

PHYTOPLANCTON DU LÉMAN

THE PHYTOPLANKTON OF LAKE GENEVA

CAMPAGNE 2016

PAR

Frédéric RIMET

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

RÉSUMÉ

*Au cours de l'année 2016, 19 campagnes de prélèvements ont été effectuées à la station SHL2 du Léman afin d'analyser l'évolution qualitative et quantitative des communautés phytoplanctoniques. L'année 2016 est caractérisée par deux pics de biomasses (24/05 et 08/08) largement dominées par des diatomées indicatrices de milieux de faibles profondeurs (*Diatoma elongatum*, *Ulnaria acus*). Leur présence est probablement à relier à des épisodes pluvieux intenses qui ont provoqué des crues dans les cours d'eau se jetant dans le Léman et qui ont amené des taxons benthiques littoraux jusque dans la zone pélagique.*

*D'autre part, un autre élément à souligner pour l'année 2016 est la présence d'algues filamenteuses indicatrices de milieux stratifiés et se développant à l'interface entre l'épilimnion et le métalimnion (*Tribonema ambiguum*, *Planktothrix rubescens*, *Mougeotia gracillima*) pendant toute l'année, avec une proportion de biomasse relativement importante (environ 20% de la biomasse en moyenne). Il faut souligner que *Planktothrix rubescens* est une cyanobactérie filamenteuse potentiellement toxique.*

Pour l'évolution interannuelle sur la période 1974-2016, on observe que la biomasse annuelle moyenne de 2016 (1011 µg/L) est proche de l'objectif de la CIPEL (1000 µg/L). Mais l'année 2016 suit deux années qui ont présenté des biomasses élevées (2633 µg/L et 2112 µg/L respectivement pour 2014 et 2015). On remarque que la proportion de la biomasse représentée par des taxons indicateurs de faibles profondeurs est de plus en plus importante et est probablement liée à des épisodes de pluies intenses. D'autre part, la part des taxons indicateurs de milieu oligotrophe est plus élevée que dans les années 70-80, mais est stable depuis une dizaine d'années.

Enfin, l'indice de Brettum qui évalue le niveau trophique du lac en se basant sur la composition en espèces du phytoplancton, permet de qualifier le lac en état écologique moyen pour l'année 2016 (classification selon intercalibration lake type).

1. INTRODUCTION

Le compartiment phytoplanctonique a fait l'objet d'un suivi durant l'année 2016 à la station SHL2 localisée au centre du Grand Lac entre Evian et Lausanne. Cette étude comporte l'analyse de l'évolution qualitative et quantitative des communautés phytoplanctoniques. Différentes métriques, telles que la diversité (indice de Shannon, Weaver & Shannon 1949), les groupes fonctionnels de Reynolds et al. (2002), ainsi que l'indice trophique de Brettum (1989), ont été calculés sur toute la série chronologique (1974-2016). Les concentrations en chlorophylle *a* et la production phytoplanctonique font l'objet d'un chapitre séparé.

2. METHODES

Pour le Grand Lac, le phytoplancton a été récolté de janvier à décembre 2016 dans les 18 premiers mètres de la colonne d'eau à l'aide d'une cloche intégratrice d'eau brute (Cloche IWS). Ces prélèvements ont été effectués une fois par mois en janvier, octobre, décembre et deux fois par mois pour les autres mois de l'année. Pour le mois de février aucune sortie n'a été réalisée, nous avons considéré la sortie du 1er mars comme représentative du mois de février. Au final, 19 campagnes ont été menées en 2016.

Les échantillons d'eau brute sont fixés au Lugol ; puis des sous-échantillons d'un volume de 25 mL sont prélevés et mis à sédimenter. Les examens qualitatifs et quantitatifs se font au microscope inversé selon la technique Utermöhl (1958), méthode maintenant normalisée au niveau français et européen (Afnor 2006). Les résultats des biomasses algales sont exprimés en $\mu\text{g/L}$. Le détail des protocoles est donné dans Druart & Rimet (2008), il est téléchargeable sur le site <http://www.dijon.inra.fr/thonon>.

Différentes métriques ont été calculées à partir des listes floristiques :

- la biomasse des classes algales (sensus Bourelly 1972, 1981, 1985) ;
- la biomasse des taxons dominants, la biomasse des classes de tailles (micro et nanophytoplancton) ;
- la diversité phytoplanctonique (indice de Shannon) ;
- les groupes fonctionnels (ou guildes écologiques) selon Reynolds *et al.* (2002) ;
- un indice de qualité trophique (Indice de Brettum calculé selon Kaiblinger *et al.*, 2009).

3. RESULTATS

3.1 EVOLUTION SAISONNIÈRE DE L'ANNÉE 2015

3.1.A. Evolution des classes d'algues et des taxons dominants

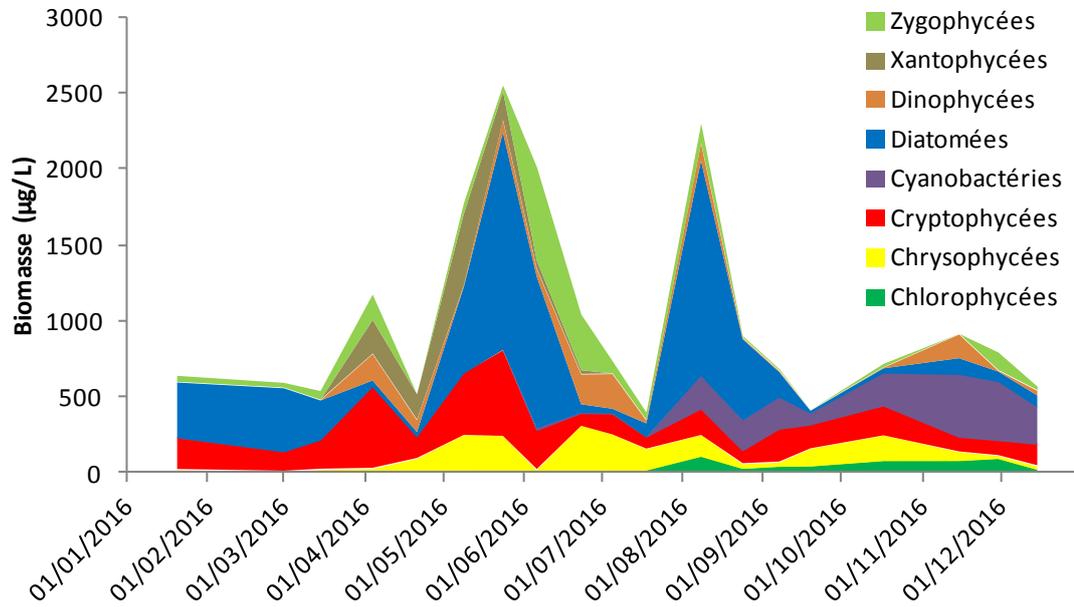


Figure 1 : Variations de la biomasse du phytoplancton par classe algale (sensus Bourrelly 1972, 1981, 1985) dans le Grand Lac (SHL 2) en 2016.

Figure 1 : Annual change in the biomass of phytoplankton groups (sensus Bourrelly, 1972, 1981, 1985) in Upper Lake Geneva during 2016.

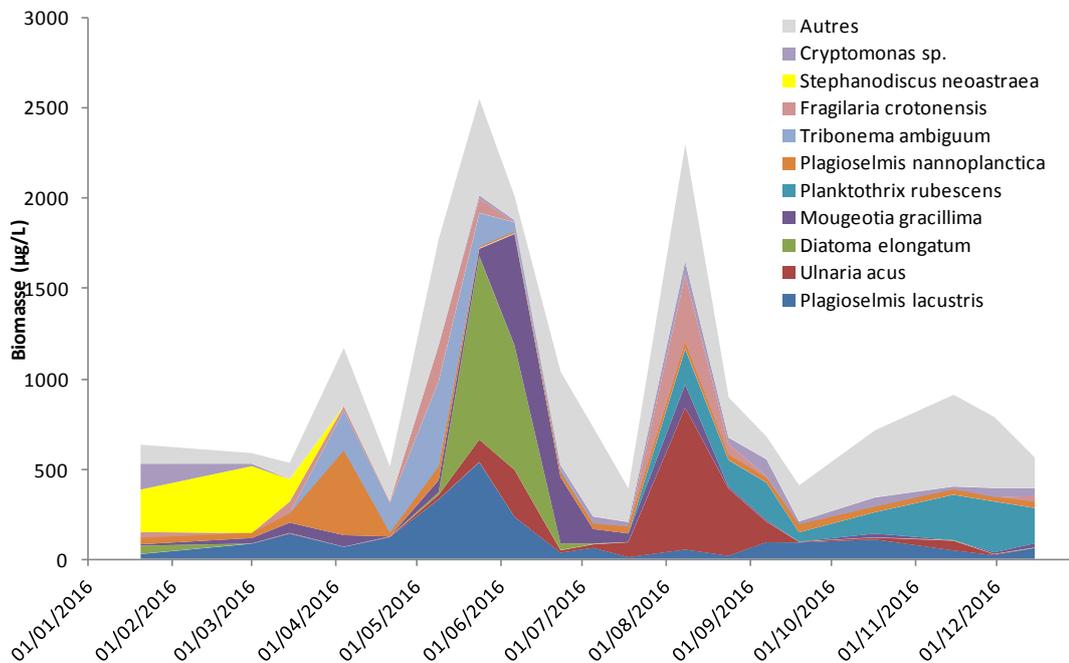


Figure 2 : Variations de la biomasse des principaux taxons du phytoplancton dans le Grand Lac (SHL 2) en 2015.

Figure 2 : Annual change in the biomass of the dominant phytoplankton taxa in Upper Lake Geneva (SHL 2) during 2015.

Pour le Grand Lac, plusieurs phases peuvent être distinguées au cours de l'année 2016 (figures 1 et 2) :

- Une phase hivernale (20 janvier au 21 avril), avec des biomasses relativement faibles, dominées par les diatomées et les Cryptophycées. C'est *Stephanodiscus neoastraea*, une grande diatomée centrique qui va largement dominer le compartiment algal jusqu'au 15 mars ; cette espèce est caractéristique des milieux mésotrophes et est sensible à la stratification (Padisak et al. 2009). Elle est ensuite remplacée par *Plagioselmis lacustris* une espèce de Cryptophycée également indicatrice des milieux mésotrophes (Padisak et al. 2007) que l'on retrouve fréquemment à cette période de l'année dans le Léman. On note également des biomasses relativement importantes d'une Xanthophycée filamenteuse, *Tribonema ambiguum*, espèce tolérant les faibles intensités lumineuses et les épilimnions bien brassés (Reynolds et al. 2002).
- Une phase printanière et estivale (9 mai au 18 juillet) : C'est pendant cette phase que la biomasse phytoplanctonique maximale de l'année est enregistrée (le 24/05). Les diatomées dominent le compartiment pendant cette phase, principalement avec *Diatoma elongatum*, pennée formant des colonies en zigzag. Il s'agit d'un taxon que l'on observe habituellement dans le plancton mais également au niveau du benthos (Krammer & Lange-Bertalot 1991). Sa présence peut être expliquée par des pluies fortes au mois de mai (entre le 10 et le 12 mai, plus de 100 mm de hauteur de pluie cumulée), qui ont provoqué des crues dans les affluents du Léman et qui ont ainsi probablement amené des taxons benthiques littoraux jusque dans la zone pélagique. On note toujours la présence de biomasses relativement importantes de *Plagioselmis lacustris*. Les algues filamenteuses indicatrices de milieux stratifiés (*Mougeotia gracillima* et *Tribonema ambiguum*) représentent 20% de la biomasse à cette période. Les Chrysophycées représentent 30% de la biomasse pendant cette phase : les taxons qui composent cette classe algale à cette période (*Dinobryon* spp.) sont indicateurs de milieux oligotrophes (Reynolds et al. 2002).

La biomasse algale totale va ensuite diminuer fortement jusqu'au 18 juillet, avec la plus faible biomasse enregistrée de l'année (394 mg/L).

- Une phase de fin d'été et de début d'automne (8 août au 19 septembre) : ce qui caractérise cette phase est un deuxième pic de biomasse le 8/08, assez proche par son ampleur de celui du 24/05. Il est lui aussi largement dominé par une diatomée pennée (*Ulnaria acus*), indicatrice de lacs peu profonds et de rivières (Reynolds et al. 2002, Padisak et al. 2007). Sa présence est aussi probablement à relier à de fortes pluies survenues à la fin juillet et début août (22/07 : 23 mm de pluie, 4/08 : 18 mm) qui entraînent l'arrivée de ces taxons littoraux dans le milieu pélagique. Ce taxon va disparaître rapidement. Pendant cette phase, on note l'arrivée d'une cyanobactérie filamenteuse potentiellement toxique, *Planktothrix rubescens*. Ce taxon est indicateur d'un milieu stratifié et se développe habituellement dans le métalimnion ou hypolimnion supérieur de lacs oligomesotrophes profonds (Padisak et al. 2007).
- Une phase automnale et hivernale (17 octobre au 15 décembre) : la biomasse à cette période est assez homogène et proche de celle du début de l'année. La proportion de la biomasse représentée par les Cyanobactéries augmente avec *Planktothrix rubescens* qui domine le compartiment algal.

3.1.B. Evolution du micro et du nanophytoplancton

Les taxons nanophytoplanctoniques ont une longueur inférieure à 20 μm et un biovolume inférieur à $10'000 \mu\text{m}^3$, ceux du microphytoplancton une longueur supérieure à 20 μm et/ou un biovolume supérieur à $10'000 \mu\text{m}^3$.

La figure 3 présente la dynamique de ces deux compartiments dans le Grand Lac pour l'année 2016.

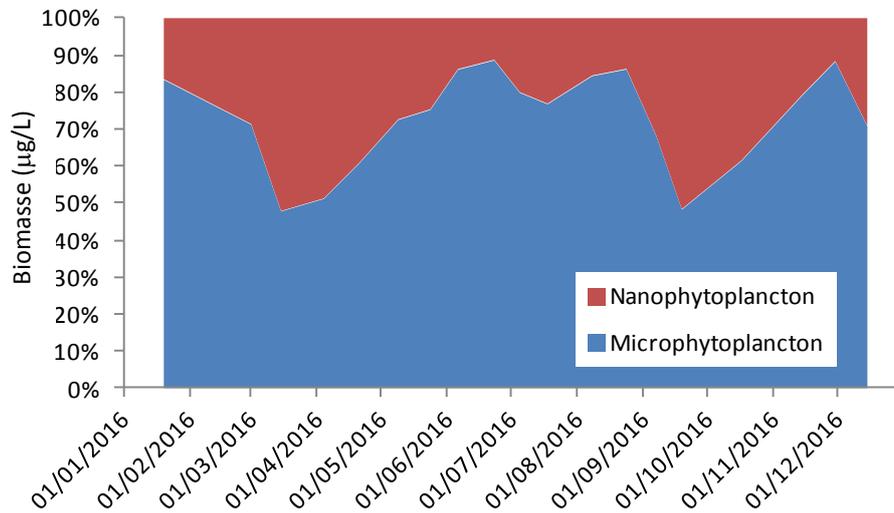


Figure 3 : Variations de la biomasse par classes de taille dans le Grand Lac (SHL 2) en 2016.

Figure 3 : Changes in biomass per size class in the Lake Geneva (SHL 2) in 2015.

Pour l'année 2016, le microphytoplancton domine la biomasse toute l'année (en général plus de 70% de la biomasse), sauf le 15 mars et le 19 septembre.

3.2 EVOLUTION INTERANNUELLE

3.2.A. Evolution des classes d'algues

La figure 4 présente l'évolution interannuelle des principales classes d'algues (sensus Bourrelly 1972, 1981, 1985) dans le Grand Lac.

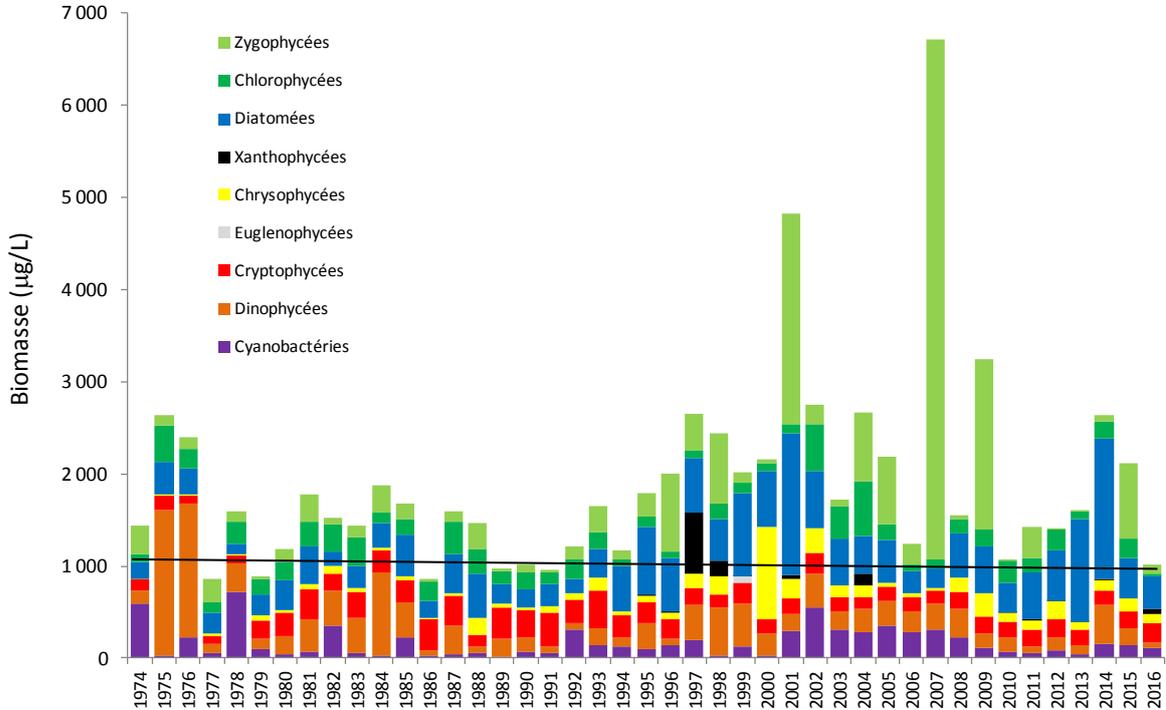


Figure 4 : Evolution interannuelle des principales classes algales (biomasse annuelle moyenne) dans le Grand Lac. La CIPEL a fixé à 1000 µg/L la biomasse annuelle moyenne à ne pas dépasser pour le Léman.

Figure 4 : Inter-annual change in annual mean biomass of phytoplankton groups in Upper Lake Geneva. The CIPEL aimed not exceed the average annual biomass of 1000 µg/L in the Léman.

Pour le Grand Lac, l'année 2016 présente une biomasse annuelle faible. C'est la plus faible depuis 25 ans (elle était plus faible en 1991) et elle est nettement plus faible que les biomasses observées depuis 2013. Les deux pics de biomasses observés en 2016, qui sont le fait de diatomées indicatrices de milieux peu profonds peuvent se rapprocher du pic de biomasse record enregistré en 2014 et qui était également le fait de diatomées indicatrices de milieux peu profonds. La présence de ces diatomées avait également été reliée à de fortes précipitations drainant vers le milieu pélagique ces diatomées littorales d'origine benthiques.

La présence d'algues filamenteuses indicatrices de milieux stratifiés pendant toutes les phases de l'année (*Tribonema ambiguum*, *Mougeotia gracillima*, *Planktothrix rubescens*) peut être expliquée par la douceur des températures de 2016 (cf. rapport Météorologie, Barbier et al. 2017).

La biomasse moyenne annuelle de 2016 (1011 µg/L) est proche de l'objectif à atteindre proposé par la CIPEL (1000 µg/L).

3.2.B Evolution de la diversité

Un indice de diversité annuelle a été calculé sur la chronique 1974-2016. Pour chaque prélèvement, l'indice de Shannon est calculé. Un indice moyen pour chaque mois est calculé, puis à partir de ces indices mensuels, un indice annuel moyen est calculé, ainsi que le 10e et 90e centile. L'évolution de ces valeurs de 1974 à 2016 est donnée sur la figure 5.

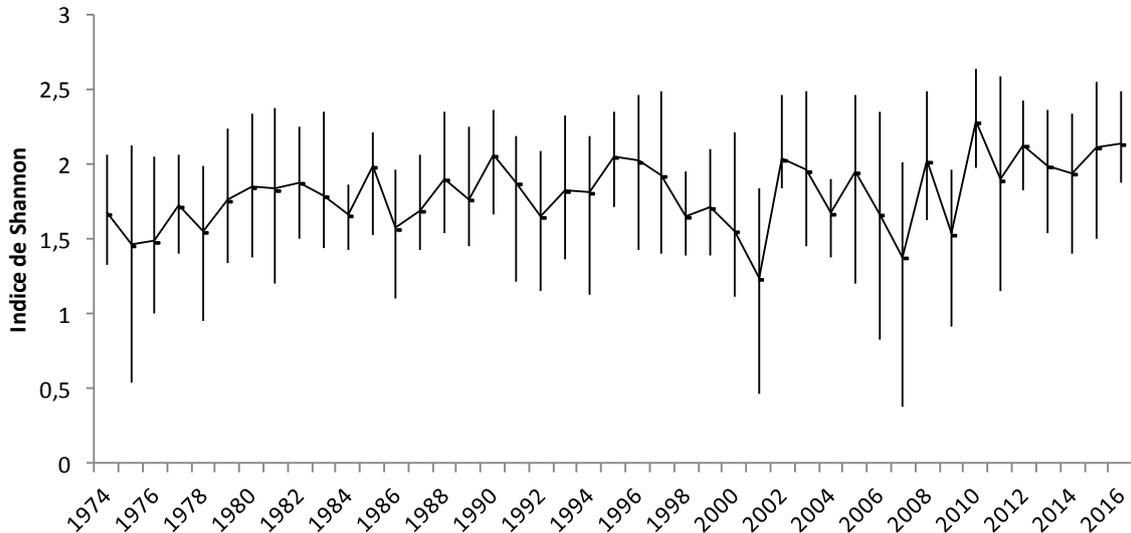


Figure 5 : Evolution interannuelle de l'indice de diversité de Shannon. La ligne représente l'évolution de la moyenne, les extrémités de la barre verticale 10e et 90e centile.

Figure 5 : Interannual evolution of Shannon's diversity index. The line represents changes in the average, the extremities of the vertical bar (THE?) 10th and 90th percentile.

La diversité peut être un indicateur de niveau en nutriment en milieu aquatique, des relations sont régulièrement établies entre diversité et concentration en nutriments (ex. Russel-Hunter 1970, Schelske & Stoermer 1971). Cependant, on observe une relative stabilité de l'indice.

Certaines années récentes (2001, 2007 et 2009), présentent de faibles diversités : ceci correspond aux blooms de *Mougeotia gracillima* qui a dominé fortement le peuplement phytoplanctonique ces années. L'année 2016 présente la 2ème diversité la plus élevée sur toute la chronique (2.14), proche de celle de 2012 (2.13) et 2015 (2.11), la diversité la plus élevée ayant été observée en 2010 (2.28).

3.2.C. Evolution de l'indice trophique phytoplancton Brettum

L'état trophique des lacs peut aussi être évalué à partir d'indices basés sur la composition taxonomique et la biomasse phytoplanctonique. Une étude (Kaiblinger 2008, Kaiblinger *et al.* 2009) a montré que l'indice de Brettum (1989) est bien adapté pour évaluer le niveau trophique des grands lacs alpins. Cet indice donne pour 133 taxons leur préférence par rapport à une concentration en phosphore. Plus cet indice est élevé plus l'état trophique est faible.

La figure 6 présente l'évolution de cet indice pour le Grand Lac. Les limites de classes de qualités écologiques sont reprises de l'exercice d'intercalibration européen de Wolfram *et al.* (2007).

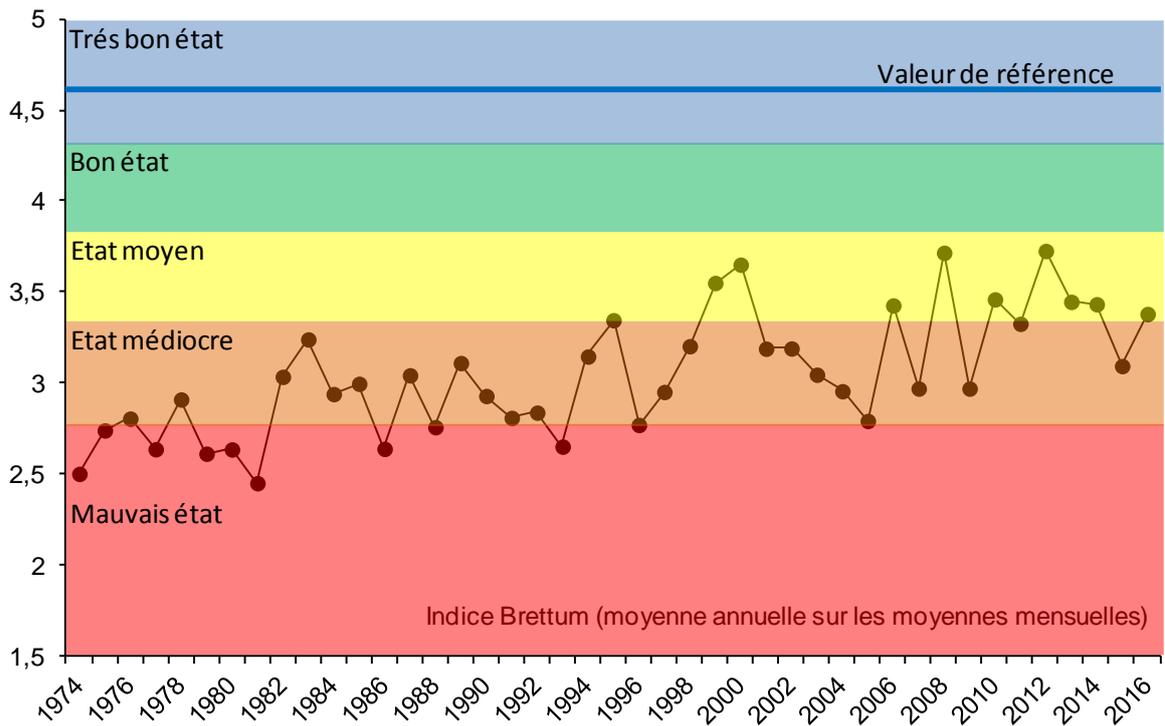


Figure 6 : Evolution de l'indice trophique phytoplancton Brettum (1989) dans le Grand Lac. Les valeurs des limites de classes de qualité écologiques correspondent aux lacs du type L-AL-3 (Large alpine lakes) selon l'intercalibration lake type (Wolfram et al. 2007). La CIPEL a fixé à 4 l'objectif à atteindre pour le Léman.

Figure 6 : Inter-annual changes in the values of Brettum index. Classes boundaries of the ecological quality are taken from lakes type L-AL-3 (Large alpine lakes) according to the intercalibration lake type (Wolfram et al. 2007). The CIPEL fixed to 4 the objectif to acheive for the Léman.

Pour le Grand Lac, globalement une amélioration de la qualité des eaux est observable depuis 1974 (Figure 6). Entre 1974 et 1980 le lac était eutrophe selon l'indice de Brettum. L'indice présente une hausse, indiquant une amélioration de l'état trophique.

L'année 2016 classe le lac dans un état moyen (valeur = 3.38). L'objectif à atteindre proposé par la CIPEL est de 4.

3.2.D. Evolution des groupes fonctionnels

La dynamique interannuelle de certains groupes fonctionnels de Reynolds *et al.* (2002) est donnée à la figure 7. L'annexe 1 donne les différents groupes fonctionnels de Reynolds *et al.* (2002).

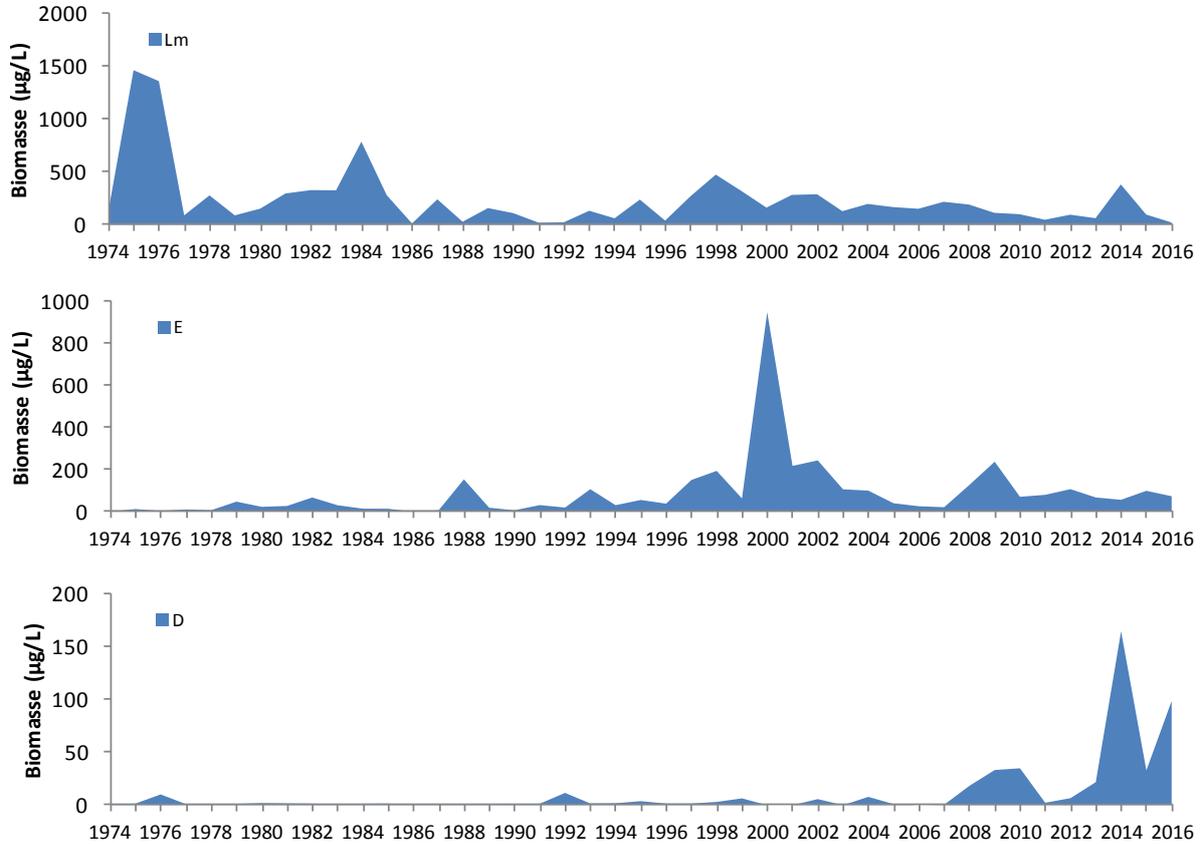


Figure 7: Evolution de la dynamique interannuelle des groupes fonctionnels Lm, E et D de Reynolds et al. (2002).

Figure 7 : Long-term changes in annual biomass of functional groups Lm and E identified according to Reynolds et al. (2002)

Le groupe Lm rassemble les taxons caractéristiques des épilimnions eutrophes bien stratifiés. On observe une raréfaction de sa biomasse de l'année 1974 à l'année 2016 (figure 7). Le groupe E, qui rassemble des taxons caractéristiques des milieux oligotrophes, présente une dynamique inverse (figure 7) mais se stabilise depuis une dizaine d'années. Ces dynamiques indiquent une ré-oligotrophisation de la masse d'eau mais qui semble se ralentir ces dernières années.

Le groupe D rassemble les taxons indicateurs (dont *Ulnaria acus*, *Achnanthydium catenatum*) des milieux turbides et de faible profondeur selon Reynolds et al. (2002). On observe une augmentation de leur biomasse dans les années récentes. L'année 2016 présente la deuxième biomasse la plus élevée de ce groupe sur toute la chronique.

BIBLIOGRAPHIE

- AFNOR, 2006. NF EN 15204. Qualité de l'eau - Norme guide pour le dénombrement du phytoplancton par microscopie inversée (méthode Utermöhl). Afnor: 41 pp.
- Barbier C., Quetin, P., Anneville O. 2017. Evolution physico-chimique des eaux du Léman (éléments majeurs) et données météorologiques. Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut., Campagne 2016, 17-62.
- Bourrelly, P., 1972. Les Algues d'eau douce, Tome I: Les Algues vertes. 1-572pp.
- Bourrelly, P. 1981. Les Algues d'eau douce, Tome II: Les Algues jaunes et brunes. 1-517pp.
- Bourrelly, P. 1985. Les Algues d'eau douce, Tome III: Les Algues bleues et rouges. 1-606pp.
- Brettum, P, 1989. Algen als Indikatoren für die Gewässerqualität in norwegischen Binnenseen. Norsk Institutt for vannforskning NIVA, Norway: 102 pp.
- Druart, J.C. & Rimet F. 2008. Protocoles d'analyse du phytoplancton de l'INRA : prélèvement, dénombrement et biovolumes. INRA Thonon, Rapport SHL 283 – 2008, 96 pp.
- Kaiblinger, K. 2008. Water quality assessment in lakes with special focus on Phytoplankton indices used within the EU Water Framework Directive (WFD). Rapport I.L. 277/08, DEC0470, INRA Thonon, France: 45 pp.
- Kaiblinger, C., Anneville, O., Tadonleke, R., Rimet, F., Druart, J. C., Guillard, J. & Dokulil, M. T. 2009. Central European water quality indices applied to long-term data from peri-alpine lakes: test and possible improvements. *Hydrobiologia* 633: 67-74.
- Krammer K. & Lange-Bertalot H. 1991. Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. 576 pages.
- Padisak J., Crossetti L. O. & Naselli-Flores L. 2009. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. *Hydrobiologia* 621: 1-19.
- Pelletier, J. P. & Orand, A. 1978a. Appareil de prélèvement d'un échantillon dans un fluide. Brevet d'invention 76.08579.
- Pelletier, J. P. & Orand, A. 1978b. Bouteille à prélèvement intégré - Mode d'emploi. INRA Thonon, France: 9 pp.
- Reynolds, C. S., Huszar, V., Kruk, C., Naselli-Flores, L. & Melo, S. 2002. Toward a functional classification of the freshwater phytoplankton. *J. Plankton Res.* 24: 417-428.
- Russel-Hunter, 1970. Aquatic productivity, New-York.
- Schelske & Stoermer E. F. 1971, Eutrophication, silica depletion, and predicted changes in algal quality in Lake Michigan. *Science* 173 : 423-424.
- Utermohl, H. 1958. Zur Vervollkommung der quantitative Phytoplankton Methodik. *Mitt. Internat. Ver. Theor. Anqew. Limnol.* 9: 1-38.
- Weaver, W. & Shannon, C. E. 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana, Illinois University of Illinois Press.
- Wolfram, G., Dokulil, M., Pall, K., Reichmann, M., Schulz, L., Argillier, C., de Bortoli, J., Martinez, J. P., Rioury, C., Hoehn, E., Riedmuller, U., Schaumburg, J., Stelzer, D., Buzzi, F., Dalmiglio, A., Morabito, G., Marchetto, A., Remec-Rekar, S. & Urbanic, G, 2007. Intercalibration Exercise, Technical Report + Annexes, Alpine GIG (Lakes). Vienna - Ispra.

ANNEXE

Tableau 1 : Définition des groupes fonctionnels selon Reynolds et al. (2002).

Table 1 : Definition of functional groups according to Reynolds *et al.* (2002).

Table I: Trait-separated functional groups of phytoplankton (updated from Reynolds, 1997)

Codon	Habitat	Typical representatives	Tolerances	Sensitivities
A	Clear, often well-mixed, base poor, lakes	<i>Urosolenia</i> , <i>Cyclotella comensis</i>	Nutrient deficiency	pH rise
B	Vertically mixed, mesotrophic small-medium lakes	<i>Aulacoseira subarctica</i> <i>Aulacoseira islandica</i>	Light deficiency	pH rise, Si depletion stratification
C	Mixed, eutrophic small-medium lakes	<i>Asterionella formosa</i> <i>Aulacoseira ambigua</i> <i>Stephanodiscus rotula</i>	Light, C deficiencies	Si exhaustion stratification
D	Shallow, enriched turbid waters, including rivers	<i>Synedra acus</i> <i>Nitzschia</i> spp <i>Stephanodiscus hantzschii</i>	Flushing	nutrient depletion
N	mesotrophic epilimnia	<i>Tabellaria</i> <i>Cosmarium</i> <i>Staurodesmus</i>	Nutrient deficiency	stratification pH rise
P	eutrophic epilimnia	<i>Fragilaria crotonensis</i> <i>Aulacoseira granulata</i> <i>Closterium aciculare</i> <i>Staurastrum pingue</i>	Mild light and C deficiency	stratification Si depletion
T	deep, well-mixed epilimnia	<i>Geminella</i> <i>Mougeotia</i> <i>Tribonema</i>	Light deficiency	Nutrient deficiency
S1	turbid mixed layers	<i>Planktothrix agardhii</i> <i>Limnothrix redekei</i> <i>Pseudanabaena</i>	highly light deficient conditions	flushing
S2	shallow, turbid mixed layers	<i>Spirulina</i> <i>Arthrospira</i> <i>Raphidiopsis</i>	light deficient conditions	flushing
S_N	warm mixed layers	<i>Cylindrospermopsis</i> <i>Anabaena minutissima</i>	light-nitrogen-deficient conditions	flushing
Z	clear, mixed layers	<i>Synechococcus</i> prokaryote picoplankton	low nutrient	light deficiency grazing
X3	shallow, clear, mixed layers	<i>Koliella</i> <i>Chrysococcus</i> eukaryote picoplankton	low base status	mixing, grazing
X2	shallow, clear mixed layers in meso-eutrophic lakes	<i>Plagioselmis</i> <i>Chrysochromulina</i>	stratification	mixing, filter feeding
X1	shallow mixed layers in enriched conditions	<i>Chlorella</i> , <i>Ankyra</i> <i>Monoraphidium</i>	stratification	nutrient deficiency filter feeding
Y	usually, small, enriched lakes	<i>Cryptomonas</i>	low light	phagotrophs!
E	usually small, oligotrophic, base poor lakes or heterotrophic ponds	<i>Dinobryon</i> <i>Mallomonas</i> <i>(Synura)</i>	low nutrients (resort to mixotrophy)	CO ₂ deficiency
F	Clear epilimnia	colonial Chlorophytes e.g. <i>Botryococcus</i> <i>Pseudosphaerocystis</i> <i>Coenochloris</i> <i>Oocystis lacustris</i>	low nutrients high turbidity	?CO ₂ deficiency

Table I: continued

Codon	Habitat	Typical representatives	Tolerances	Sensitivities
G	Short, nutrient-rich water columns	<i>Eudorina</i> <i>Volvox</i>	high light	nutrient deficiency
J	shallow, enriched lakes ponds and rivers	<i>Pediastrum</i> , <i>Coelastrum</i> <i>Scenedesmus</i> <i>Golenkinia</i>		settling into low light
K	short, nutrient-rich columns	<i>Aphanothece</i> <i>Aphanocapsa</i>		deep mixing
H1	dinitrogen-fixing Nostocaleans	<i>Anabaena flos-aquae</i> <i>Aphanizomenon</i>	low nitrogen low carbon,	mixing, poor light, low phosphorus
H2	dinitrogen-fixing Nostocaleans of larger mesotrophic lakes	<i>Anabaena lemmermanni</i> <i>Gloeotrichia echinulata</i>	low nitrogen	mixing, poor light,
U	summer epilimnia	<i>Uroglena</i>	low nutrients	CO ₂ deficiency
L ₀	summer epilimnia in mesotrophic lakes	<i>Peridinium</i> <i>Woronichinia</i> <i>Merismopedia</i>	segregated nutrients	prolonged or deep mixing
L _M	summer epilimnia in eutrophic lakes	<i>Ceratium</i> <i>Microcystis</i>	very low C,	mixing, poor stratification light
M	dielly mixed layers of small eutrophic, low latitude lakes	<i>Microcystis</i> <i>Sphaerocavum</i>	high insolation	flushing, low total light
R	metalimnia of mesotrophic stratified lakes	<i>P. rubescens</i> <i>P. mougeotii</i>	low light, strong segregation	instability
V	metalimnia of eutrophic stratified lakes	<i>Chromatium</i> , <i>Chlorobium</i>	very low light, strong segregation	instability
W1	small organic ponds	Euglenoids, <i>Synura</i> <i>Gonium</i>	high BOD	grazing
W2	shallow mesotrophic lakes	bottom-dwelling <i>Trachelomonas</i>	?	?
Q	small humic lakes	<i>Gonyostomum</i>	high colour	?