

PHYTOPLANKTON DU LÉMAN

THE PHYTOPLANKTON OF LAKE GENEVA

Campagne 2010

PAR

Frédéric RIMET

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

RÉSUMÉ

Au cours de l'année 2010, 20 campagnes de prélèvement ont été effectuées au centre du Grand Lac (SHL2) dans la couche 0-18 m. La biomasse algale a augmenté graduellement du début de l'année jusqu'au mois de mai, essentiellement par le fait des diatomées centriques. La phase des eaux claires est bien marquée le 9 juin, elle est suivie par une période estivale où la biomasse va augmenter surtout grâce d'abord aux Chlorophycées, puis aux Chrysophycées et enfin grâce aux Dinophycées. A partir de septembre, la biomasse diminue et la proportion en cyanobactéries hétérocystées fixatrices d'azote augmente.

La biomasse phytoplanctonique annuelle de 2010 est faible et sa composition taxonomique est similaire aux années 2006 et 2008. La proportion des groupes fonctionnels caractéristiques de milieux pauvres en nutriments augmente, ce qui est confirmé par l'évolution interannuelle de l'indice de Brettum modifié qui indique une amélioration de l'état trophique du lac.

ABSTRACT

In the course of the year 2010, 20 sampling campaigns were carried out in the 0-18 m layer in the centre of Grand Lac (SHL2). The algal biomass rose gradually from the beginning of the year until May; this was mainly attributable to centric diatoms. The clear water phase was obvious on 9 June, and was followed by the summer phase, during which the biomass increased, initially mainly due to Chlorophyceae, and then to Chrysophyceae and finally to Dinophyceae. From September the biomass began to fall, and the proportion of nitrogen-fixing heterocystic Cyanobacteria increased.

The annual biomass in 2010 was low, and its taxonomic composition was similar to that in 2006 and 2008. The proportion of functional groups characteristic of nutrient-poor media increased, which was confirmed the interannual change in the modified Brettum quality index, which is indicative of an improvement in the trophic status of the lake.

1. INTRODUCTION

Le compartiment phytoplanctonique a fait l'objet d'un suivi durant l'année 2010 à la station SHL2 localisée au centre du Grand Lac (coord. CH : 534.70 / 144.95) entre Evian et Lausanne. Cette étude comporte l'analyse de l'évolution qualitative et quantitative des peuplements phytoplanctoniques. Différentes métriques, telles que les groupes fonctionnels de REYNOLDS *et al.* (2002), la diversité (indice de Shannon : WEAVER et SHANNON, 1949), ainsi que l'indice de trophie de BRETTUM (1989), modifié par KAIBLINGER *et al.* (2009) ont été calculés sur toute la série chronologique. Les concentrations en chlorophylle *a* et la production phytoplanctonique font l'objet d'un chapitre séparé.

2. MÉTHODES

Le phytoplancton a été récolté de janvier à décembre 2010 dans les 18 premiers mètres de la colonne d'eau à l'aide d'une cloche intégratrice d'eau brute (PELLETIER et ORAND, 1978a et b). Ces prélèvements ont été effectués une fois par mois en janvier, février, novembre et décembre et deux fois par mois pour les autres mois de l'année. Au final, 20 campagnes ont été menées en 2010.

Les échantillons d'eau brute sont fixés au Lugol ; puis chaque sous-échantillon d'un volume de 25 mL est mis à sédimenter. Les examens qualitatif et quantitatif 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 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$. Le détail des protocoles est donné dans DRUART et 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 (sensu BOURELLY, 1972, 1981, 1985), la biomasse des taxons dominants, la biomasse des classes de tailles (micro et nanophytoplancton), les groupes fonctionnels (ou guildes écologiques) selon REYNOLDS *et al.* (2002), la diversité phytoplanctonique (indice de Shannon) et un indice de qualité trophique (Indice de Brettum modifié selon KAIBLINGER *et al.*, 2009).

3. RÉSULTATS

3.1 Evolution saisonnière de l'année 2010

3.1.1 Evolution des classes d'algues et des taxons dominants

La figure 1 présente la dynamique saisonnière des principales classes d'algues (sensu Bourelly 1972, 1981, 1985) pour l'année 2010.

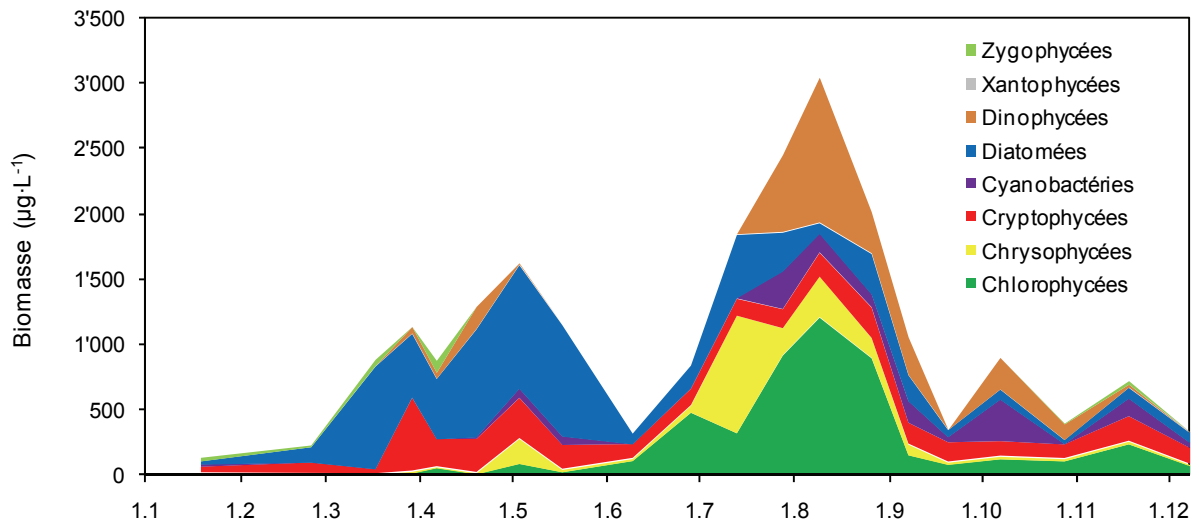


Figure 1 : Variations de la biomasse du phytoplancton par classe algale dans le Grand Lac (SHL 2) en 2010.

Figure 1 : Variations in the biomass of phytoplankton by algal class in Grand Lac, (SHL 2) in 2010.

La figure 2 présente la dynamique des taxons dominant la biomasse du phytoplancton pour l'année 2010 (les 7 taxons présentant la biomasse annuelle la plus élevée ont été sélectionnés).

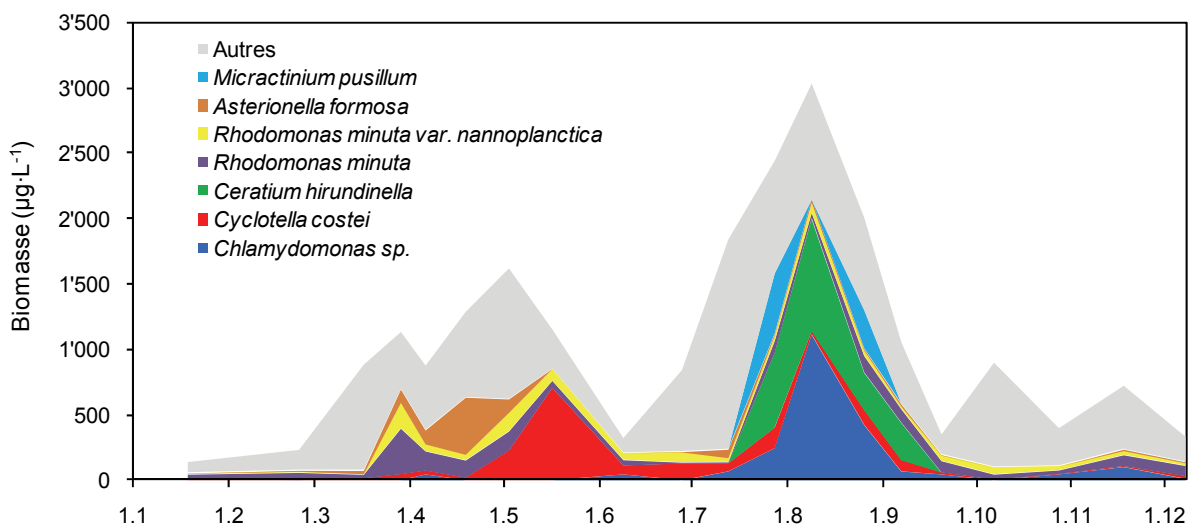


Figure 2 : Variations de la biomasse des principaux taxons du phytoplancton dans le Grand Lac (SHL 2) en 2010.

Figure 2 : Variations in the biomass of the main taxons of phytoplankton in Grand Lac (SHL 2) in 2010.

Plusieurs phases peuvent être distinguées au cours de l'année 2010 (figures 1 et 2) :

- Une phase hivernale (observée du 19 janvier au 24 février) : la biomasse algale est faible et composée essentiellement de diatomées centriques et de Cryptophycées (*Rhodomonas minuta* et sa var. *nannoplanctica*).
- Une phase printanière (17 mars au 17 mai) : la biomasse algale augmente fortement, essentiellement de par la croissance des diatomées centriques (*Cyclotella costei*, *C. delicatula*, *Puncticulata radiosa*, *Stephanodiscus alpinus*, *S. minutulus*, *S. neoastrea*) et pennées (*Asterionella formosa*).
- Une phase des eaux claires observée le 9 juin : la biomasse baisse fortement à cette date, c'est surtout la diminution du stock des diatomées qui fait perdre l'essentiel de la biomasse algale.
- Une phase estivale (28 juin au 7 septembre) : pendant cette période, ce sont d'abord les Chlorophycées (ex. *Chlamydomonas* spp., *Micractinium pusillum*) qui vont augmenter la biomasse, puis les Chrysophycées (*Dinobryon* spp.) et enfin les Dinophycées (*Ceratium hirundinella*).
- Une phase automnale et hivernale (20 septembre au 8 décembre) : la biomasse algale est fortement réduite par rapport à la biomasse estivale. La proportion de Chlorophycées reste constante. Par contre, la proportion en Cyanobactéries (essentiellement des filamenteuses: *Aphanizomenon flos aquae*, *Pseudanabaena limnetica*) et Cryptophycées augmente.

3.1.2 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 pour l'année 2010.

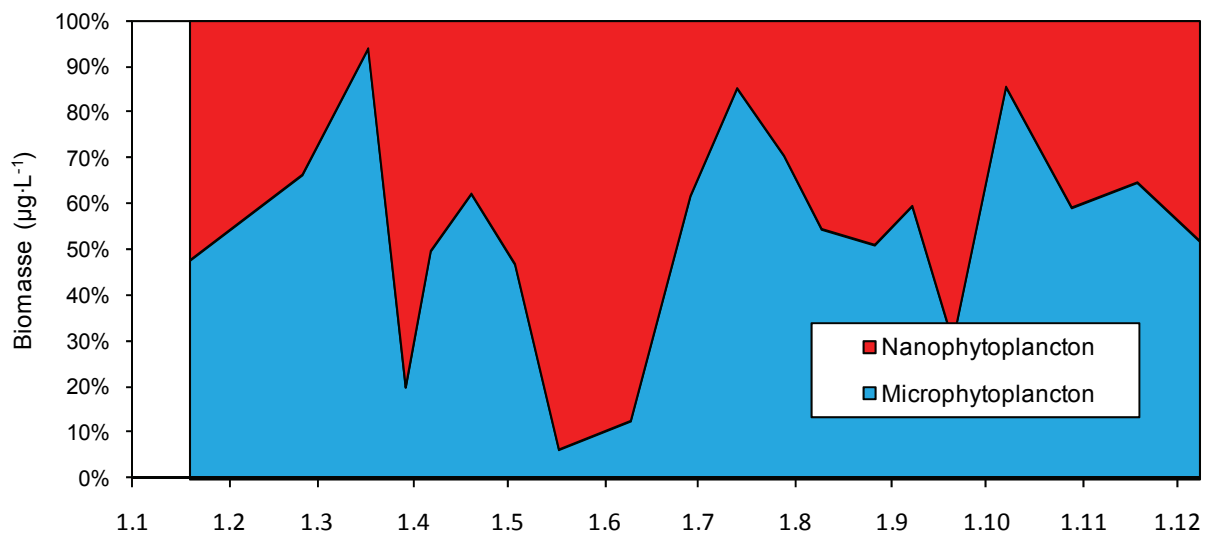


Figure 3 : Variations de la biomasse par classes de taille dans le Grand Lac (SHL 2) en 2010.

Figure 3 : Variations in the biomass per size class in Grand Lac (SHL 2) in 2010.

En 2010, le nanophytoplancton est relativement abondant. Sa contribution à la biomasse totale est maximale en mai et juin, c'est-à-dire juste avant et pendant la phase des eaux claires. Le 29 mars et le 20 septembre présentent également une dominance du nanophytoplancton.

3.1.3 Evolution des groupes fonctionnels

A partir de la structure des assemblages de phytoplancton d'eau douce, REYNOLDS *et al.* (2002) ont regroupé les différentes espèces selon leurs caractéristiques écologiques propres. Ainsi, un groupe fonctionnel correspond à un ensemble d'espèces ayant la même écologie. Ces groupes rassemblent des taxons vivant par exemple dans les lacs de mêmes états trophiques, dans les mêmes turbulences ou les mêmes étages limniques. La définition de chacun de ces groupes est donnée en annexe 1.

La figure 4 présente la dynamique saisonnière des groupes fonctionnels de Reynolds (REYNOLDS *et al.*, 2002).

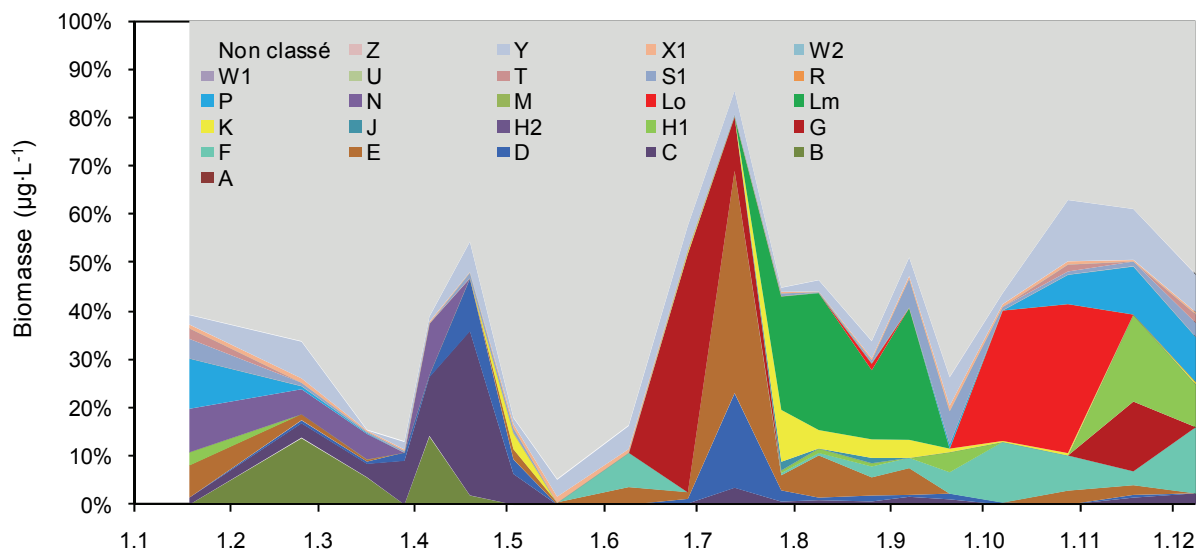


Figure 4 : Variations de la biomasse par groupes fonctionnels dans le Grand Lac (SHL 2) en 2010.

Figure 4: Variations in the biomass by functional group in Grand Lac (SHL 2) in 2010

Les phases définies au paragraphe 3.1.1 sont reprises ci-dessous :

- Pendant la phase hivernale et printanière, l'essentiel de la biomasse est représenté par les groupes fonctionnels B et C (diatomées). Ces groupes rassemblent des taxons sensibles à la stratification et sensibles à un déficit en silice. Ils caractérisent des lacs mésotrophes à eutrophes.
- Pendant la phase des eaux claires le groupe fonctionnel dominant n'est pas caractérisé (les groupes de Reynolds ne reprennent pas tous les taxons présents dans le Léman). Mais il s'agit de taxons tel que *Cyclotella costei* (caractéristique de la phase de ré-oligotrophisation du Léman d'après RIMET *et al.*, 2009).
- La phase estivale est caractérisée par la présence du groupe E, regroupant des taxons typiques de milieux oligotrophes (*Dinobryon* spp.). Le groupe Lm, présente également une forte biomasse en fin d'été, il regroupe les taxons préférant les épilimnions de lacs eutrophes et sensibles au brassage.
- Les phases automnale et hivernale sont caractérisées d'abord par l'arrivée du groupe Lo (regroupant des taxons d'épilimnion de lacs mésotrophes), puis par le groupe F (Chlorophycées d'épilimnion pauvres en nutriments) et finalement le groupe H1 (Cyanobactéries fixatrices d'azote, ex. *Aphanizomenon flos-aquae*).

3.2 Evolution interannuelle

3.2.1 Evolution des classes d'algues

La figure 5 présente l'évolution interannuelle des principales classes d'algues (sensu Bourelly 1972, 1981, 1985).

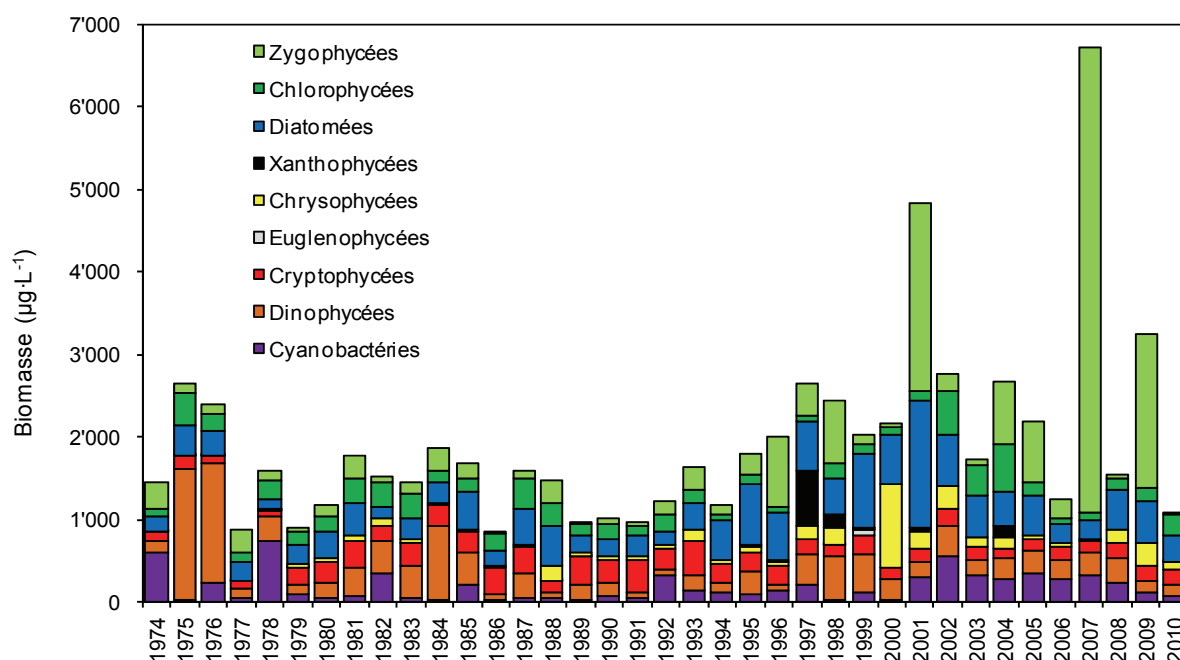


Figure 5 : Evolution interannuelle des principales classes algales (biomasse annuelle moyenne).

Figure 5 : Interannual change in the main algal classes (mean annual biomass).

La biomasse phytoplanctonique moyenne de 2010 ($1'074 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) fait partie des plus faibles de la chronique 1974-2010 (la 7^{ème} plus faible). Elle est semblable à celles des années 2006 et 2008. La proportion des Chlorophycées est relativement élevée par rapport aux 5 dernières années.

3.2.2 Evolution de la diversité

Un indice de diversité annuelle a été calculé sur la chronique 1974-2009. Pour chaque prélèvement, l'indice de Shannon est calculé, puis la moyenne annuelle de ces indices est mesurée pour chacune des années de 1974 à 2010. Cet indice moyen est reporté à la figure 6 pour chaque année.

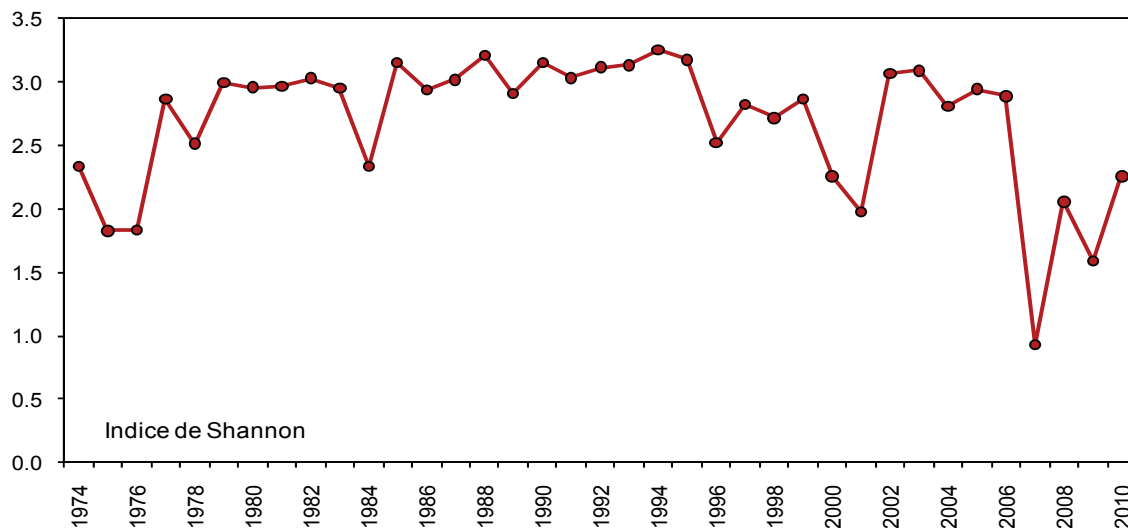


Figure 6 : Evolution interannuelle de l'indice de diversité de Shannon.

Figure 6 : Interannual change in the Shannon diversity index.

La diversité de l'année 2010 est plus forte que celles des 3 dernières années. Elle est cependant assez faible en comparaison de l'ensemble de la chronique 1974-2010. Les diversités les plus faibles (2001, 2007, 2009) sont liées à des blooms de *Mougeotia gracillima*.

3.2.3 Evolution des groupes fonctionnels

La dynamique interannuelle des groupes fonctionnels de REYNOLDS *et al.* (2002) est donnée à la figure 7.

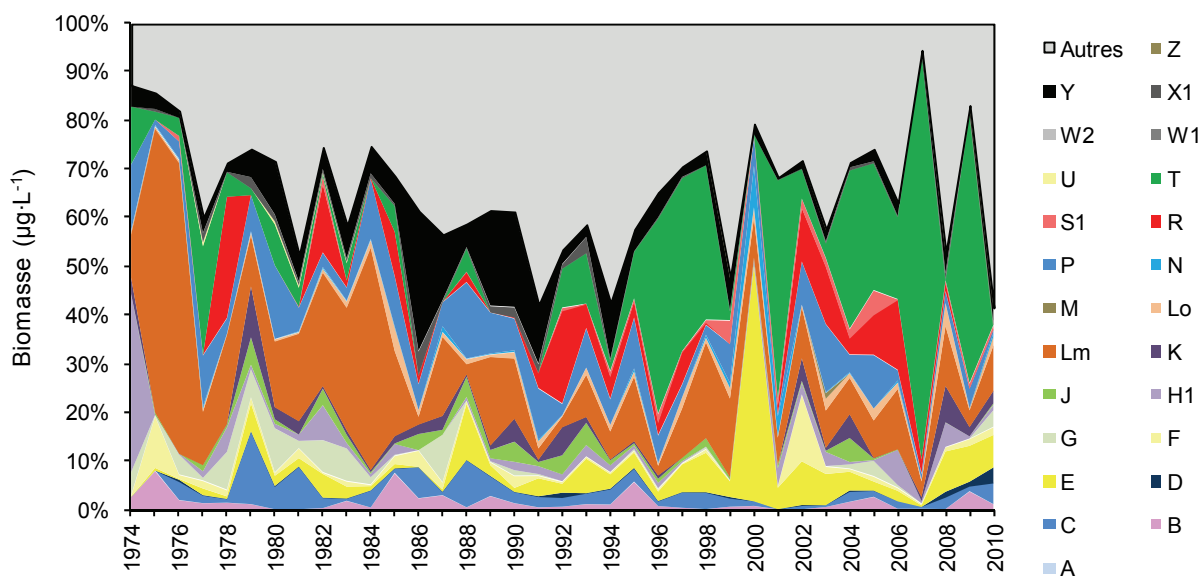


Figure 7 : Evolution de la dynamique interannuelle des groupes fonctionnels de REYNOLDS *et al.* (2002).

Figure 7 : Change in the interannual dynamic profile of the functional groups of REYNOLDS *et al.* (2002).

Les données de 2010 suivent les tendances générales des années précédentes dans l'évolution des principaux groupes fonctionnels :

Le groupe Lm qui était abondant de 1974 à 1985 et qui caractérise les épilimnions bien stratifiés des lacs eutrophes (*Ceratium hirundinella*) représente une proportion de plus en plus faible de la biomasse. Le groupe Y (regroupant les taxons phagotrophes¹ tel *Cryptomonas* sp. caractérisant les lacs riches en nutriments) de 1985 à 2000, puis le groupe T (rassemblant des taxons préférant les couches profondes de l'épilimnion bien brassé mais sensibles à un déficit en nutriments) vont succéder au groupe Lm, devenant prépondérant, respectivement de 1985 à 2000 et de 2001 à 2009.

Les 15 dernières années, dont l'année 2010, montrent une augmentation du groupe fonctionnel E, regroupant des taxons caractéristiques de milieux pauvres en nutriments.

3.2.4 Evolution de l'indice de qualité phytoplancton Brettum

L'état trophique des lacs peut ainsi 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 c'est l'indice de Brettum (modifié par WOLFRAM *et al.* (2007) ; WOLFRAM et DOKULIL (2007)) qui était le plus adapté à évaluer le niveau trophique des grands lacs alpins mais nécessitait une correction. Cet indice corrigé donne pour 133 taxons leur préférence par rapport à une concentration en phosphore. Plus cet indice est élevé, plus le niveau trophique sera faible.

Les valeurs suivantes sont données par les auteurs :

Classe	Concentrations en TP	Etat trophique
6	$\leq 5 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	ultra-oligotrophe
5	$5 - 8 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	oligotrophe
4	$8 - 15 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	oligo-mesotrophe
3	$15 - 30 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	méso/faiblement eutrophe
2	$30 - 60 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	eutrophe
1	$> 60 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	hypertrophe

La figure 8 présente l'évolution de cet indice.

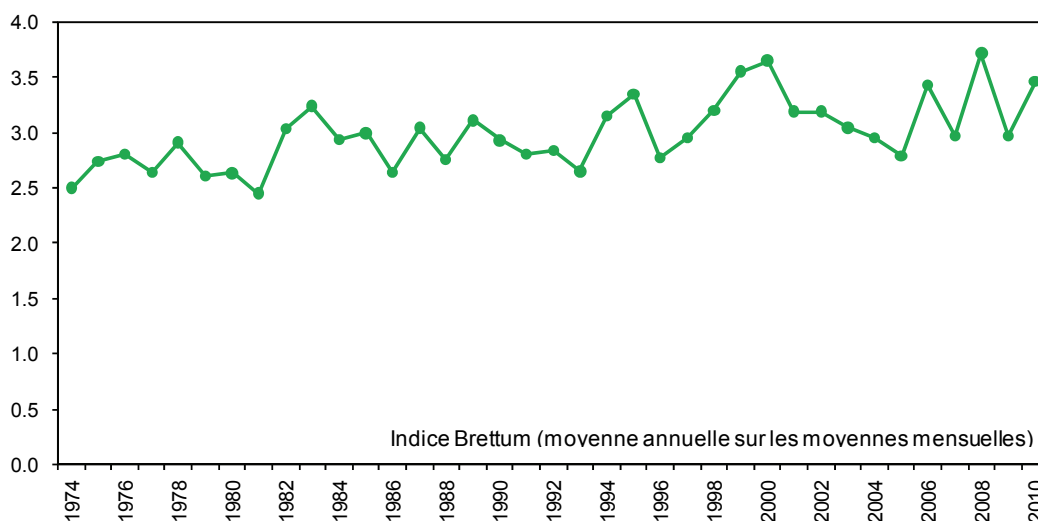


Figure 8 : Evolution de l'indice de qualité phytoplancton Brettum (1989) modifié.

Figure 8: Change in Brettum's modified phytoplankton quality index (1989).

Globalement une amélioration de la qualité des eaux du Léman est observable depuis 1974 (figure 10). Entre 1974 et 1980, le lac était eutrophe selon l'indice de Brettum modifié par KAIBLINGER (2008) et KAIBLINGER *et al.* (2009). Puis l'indice présente une hausse, indiquant une amélioration de l'état trophique. La valeur pour l'année 2010 est de 3.46.

¹ Phagotrophe : Se dit d'un organisme qui se nourrit de particules (qui peuvent être d'autres organismes) absorbées par phagocytose (processus d'ingestion par une cellule eucaryote de particules (par ex. bactéries), par invagination de la membrane plasmique.

4. CONCLUSIONS

L'évolution saisonnière du phytoplancton pour l'année 2010 montre une augmentation de la biomasse au printemps qui est principalement le fait de 6 taxons de diatomées centriques (*Cyclotella costei*, *C. delicatula*, *Puncticulata radiosa*, *Stephanodiscus alpinus*, *S. minutulus*, *S. neoastrea*) sensibles à la stratification. La phase des eaux claires est bien marquée le 9 juin. Puis la biomasse augmente pendant l'été du fait de Chlorophycées, puis de Chrysophycées caractéristiques de milieux oligotrophes et enfin de Dinophycées. Les périodes automnale et hivernale sont caractérisées par une réduction de la biomasse phytoplanctonique et une augmentation de la proportion des Cyanobactéries hétérocystées fixatrices d'azote et des Cryptophycées.

L'analyse interannuelle du phytoplancton permet de montrer que la biomasse de 2010 fait partie d'une des plus faibles de toute la chronique 1974-2010. L'année 2010 n'a pas connu de bloom de *Mougeotia gracillima*. En termes de quantité de biomasse et de composition taxonomique, 2010 ressemble aux années 2006 et 2008.

L'évolution des groupes fonctionnels met en évidence la même tendance que les années précédentes, soit une réduction des taxons caractéristiques des épilimnions bien stratifiés des lacs eutrophes. La proportion des groupes fonctionnels caractéristiques des milieux pauvres en nutriments augmente.

L'évolution de l'indice de qualité Brettum (1989) modifié montre globalement que depuis 1974, les eaux du lac voient leur état trophique tendre vers l'oligo-mésotrophie.

BIBLIOGRAPHIE

- AFNOR (2006) : NF EN 15204. Qualité de l'eau - Norme guide pour le dénombrement du phytoplancton par microscopie inversée (méthode UTERMÖHL). Afnor: 41 p.
- BOURELLY, P. (1972) : Les Algues d'eau douce, Tome I: Les Algues vertes. Boubée Ed., 1-572p.
- BOURELLY, P. (1981) . Les Algues d'eau douce, Tome II: Les Algues jaunes et brunes. Boubée Ed., 1-517p.
- BOURELLY, P. (1985) : Les Algues d'eau douce, Tome III: Les Algues bleues et rouges. Boubée Ed., 1-606p.
- BRETTUM, P. (1989) : Algen als Indikatoren für die Gewässerqualität in norwegischen Binnenseen. Norsk Institutt for vannforskning NIVA, Norway, 102 p.
- DRUART, J.C. et RIMET, F. (2008) : Protocoles d'analyse du phytoplancton du l'INRA : prélèvement, dénombrement et biovolumes. INRA Thonon, Rapport SHL 283 - 2008, 96 p.
- 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 p.
- KAIBLINGER, C., ANNEVILLE, O., TADONLEKE, R., RIMET, F., DRUART, J. C., GUILLARD, J. et 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.
- PELLETIER, J. P. et ORAND, A. (1978a) : Appareil de prélèvement d'un échantillon dans un fluide. Brevet d'invention 76.08579.
- PELLETIER, J. P. et ORAND, A. (1978b) : Bouteille à prélèvement intégré - Mode d'emploi. INRA Thonon, France, 9 p.
- REYNOLDS, C. S., HUSZAR, V., KRUK, C., NASELLI-FLORES, L. et MELO, S. (2002) : Toward a functional classification of the freshwater phytoplankton. J. Plankton Res., 24, 417-428.
- RIMET, F., DRUART, J. C. et ANNEVILLE, O. (2009) : Exploring the dynamics of plankton diatom communities in Lake Geneva using emergent self-organizing maps (1974-2007). Ecological Informatics, 4, 99-110.
- UTERMÖHL, H. (1958) : Zür Vervollkommung der quantitative Phytoplankton Methodik. Mitt. Internat. Ver. Theor. Angew. Limnol., 9, 1-38.
- WEAVER, W. et SHANNON, C. E. (1949) : The Mathematical Theory of Communication. Urbana, Illinois University of Illinois Press.
- WOLFRAM, G. et DOKULIL, M. (2007) : Leitfaden zur erhebung der biologischen qualitatselemente. Teil B2 - Phytoplankton. Lebensministerium, Austria, 50 p.
- WOLFRAM, G., DOKULIL, M., PALL, K., REICHMANN, M., SCHULZ, L., ARGILLIER, C., DE BORTOLI, J., MARTINEZ, J. P., RIOURY, C., HOEHN, E., RIEDMÜLLER, U., SCHAUMBURG, J., STELZER, D., BUZZI, F., DALMIGLIO, A., MORABITO, G., MARCHETTO, A., REMEC-REKAR, S. et URBANIC, G. (2007) : Intercalibration Exercise. Technical Report + Annexes, Alpine GIG (Lakes). Vienna - Ispra.

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>Limnotherix 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>Ankara</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
L₀	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	?

