

## PHYTOPLANCTON DU LÉMAN

### THE PHYTOPLANKTON OF LAKE GENEVA

CAMPAGNE 2017

PAR

**Frédéric RIMET**

INRA-UMR/CARRETEL, CS 50 511, F - 74203 THONON LES BAINS Cedex

#### **RÉSUMÉ**

*En 2017, 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 est caractérisée par deux pics de biomasses, l'un printanier, principalement composé de diatomées, et l'autre en fin d'été, essentiellement composé d'une cyanobactérie potentiellement toxique (*Planktothrix rubescens*). Cette espèce a été présente pendant toute l'année et a dépassé le seuil d'alerte de niveau 1 de l'OMS de fin août à début septembre. Sa présence est liée à des températures clémentes toute l'année qui ont favorisé des eaux stratifiées. Elle appartient à un groupe d'algues filamenteuses qui sont régulièrement observées dans le Léman, qui ont la même niche écologique et qui forment régulièrement des blooms (comme *Mougeotia gracillima*). En 2017, les biomasses maximales observées de *Planktothrix rubescens* se situaient à 15 m de profondeur avec plus de 60 000 cellules/ml en fin d'été.*

*La biomasse annuelle moyenne de 2017 (1709 µg/L) est relativement élevée par rapport à la période 1974-2017 et la biomasse annuelle représentée par les cyanobactéries est la plus forte enregistrée depuis 16 ans. L'objectif de la CIPEL de maintenir une biomasse du phytoplancton basse (<1000 µg/L) n'est pas atteint. 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 1970-80, 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 l'état écologique du lac de médiocre pour l'année 2017 (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 2017 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, février, avril, novembre, décembre et deux fois par mois pour les autres mois de l'année. Au final, 19 campagnes ont été menées en 2017.

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 2017

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

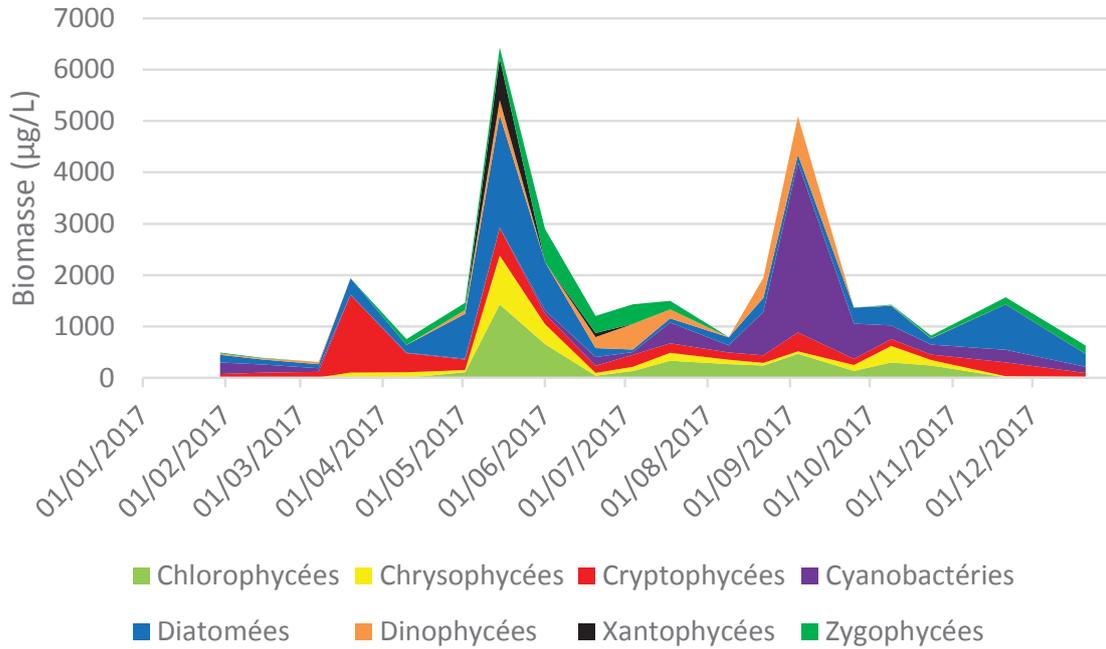


Figure 1 : Variations de la biomasse du phytoplancton par classe algale (sensu Bourrelly 1972, 1981, 1985) dans le Grand Lac (SHL 2) en 2017.

Figure 1 : Annual change in the biomass of phytoplankton groups (sensu Bourrelly, 1972, 1981, 1985) in Upper Lake Geneva during 2017.

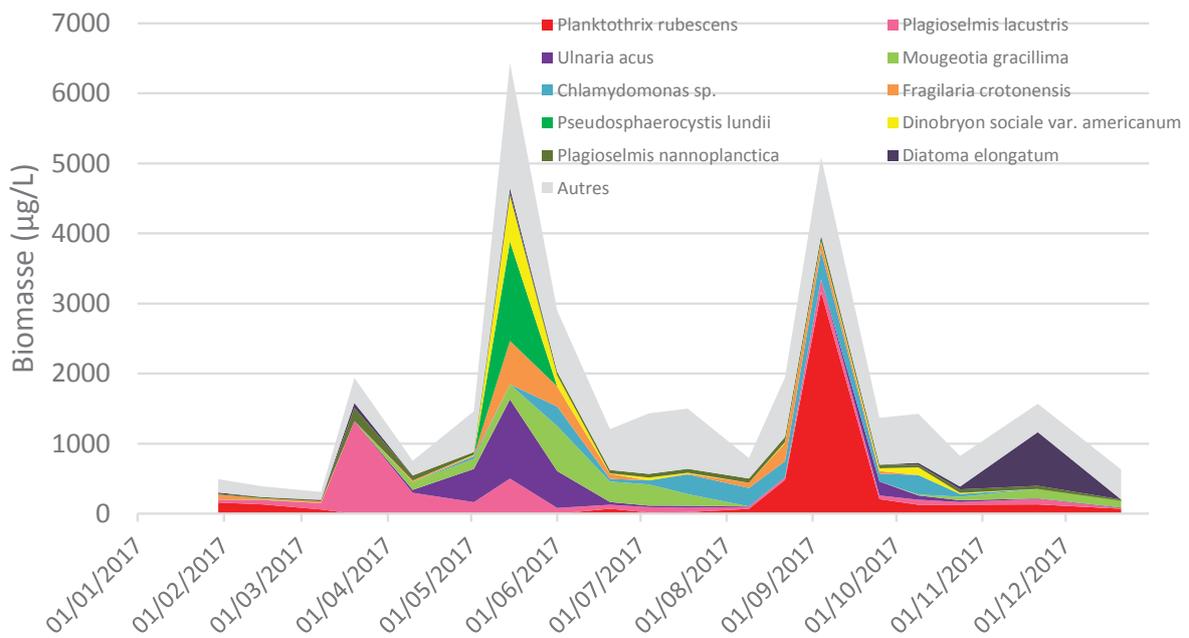


Figure 2 : Variations de la biomasse des principaux taxons du phytoplancton dans le Grand Lac (SHL 2) en 2017.

Figure 2 : Annual change in the biomass of the dominant phytoplankton taxa in Upper Lake Geneva during 2017.

Pour le Grand Lac, plusieurs phases peuvent être distinguées au cours de l'année 2017 (figures 1 et 2) :

- Une phase hivernale (30 janvier au 8 mars), avec des biomasses relativement faibles, dominées par les cyanobactéries et dans une moindre mesure par des diatomées et des Cryptophycées. En janvier et février, c'est *Planktothrix rubescens* qui domine la biomasse, il s'agit d'une cyanobactérie filamenteuse potentiellement toxique. Cette espèce tolère les faibles intensités lumineuses et se développe dans le métalimnion des lacs bien stratifiés (Reynolds et al. 2002). Sa présence en début d'année indique que la masse d'eau a été bien stratifiée même en hiver. *Planktothrix rubescens* a une écologie proche de *Mougeotia gracillima* (Zygophycée) qui produit régulièrement des blooms à des profondeurs entre 15-20 m dans le Léman.
- Une phase de fin d'hiver (20 mars au 10 avril) : Cette période est dominée par les Cryptophycées – en particulier *Plagioselmis lacustris* – et les diatomées. *Plagioselmis lacustris* est une espèce observée habituellement en période hivernale (froide et brassée). Plusieurs espèces de diatomées coexistent, certaines sont des centriques (ex. *Cyclotella costei*, *Puncticulata radiosa*), qui sont adaptées aux milieux brassés. D'autres sont caractéristiques de milieux peu profonds (*Ulnaria acus*, *Nitzschia acicularis*).
- Une phase printanière (2 mai au 1er juin) : c'est pendant cette période que la biomasse maximale est atteinte (6432 µg/L). Les espèces qui dominent cette période sont des diatomées pennées. Certaines sont typiques de milieux pélagiques (*Fragilaria crotonensis*). D'autres diatomées (*Ulnaria acus*) sont indicatrices de milieux peu profonds (Reynolds et al. 2002, Padisak et al. 2009) ; les années précédentes leur présence était corrélée à des pluies fortes qui provoquent des crues dans les affluents du Léman et qui amènent des taxons benthiques littoraux jusque dans la zone pélagique. On note également la présence de Chrysophycées qui indiquent que certaines couches d'eau sont appauvries en nutriments (habituellement les premiers mètres sous la surface). Une phase estivale (20 juin au 9 août) : Cette période présente de faibles biomasses algales par rapport au restant de l'année. Le compartiment est dominé par des Dinophycées (*Ceratium hirundinella*, *Peridinium williei*), caractéristiques d'épilimnions estivaux bien stratifiés (Reynolds et al. 2002). Il est également dominé par des espèces d'algues filamenteuses se développant dans la même niche écologique : *Mougeotia gracillima* (Zygophycée) et *Planktothrix rubescens* (Cyanobactérie potentiellement toxique) qui sont toute deux indicatrices de milieux stratifiés et se développent vers 15 – 20 m de profondeur.
- Une phase de fin d'été début d'automne (22 août au 25 septembre) largement dominée par *Planktothrix rubescens*. Le nombre de cellules de cette espèce potentiellement toxique dépasse le niveau 1 du seuil d'alerte modéré/élevé de l'OMS le 22 août et le 4 septembre sur toute la profondeur 0-18 m (plus de 2 000 cellules par ml). Ses pics de biomasses se situent vers 15 m avec plus de 60 000 cellules par ml (comptage réalisé sur un échantillon d'eau à 15 m de profondeur), mais le seuil d'alerte de niveau 2 « très élevé » n'est pas dépassé.
- Une phase automnale (9 octobre au 21 décembre) : les biomasses algales deviennent plus faibles pendant cette période. La biomasse de *Planktothrix rubescens* diminue, mais ce taxon reste majoritaire sur une grande partie de cette période, avec *Mougeotia gracillima*, qui a une écologie proche. Une espèce de diatomée, *Diatoma elongatum*, présente des biomasses également importantes pendant cette période : il s'agit d'un taxon que l'on observe dans le plancton mais également au niveau du benthos (Krammer & Lange-Bertalot 1991). Sa présence peut être expliquée par des pluies fortes drainant du benthos vers le pelagos.

### 3.1.B. Evolution du micro et du nanophytoplancton

Les taxons nanophytoplanctoniques ont une longueur inférieure à 20  $\mu\text{m}$  et un biovolume inférieur à 10 000  $\mu\text{m}^3$ , ceux du microphytoplancton une longueur supérieure à 20  $\mu\text{m}$  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 2017.

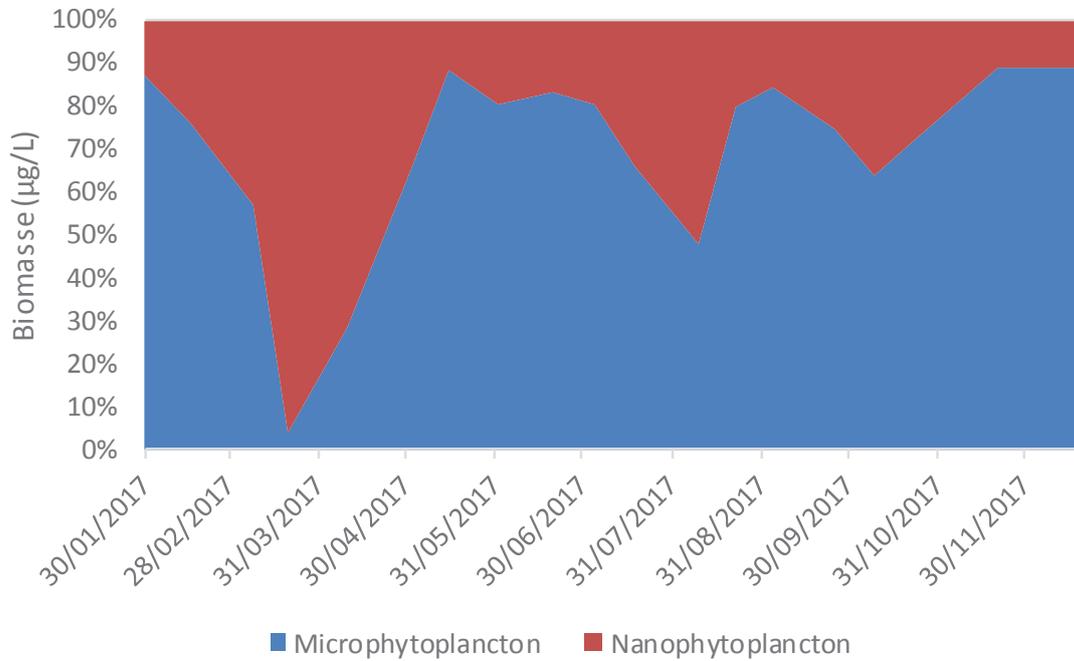


Figure 3 : Variations de la biomasse par classes de taille dans le Grand Lac (SHL 2) en 2017.

Figure 3 : Changes in biomass per size class in the Lake Geneva (SHL 2) in 2017.

Pour l'année 2017, le microphytoplancton domine la biomasse toute l'année (en général plus de 70% de la biomasse), sauf du 20 mars au 10 avril, et également dans une moindre mesure le 9 août (48% de la biomasse).

### 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.

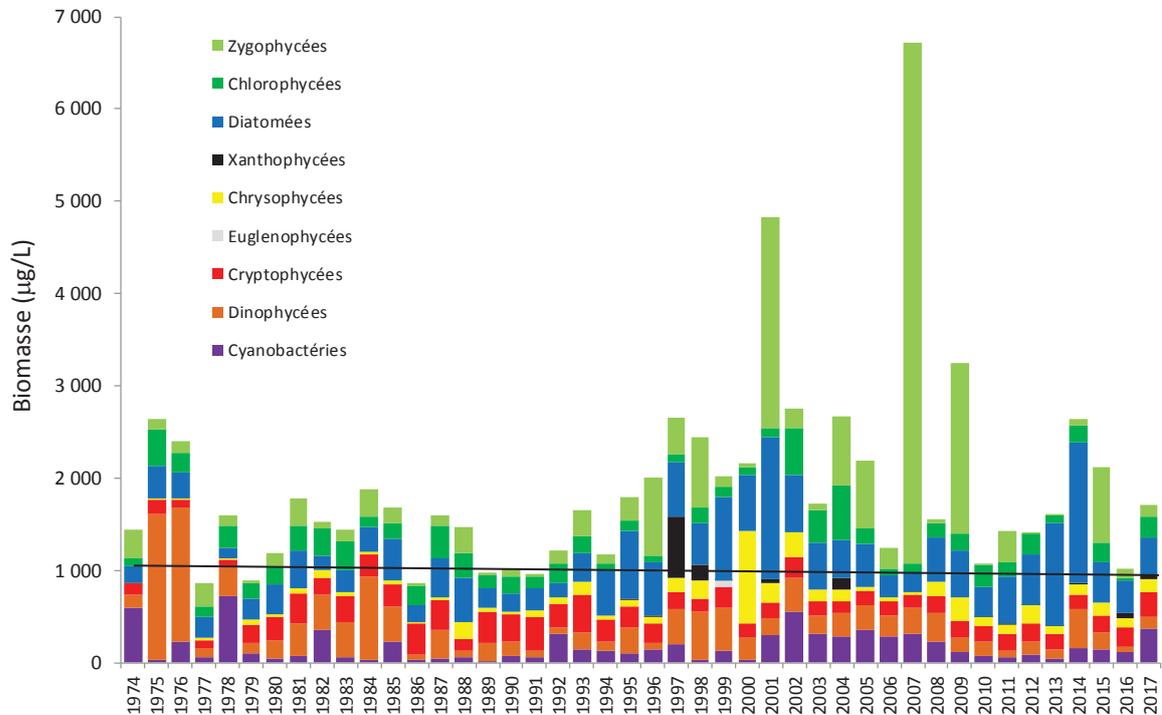


Figure 4 : Evolution interannuelle des principales classes algales (biomasse annuelle moyenne) dans le Grand Lac. La CIPEL a fixé à 1000 µg/L la biomasse annuelle moyenne à ne pas dépasser pour le Léman.

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.

L'année 2017 présente une biomasse annuelle relativement élevée, contrairement à 2016 qui était faible. On note également que la biomasse des cyanobactéries en 2017 est la plus élevée depuis 16 ans, due au bloom de *Planktothrix rubescens*. Cette espèce appartient à un groupe d'algues filamenteuses indicatrices de milieux stratifiés (*Tribonema ambiguum*, *Mougeotia gracillima*, *Planktothrix rubescens*). Leur présence peut être expliquée par la douceur des températures de 2017 (cf. rapport Météorologie, Barbier, Quetin et Anneville 2017) et de 2017. Si les températures restent clémentes et que le lac reste aussi stratifié en 2018 qu'en 2017, on peut craindre de nouveaux blooms de ces algues filamenteuses.

La biomasse moyenne annuelle de 2017 (1709 µg/l) dépasse 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 1974-2017. 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 2017 est donnée sur la figure 5.

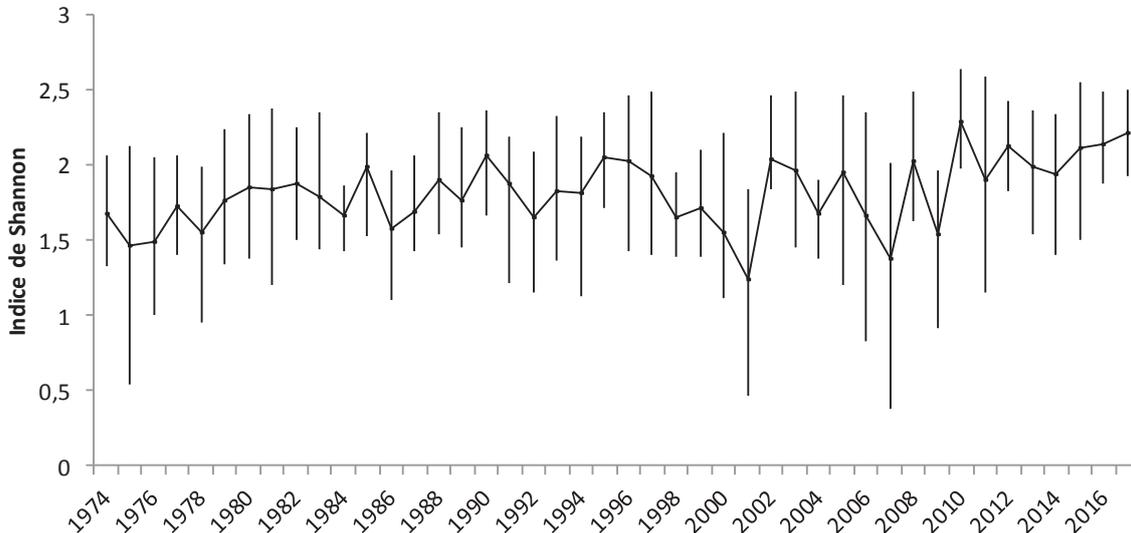


Figure 5 : Evolution interannuelle de l'indice de diversité de Shannon, de 1974 à 2017 La ligne représente l'évolution de la moyenne, les extrémités de la barre verticale 10e et 90e centile.

Figure 5 : Interannual evolution of Shannon's diversity index from 1974 to 2017. The line represents changes in the average, the extremities of the vertical bar 10<sup>th</sup> and 90<sup>th</sup> 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 sur toute la chronique depuis 1974.

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 2017 présente la 2<sup>ème</sup> diversité la plus élevée sur toute la chronique (2.21), proche de celle de 2012 (2.13) et 2016 (2.14), 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).

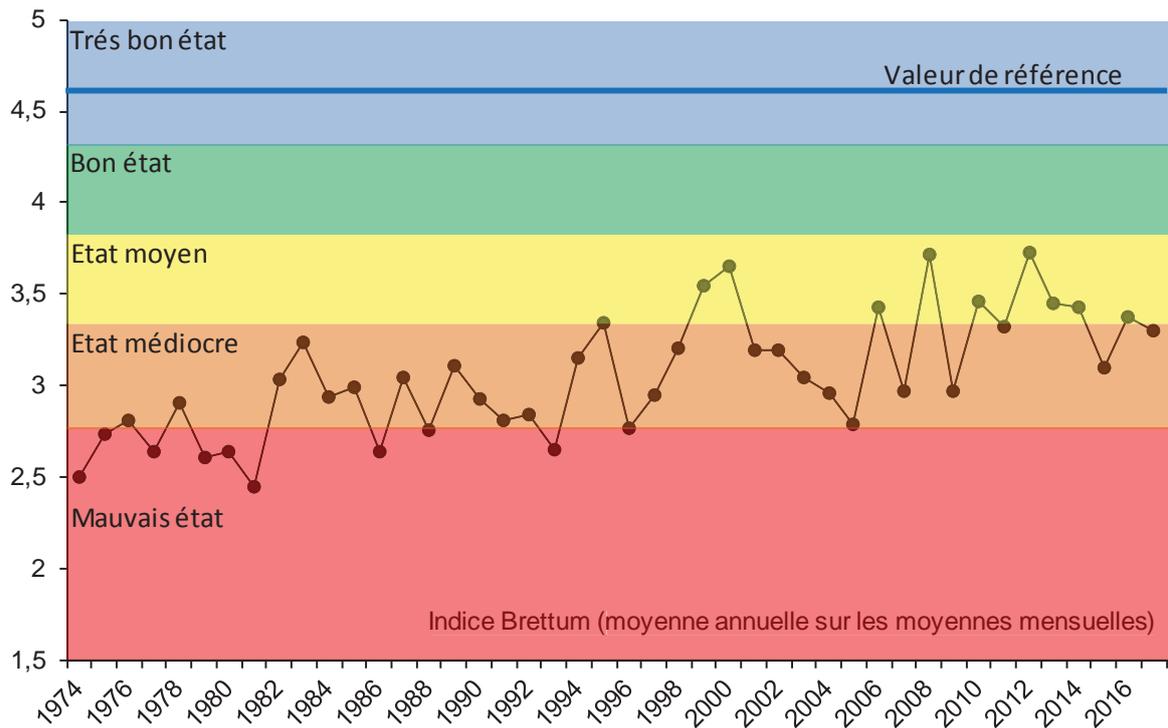


Figure 6 : Evolution de l'indice trophique phytoplancton Brettum (1989) dans le Grand Lac. Les valeurs des limites de classes de qualité écologiques correspondent aux lacs du type L-AL-3 (Large alpine lakes) selon l'intercalibration lake type (Wolfram et al. 2007). La CIPEL a fixé à 4 l'objectif à atteindre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

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. The reference value corresponds to an ecosystem not impacted by human activities

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 2017 classe le lac dans un état médiocre (valeur = 3.33). 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).

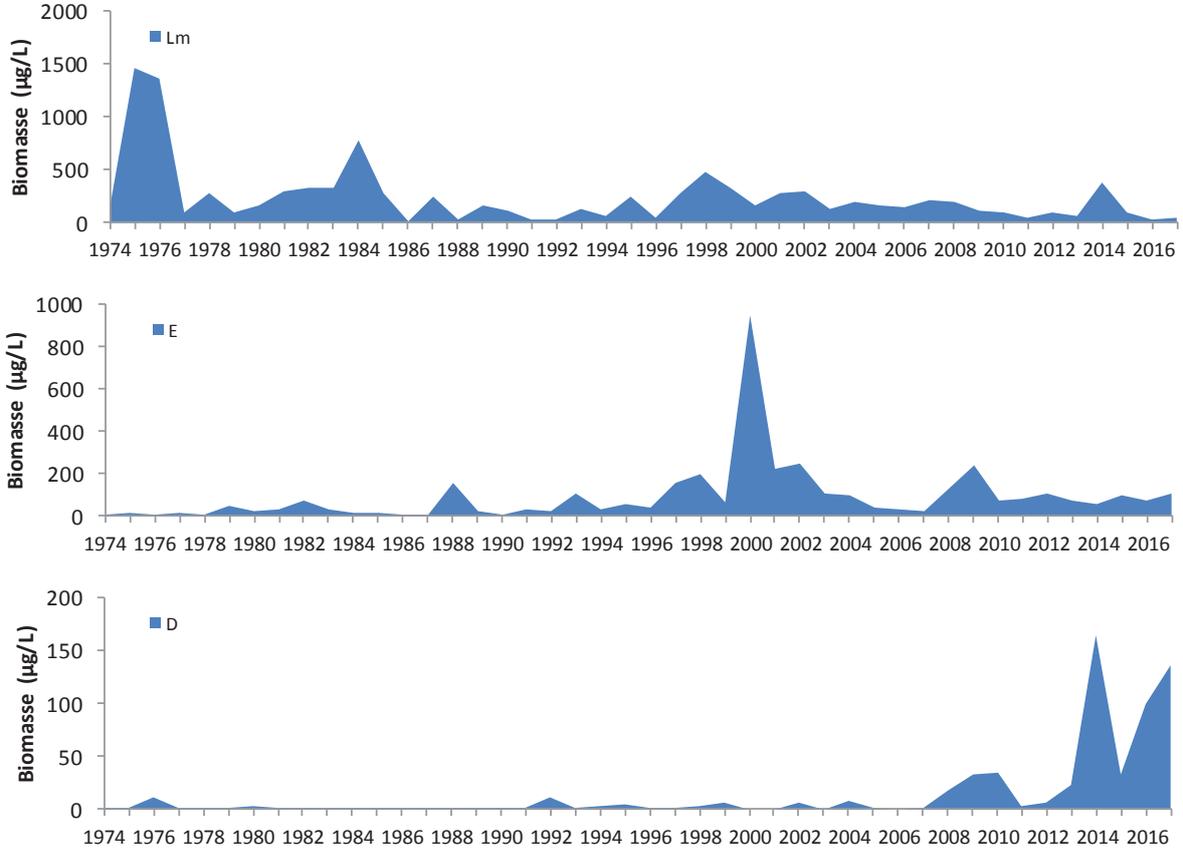


Figure 7 : Evolution de la dynamique interannuelle des groupes fonctionnels Lm, E et D de Reynolds et al. (2002).  
Figure 7 : Long-term changes in annual biomass of functional groups Lm and E identified according to Reynolds et al. (2002)

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 2017 (figure 7). Le groupe E, qui rassemble des taxons caractéristiques des milieux oligotrophes, présente une dynamique inverse (figure 7) avec une stabilisation depuis une dizaine d'années. Ces dynamiques indiquent une ré-oligotrophisation de la masse d'eau.

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 2017 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.
- Tran-Khan, Quétin et Anneville 2018, Evolution physico-chimique des eaux du Léman et données météorologiques, Rapport scientifique de la CIPEL, campagne 2017, 18-66pp.
- 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.
- 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 and E. F. Stoermer, 1971, Eutrophication, silica depletion, and predicted changes in algal quality in Lake Michigan. *Science* 173 : 423-424.
- Utermohl, H., 1958. Zur Vervollkommnung 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 spp</i> <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 <sub>N</sub>	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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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 Nostocales	<i>Anabaena flos-aquae</i> <i>Aphanizomenon</i>	low nitrogen low carbon,	mixing, poor light, low phosphorus
H2	dinitrogen-fixing Nostocales 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 <sub>2</sub> deficiency
L <sub>0</sub>	summer epilimnia in mesotrophic lakes	<i>Peridinium</i> <i>Woronichinia</i> <i>Merismopedia</i>	segregated nutrients	prolonged or deep mixing
L <sub>M</sub>	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	?