (2021). Zooplancton du Léman. Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut., Campagne 2020.

RIMET F (2021): Phytoplancton du Léman. Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut., Campagne 2020.

STRICKLAND JDH et PARSONS TR (1968). A practical handbook of seawater analysis. Bull. Fish. Res. Board Canada, 167, 311 p.