

# LE PHYTOPLANCTON DU LAC D'AIGUEBELETTE (SAVOIE) ANNEE 2015



Par

**Frédéric RIMET**

Etude réalisée pour la Communauté de Communes du Lac d'Aiguebelette  
Maison du lac, Cusina  
73470 Nances

Thonon, le 28 juin 2016

## 1 Résumé

La dynamique du phytoplancton du lac d'Aiguebelette pour l'année 2015 se caractérise par une succession de plusieurs espèces régulièrement observées dans le lac depuis plusieurs années.

En début d'année, pendant la phase hivernale la biomasse est très faible. Puis à partir du printemps, la biomasse algale va augmenter fortement du fait de petites diatomées centriques indicatrices d'une masse d'eau brassée en cours de ré-oligotrophisation. La biomasse maximale annuelle est atteinte le 20 mai. Ensuite, leur proportion va diminuer et laisser la place à des espèces de Chrysophycées indicatrices de milieux pauvres en nutriments.

En fin d'été c'est une Chlorophycées filamenteuse, *Planktonema lauterbornii* qui va dominer le compartiment algal. Cette espèce apparait tous les ans, plutôt en septembre/octobre, mais depuis 2014 on observe qu'elle apparait plus tôt dans la saison. Ceci est probablement à relier des températures automnales et hivernales douces depuis 2014. Cette espèce trouve sa niche écologique dans le métalimnion (vers 10-15 m de profondeur), à l'interface entre des eaux de surface transparentes mais pauvres en nutriments et des eaux plus profondes, riches en nutriments.

En fin d'année la biomasse diminue et ce sont des Dinophycées qui vont dominer le compartiment. Ces espèces sont habituellement indicatrices d'épilimnions estivaux riches en nutriments.

La dynamique interannuelle du lac d'Aiguebelette indique clairement que le lac présente une diminution de sa biomasse algale depuis plusieurs années. On observe également que les classes algales dominant le compartiment phytoplanctonique sont indicatrices de milieux oligotrophes. Ceci est confirmé par l'indice de Brettum, calculé sur la composition en espèce du phytoplancton, et qui évalue le niveau trophique du lac : le lac est actuellement méso-oligotrophe, tout comme le lac d'Annecy.

## 2 Introduction

Le compartiment phytoplanctonique du lac d'Aiguebelette a fait l'objet d'un suivi durant l'année 2015 à la station « Point A ». Cette étude comporte l'analyse de l'évolution quantitative des populations phytoplanctoniques. Différentes métriques, telles que la diversité (indice de Shannon), ainsi que l'indice de trophie de Brettum (Brettum 1989), modifié par Wolfram (Wolfram *et al.* 2007; Wolfram & Dokulil 2007) sont présentés.

## 3 Matériel et méthodes d'étude du phytoplancton

En 2015, 22 campagnes de prélèvement ont été effectuées dans le Lac d'Aiguebelette. Le phytoplancton étudié a été récolté de janvier à décembre 2015 dans la couche 0-20 m à l'aide d'une cloche intégratrice d'eau brute développée par Pelletier et Orand (Brevet INRA, 1978).



Photo 1 : Appareil intégrateur (« cloche Pelletier »), préleveur de plancton

Après récolte, les échantillons d'eau ont été fixés avec du lugol, réactif iodo-ioduré qui assure la conservation du phytoplancton et alourdit les cellules, rendant ainsi leur sédimentation plus facile. Il colore également l'amidon des cellules ce qui rend leur identification plus aisée.

Les échantillons d'eau brute fixés ont été préparés selon la technique d'Utermöhl, méthode normalisée au niveau français et européen (Norme NF EN 15204, (Afnor 2006)). Un sous-échantillon de 25 ml ou 50 ml suivant l'abondance du phytoplancton est versé dans un cylindre surmontant une chambre de sédimentation et laissé à sédimenter pendant 12 à 24 heures à l'abri de la lumière (le lugol se dégrade à la lumière et perd son effet conservateur) et de la chaleur. Ce laps de temps permet aux algues, même les plus légères, de sédimenter au fond de la cuvette. Puis on glisse la partie cylindrique sur le côté de la chambre pour la remplacer par une lamelle de couverture en verre. Enfin, la lame est déposée sur un microscope inversé afin de procéder à l'examen qualitatif et quantitatif du phytoplancton.

Les protocoles d'analyses sont décrits avec plus de précision dans le document rassemblant les modes opératoires d'analyse du phytoplancton de l'INRA (Druart & Rimet 2008).



Photo 2 : Chambre de sédimentation

L'identification microscopique des organismes phytoplanctoniques se fait sur plusieurs critères morphologiques dont la taille, la présence ou l'absence de flagelles et leur nombre,

l'organisation cellulaire (filaments, colonies, individus) et le type de membrane externe (cellulosique, siliceuse, peptidoglycanique...).

Les abondances sont exprimées en nombre de cellules algales ou de colonies par millilitre d'eau brute puis transformées en biomasse ( $\mu\text{g/L}$ ) en considérant que la densité des algues est la même que celle de l'eau.

22 campagnes ont été réalisées en 2015 dans le lac d'Aiguebelette aux dates suivantes : 12-janv., 9-févr., 24-févr., 23-mars, 31-mars, 20-avr., 28-avr., 5-mai, 20-mai, 26-mai, 8-juin, 7-juil., 20-juil., 27-juil., 11-août, 17-août, 8-sept., 28-sept., 13-oct., 26-oct., 16-nov., 15-déc. Les prélèvements ont été réalisés par G. Paolini.

## 4 Résultats

### a. Evolution saisonnière de l'année 2015

#### i. Evolution des classes d'algues

La figure 1 présente la dynamique saisonnière des principales classes d'algues sensu Bourrelly (Bourrelly 1972; Bourrelly 1981; Bourrelly 1985) pour l'année 2015.

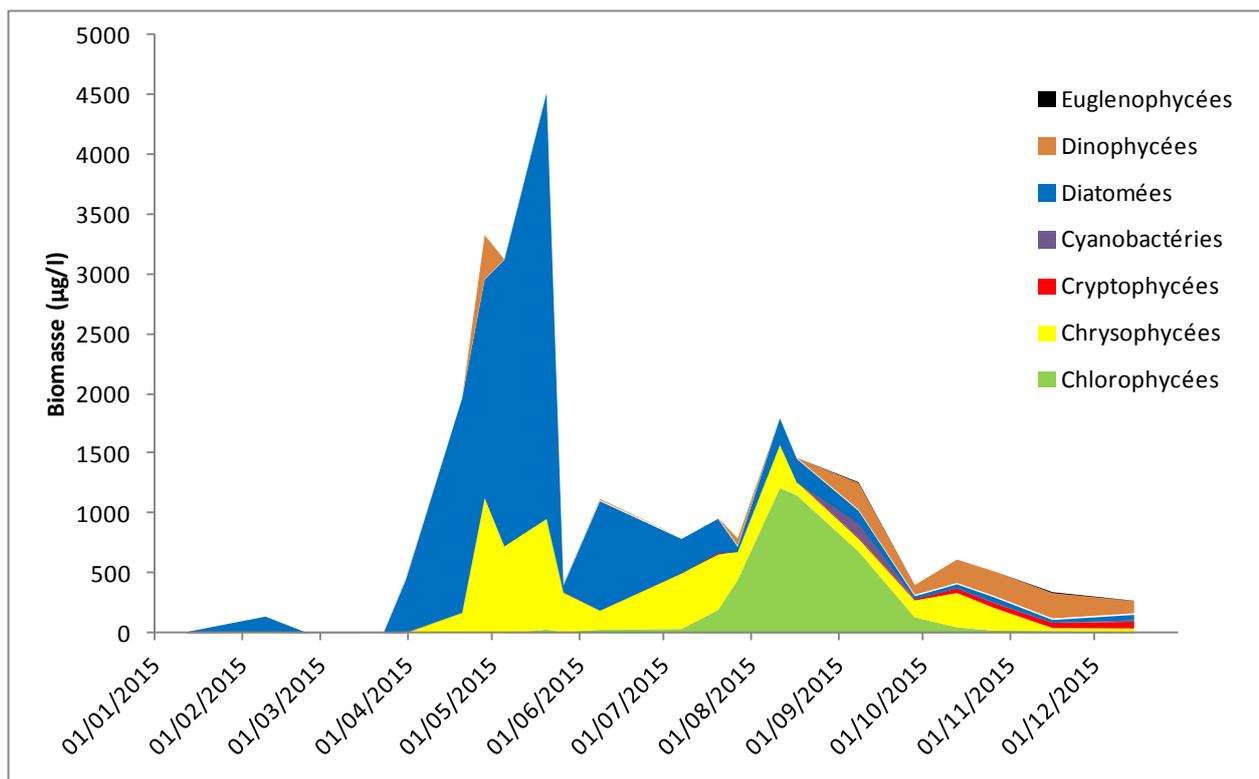


Figure 1 : Variations saisonnières de la biomasse du phytoplancton par classes algales en 2015.

5 phases peuvent-être décrites pour l'année 2015 :

- Une phase hivernale (du 12/1 au 23/3), pendant cette période la biomasse est très faible. On note dans l'échantillon du 12/1 des précipitations de calcite.
- Une phase printanière (du 31/3 au 20/5). Pendant cette phase, la biomasse augmente fortement, principalement grâce aux Diatomées et dans une moindre mesure grâce aux

Chrysophycées. Le maximum de la biomasse de l'année 2015 est atteint le 20/5 avec une biomasse de 4517 µg/l.

- Une phase de fin de printemps et début d'été (26/5 au 20/7). Pendant cette période, la biomasse algale diminue et est dominée à part égale par les Diatomées et les Chrysophycées.
- Une phase de fin d'été et de début d'automne (27/7 au 28/9). La proportion des Chrysophycées et des Diatomées diminue fortement et laisse la place au Chlorophycées.
- Une phase hivernale (13/10 au 15/12). La biomasse algale est faible à cette période. Les Dinophycées représente une part importante de la biomasse.

## ii. Evolution des espèces dominantes

La figure 2 présente la dynamique des taxons dominant la biomasse du phytoplancton pour l'année 2015 (les 10 taxons présentant la biomasse annuelle la plus élevée ont été sélectionnés).

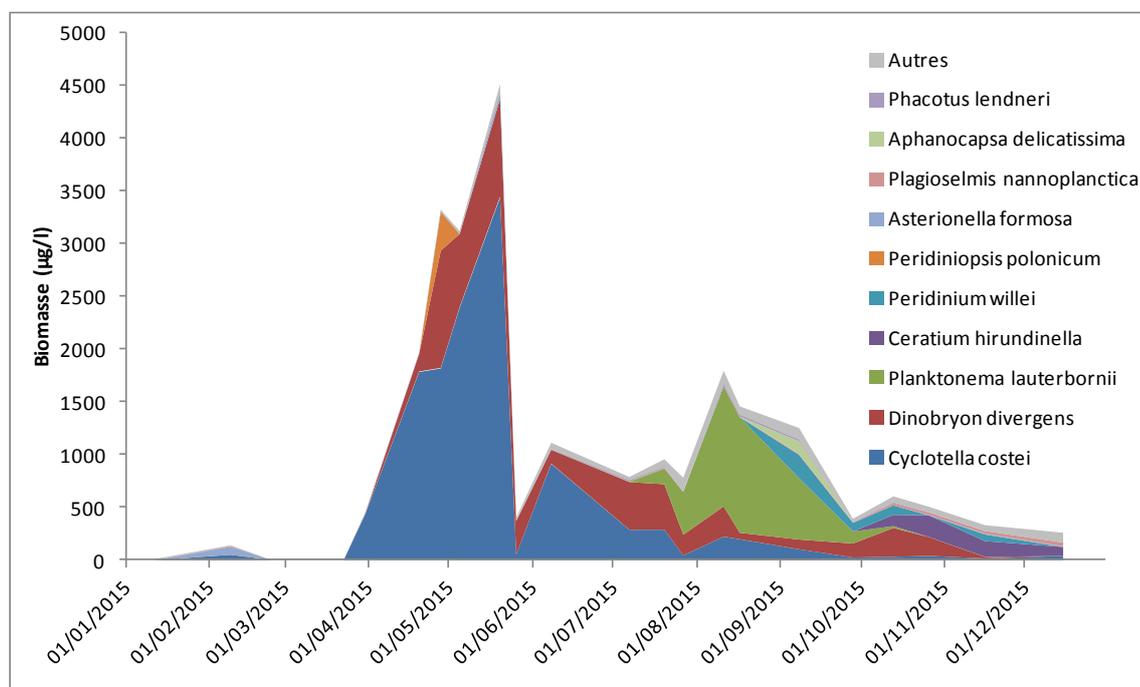


Figure 2 : Variations saisonnières de la biomasse des principaux taxons du phytoplancton en 2015.

Les 10 taxons présentés sur la figure 2 constituent plus de 95% de la biomasse annuelle totale. Les successions d'espèces sont décrites ci-dessous :

Pendant la phase hivernale (12/1 au 23/3), les biomasses sont très faibles. Elles sont dominées principalement par des diatomées centriques (*Cyclotella costei*) et dans une moindre mesure par des pennées (*Asterionella formosa*).

C'est surtout à partir de la phase printanière (31/3 - 20/5) que la biomasse augmente, principalement du fait de *Cyclotella costei*. Cette petite espèce de diatomées centrique est caractéristique des grands lacs en cours de ré-oligotrophisation (Rimet *et al.* 2009). Elle est adaptée aux eaux brassées et froides typiquement rencontrées en début d'année.

A partir de la fin mai, la biomasse de cette espèce diminue rapidement. Ceci est lié à plusieurs facteurs. Tout d'abord, le lac se stratifie progressivement, ce changement ne correspond plus à la niche écologique des petites diatomées centriques qui préfèrent les eaux brassées. Ensuite, la concentration en silice diminue habituellement à cette période. Or les diatomées ont un

squelette composé de silice et lorsque les concentrations en silice deviennent faibles dans le lac en fin de printemps/début d'été, leur développement est rendu difficile. Enfin, les petites diatomées centriques sont une nourriture de choix pour le zooplancton qui se développe massivement au printemps. On observe une faible biomasse le 26/5 qui peut-être liée à cet important broutage par le zooplancton.

A partir du 26/5 jusqu'au 20/7 (phase de fin de printemps début d'été) la proportion des Chrysophycées, représentées par plusieurs espèces de *Dinobryon* augmente. Ce sont des espèces mixotrophes, c'est à dire capables de photosynthétiser et d'utiliser les nutriments dissous dans l'eau, mais également d'utiliser la matière organique comme source d'énergie lorsque les nutriments viennent à manquer. Elles sont considérées comme électives des milieux oligotrophes (Padisak *et al.* 2009).

A partir de la fin du mois de juillet, la biomasse de *Planktonema lauterbornii* augmente. Il s'agit d'une Chlorophycée filamenteuse qui apparait tous les ans dans le lac d'Aiguebelette mais généralement plus tard dans la saison (septembre - octobre). Depuis 2014, cette espèce apparait plus tôt (en fin d'été) ; ceci est peut-être à relier aux conditions climatiques clémentes rencontrées en 2015 et 2014 (automne et hivers doux) et qui décalent la succession algale. Cette espèce appartient au même groupe fonctionnel que *Mougeotia gracillima* (Reynolds *et al.* 2002). Elle est retrouvée dans le Léman à la même période (fin d'été, automne), dans la zone du métalimnion. Ces espèces sont adaptées aux eaux relativement bien stratifiées et se développent dans des profondeurs de 10-15 mètres. A ces profondeurs, on se trouve à l'interface de couches riches en nutriments (en zone plus profonde) ; la luminosité y est faible mais suffisante pour ces espèces d'algues filamenteuses (Tapolczai *et al.* 2015). Ces taxons vont donc pouvoir se développer lorsque les eaux du lac d'Aiguebelette présentent cette conjugaison de facteurs : des eaux stratifiées et un métalimnion riche en nutriments. *Planktonema lauterbornii*, va voir sa biomasse diminuer lorsque la stratification des eaux va disparaître en fin d'année.

En fin d'année, le compartiment phytoplanctonique est dominé par des Dinophycées (*Ceratium hirundinella*), tout comme en 2014, mais leurs biomasses reste faible. Ces taxons sont généralement considérés comme indicateurs d'épilimnions estivaux, riches en nutriments (Reynolds *et al.* 2002).

Remarque : Lors du 1er prélèvement de l'année (12/1), un prélèvement de surface a été réalisé : on y note la présence massive d'une cyanobactérie potentiellement toxique, *Anabaena flos-aquae*. Ces biomasses élevées en surface n'ont pas été observées dans l'échantillon intégré 0-20 m.

### iii. 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 catégories pour l'année 2015.

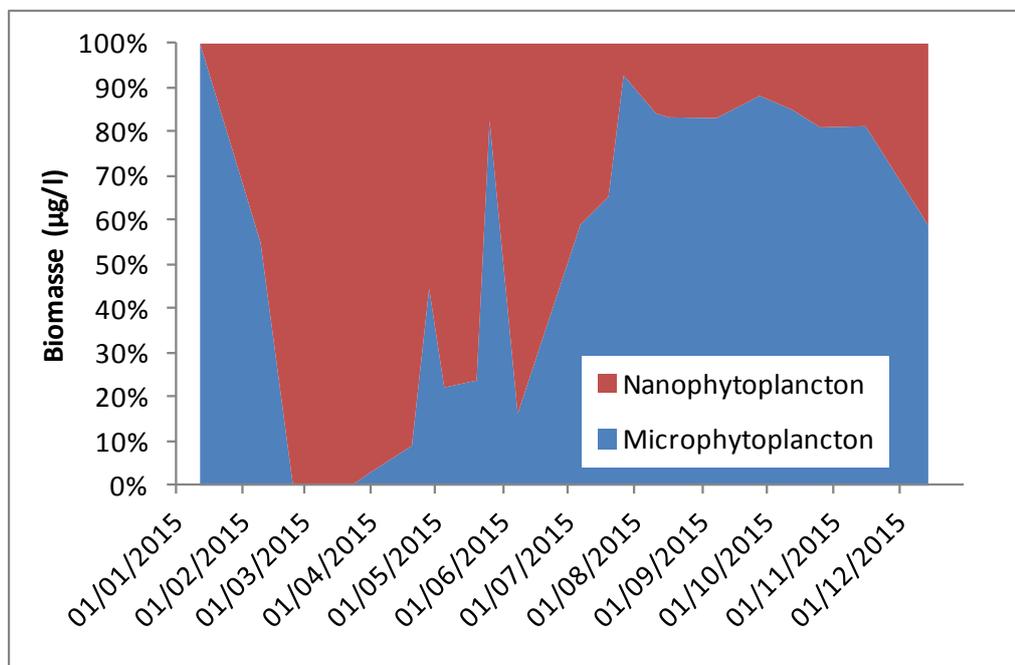


Figure 3 : Variations saisonnières de la biomasse par classes de taille en 2015.

Pendant la phase hivernale de début d'année, les biomasses sont très faibles, mais ce sont des taxons de grandes tailles qui dominent le compartiment : *Anabaena flos-aquae* (Cyanobactérie potentiellement toxique) et *Asterionella formosa* (Diatomées pennée).

Ensuite, la phase printanière est dominée par des taxons de petite taille (nanophytoplancton), essentiellement expliqué par la présence de petites diatomées centriques (*Cyclotella costei*) et de petites Cryptophycées (*Plagioselmis nannoplanctica*). Ces petites espèces sont ingérées préférentiellement par le zooplancton.

A partir de la fin du mois de juin, la tendance s'inverse et les taxons de plus grande taille (microphytoplancton) vont dominer le compartiment phytoplanctonique. C'est essentiellement *Dinobryon* spp., *Planktonema lauterbornii*, *Asterionella formosa*, des cyanobactéries non toxiques (*Aphanocapsa delicatissima*) ainsi que des Dinophycées (*Ceratium hirundinella*) qui expliquent la dominance du microphytoplancton en fin d'année.

**b. Evolution interannuelle**  
**i. Evolution des classes d'algues**

La figure 4 présente l'évolution interannuelle des principales classes d'algues sensu Bourrelly (Bourrelly 1972; Bourrelly 1981; Bourrelly 1985). Pour chaque mois, une moyenne est calculée par classe algale, puis pour chaque année, une moyenne est calculée à partir de ces moyennes mensuelles.

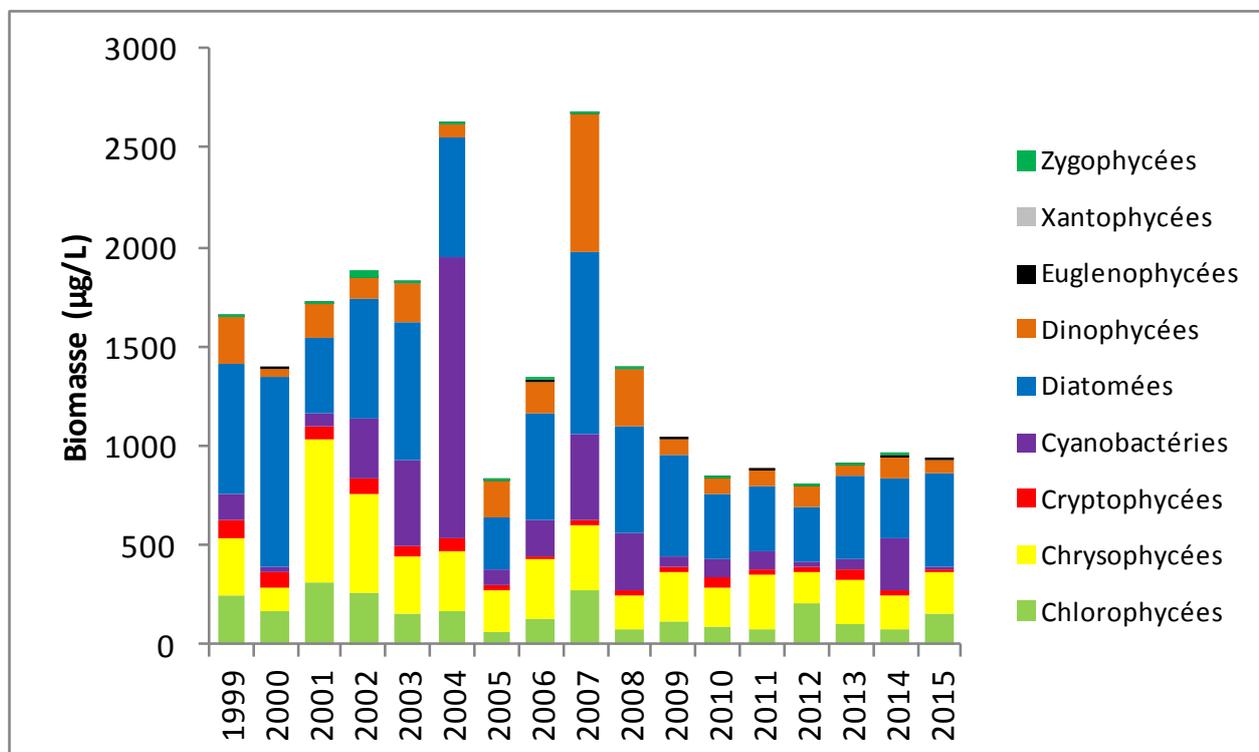


Figure 4 : Evolution interannuelle des principales classes algales (moyenne annuelle des moyennes mensuelles des biomasses).

L'année 2015 permet de confirmer les observations depuis 2008 : la biomasse algale est globalement plus faible que dans les années 1999-2004. Ces biomasses sont proches de celles observées sur le Grand Lac d'Annecy (biomasses comprises entre 500 et 1000 µg/L) qui est un lac oligotrophe. Les biomasses du lac d'Aiguebelette sont inférieures à celles du Léman qui est encore un lac méso-faiblement eutrophe (cf. rapport CIPEL campagne 2015).

Malgré la présence de cyanobactéries potentiellement toxique (*Anabaena flos-aquae*) en surface le 12/1, la biomasse des cyanobactéries en 2015 est très faible. Les classes algales dominantes sont les mêmes que les années précédentes (2008-2014) : Diatomées et Chrysophycées. Elles sont indicatrices de milieux oligotrophes.

**ii. Evolution de la diversité**

Un indice de diversité annuelle a été calculé sur la chronique 1999-2015. Pour chaque prélèvement, l'indice de Shannon (Weaver & Shannon 1949) est calculé, puis une moyenne mensuelle est calculée, enfin la moyenne annuelle de ces moyennes mensuelles est calculée pour les années 1999 à 2015. Cet indice moyen est reporté à la figure 5 pour chaque année.

Détail du calcul de l'indice de diversité de Shannon :

$$H = - \sum \frac{n_i}{n} \ln \left( \frac{n_i}{n} \right)$$

H : indice de Shannon

Ni : biomasse de l'espèce algale i

N : somme de la biomasse des espèces algales

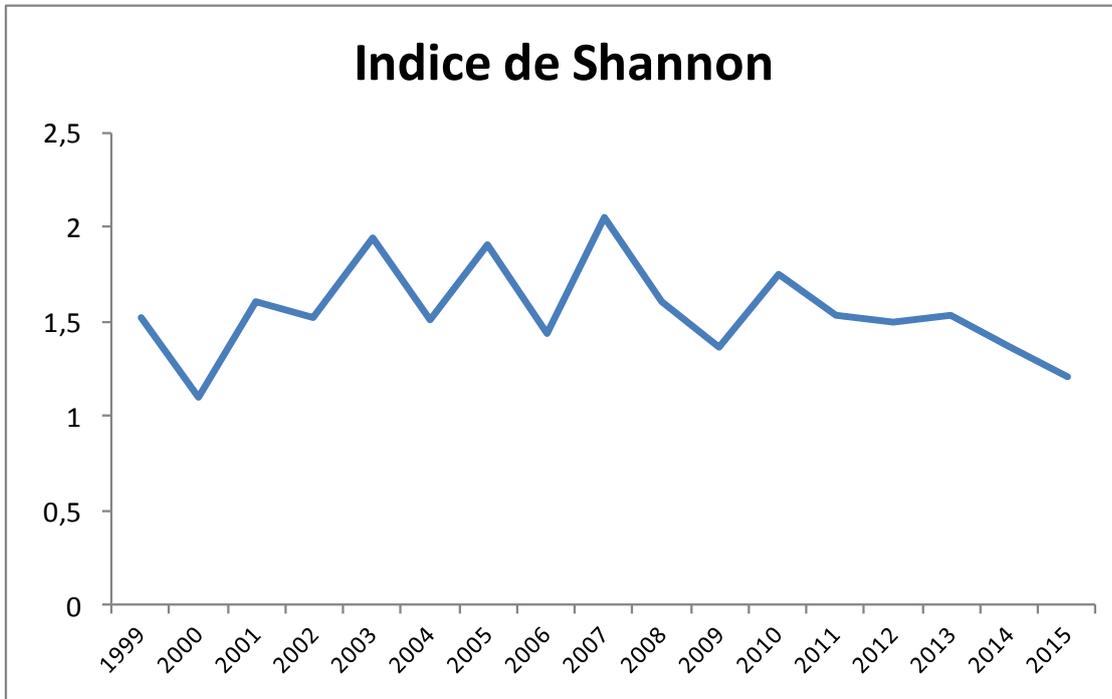


Figure 5 : Evolution interannuelle de l'indice de diversité de Shannon.

L'indice de diversité de lac d'Aiguebelette est stable, oscillant entre 1.2 et 1,5 depuis 2011. La diversité du Lac d'Aiguebelette est plus faible que celles du Léman (environ 2) mais comparables à celles d'Annecy et du Bourget.

### iii. Evolution de l'indice de Brettum

Le niveau trophique des lacs peut-être évalué à partir d'indices basés sur la composition taxonomique et la biomasse phytoplanctonique. Une étude menée à l'INRA (Anneville & Kaiblinger 2009;Kaiblinger *et al.* 2009;Kaiblinger 2008) a montré que c'est l'indice de Brettum (modifié par (Kaiblinger *et al.* 2009)) qui était le plus adapté à 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 le niveau trophique sera faible. Les valeurs suivantes sont données par les auteurs :

Classe	Concentrations en TP	Niveau trophique
6	≤5 µg.L <sup>-1</sup>	ultra-oligotrophe
5	5–8 µg.L <sup>-1</sup>	oligotrophe
4	8–15 µg.L <sup>-1</sup>	oligo-mesotrophe
3	15–30 µg.L <sup>-1</sup>	mésolo/faiblement eutrophe
2	30–60 µg.L <sup>-1</sup>	eutrophe
1	>60 µg.L <sup>-1</sup>	hypertrophe

Pour chaque prélèvement, un indice est calculé, puis une moyenne mensuelle est calculée. Enfin un indice annuel est calculé sur les moyennes mensuelles. La figure 6 présente l'évolution de ces indices annuels de Brettum.

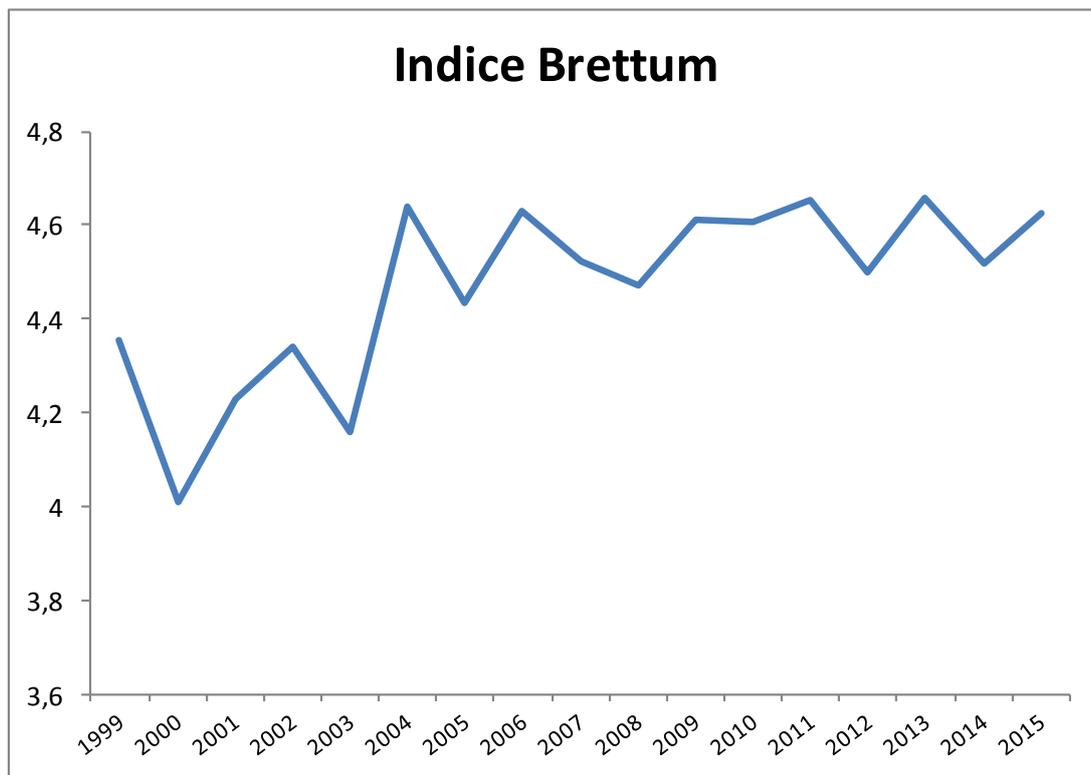


Figure 6 : Evolution de l'indice de Brettum

Lorsque l'on considère la chronique dans sa globalité, on observe une nette amélioration du niveau trophique du lac : le lac d'Aiguebelette s'oligotrophise.

L'indice de Brettum oscille autour de 4,5 et classe le lac d'Aiguebelette en méso-oligotrophe, ce qui est proche de ce qui est observé dans le lac d'Annecy.

Le Léman et le Bourget présentent actuellement des valeurs d'indices plus faibles (autour de 3-3,5) ce qui classe ces lacs en méso-faiblement eutrophe.

## References

- Afnor (2006) NF EN 15204. Qualité de l'eau - Norme guide pour le dénombrement du phytoplancton par microscopie inversée (méthode Utermöhl). *Afnor* 1-41.
- Anneville O. & Kaiblinger K. Proposal for a phytoplankton lake index applicable to lakes of the Rhône-Alpes basin for the implementation of the European Water Framework Directive. Final report. Agence de l'Eau Rhone Méditerranée et Corse, 1-54. 2009. INRA Thonon, France.  
Ref Type: Report
- Bourelly P. (1972) Les Algues d'eau douce, Tome I: Les Algues vertes, N. Boubée & Cie edn.
- Bourelly P. (1981) Les Algues d'eau douce, Tome II: Les Algues jaunes et brunes, N. Boubée & Cie edn.
- Bourelly P. (1985) Les Algues d'eau douce, Tome III: Les Algues bleues et rouges, N. Boubée & Cie edn.
- Brettum P. Algen als Indikatoren für die Gewässerqualität in norwegischen Binnenseen. 1-102. 1989. Norsk Institutt for vannforskning NIVA.  
Ref Type: Report
- Druart J. C. & Rimet F. Protocoles d'analyse du phytoplancton de l'INRA : prélèvement, dénombrement et biovolumes. INRA. 1-200. 2008. Thonon les Bains.  
Ref Type: Report
- 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.
- Kaiblinger K. 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, 1-45. 2008. INRA Thonon.  
Ref Type: Report
- 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. *Journal of Plankton Research* 24: 417-428.
- Rimet F., Druart J. C., & 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.
- Tapolczai K., Anneville O., Padisak J., Salmaso N., Morabito G., Zohary T., Tadonleke R. D., & Rimet F. (2015) Occurrence and mass development of *Mougeotia* spp. (Zygnemataceae) in large, deep lakes. *Hydrobiologia* 745: 17-29.
- Weaver W. & Shannon C. E. The Mathematical Theory of Communication. Urbana, Illinois University of Illinois Press. 1949.  
Ref Type: Report
- Wolfram G. & Dokulil M. Leitfaden zur erhebung der biologischen qualitatselemente. Teil B2 - Phytoplankton. 1-50. 2007. Lebensministerium, Austria.

Ref Type: Report

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. Intercalibration Exercise, Technical Report + Annexes, Alpine GIG (Lakes). 2007. Vienna - Ispra.

Ref Type: Report

# Annexe

listes floristiques