

LE PHYTOPLANCTON DU LAC D'AIGUEBELETTE (SAVOIE) ANNEE 2014



Par

Frédéric RIMET

Etude réalisée pour la Communauté de Communes du Lac d'Aiguebelette
Route du Lac
73470 NOVALAISE

Thonon, le 20 mars 2015

1 Résumé

La dynamique du phytoplancton du lac d'Aiguebelette pour l'année 2014 se caractérise par une succession de plusieurs espèces régulièrement observées dans le lac depuis plusieurs années.

En début d'année, pendant la phase hivernale et printanière, la biomasse algale est dominée par une petite diatomée centrique, indicatrice d'une masse d'eau brassée en cours de ré-oligotrophisation. Cette espèce est remplacée à partir de début juin par des espèces appartenant à la classe des Chrysophycées. Elles sont indicatrices de milieux pauvres en nutriments. La biomasse des Chrysophycées diminue à partir du mois d'août, et laisse la place à une Chlorophycée filamenteuse, *Planktonema lauterbornii*. Cette espèce est apparait tous les ans, plutôt en septembre/octobre. Elle 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 et riches en nutriments. Elle est accompagnée par des biomasses importantes de cyanobactéries coloniales non toxiques. A partir du mois de novembre, la biomasse algale diminue fortement jusqu'en fin d'année.

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 2014 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.

2 Matériel et méthodes d'étude du phytoplancton

En 2014, 22 campagnes de prélèvement ont été effectuées dans le Lac d'Aiguebelette. Le phytoplancton étudié a été récolté de janvier à décembre 2013 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).

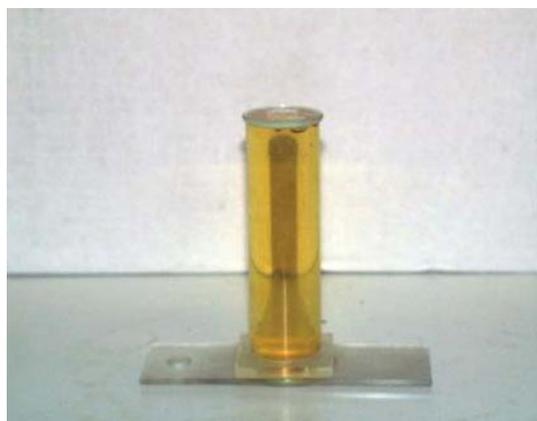


Photo 2 : Chambre de sédimentation

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 ($\mu\text{g/L}$).

22 campagnes ont été réalisées en 2014 dans le lac d'Aiguebelette aux dates suivantes : 08/01, 24/02, 17/03, 25/03, 07/04, 28/04, 14/05, 20/05, 02/06, 16/06, 02/07, 30/07, 12/08, 19/08, 15/09, 22/09, 30/09, 06/10, 20/10, 03/11, 19/11, 16/12.
Les prélèvements ont été réalisés par G. Paolini.

3 Résultats

a. Evolution saisonnière de l'année 2014

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 2014.

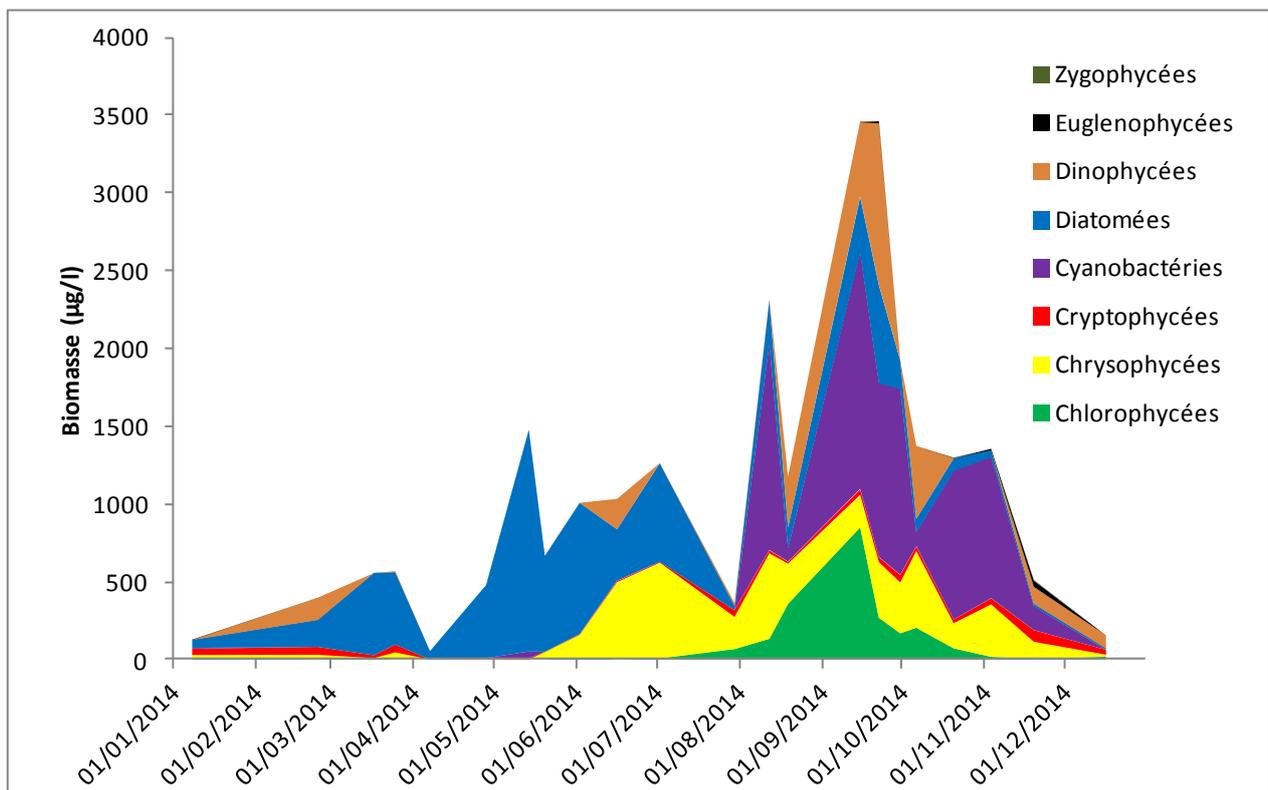


Figure 1 : Variations saisonnières de la biomasse du phytoplancton par classes algales en 2014.

4 phases peuvent-être décrites pour l'année 2013 :

- Une phase hivernale et printanière (du 8/1 au 2/6), pendant cette période la biomasse augmente progressivement. Le compartiment phytoplanctonique est largement dominé par les diatomées. La très faible biomasse observée le 7/4 est liée à la présence de nombreuses plaques de calcites dans l'échantillon (due à des précipitations de calcite dans le lac qui empêche le développement des microalgues).

- Une phase estivale (du 16/6 au 30/7). Pendant cette phase, la proportion relative des diatomées diminue. Elles sont remplacées par des Chrysophycées.
- Une phase de fin d'été - automne (12/8 au 3/11). Pendant cette période, la proportion des Chrysophycées diminue. Elles sont remplacées par des Cyanobactéries et des Chlorophycées. C'est à cette période que l'on rencontre les biomasses les plus élevées de l'année 2014 (15 et 20/9, avec une biomasse d'environ 3400 µg/l).
- Une phase hivernale (19/11 et 16/12). La biomasse algale diminue fortement à cette période. Ce sont les Dinophycées et les Cryptophycées qui dominent la biomasse à ce moment.

ii. Evolution des espèces dominantes

La figure 2 présente la dynamique des taxons dominant la biomasse du phytoplancton pour l'année 2014 (les 9 taxons présentant la biomasse annuelle la plus élevée ont été sélectionnés).

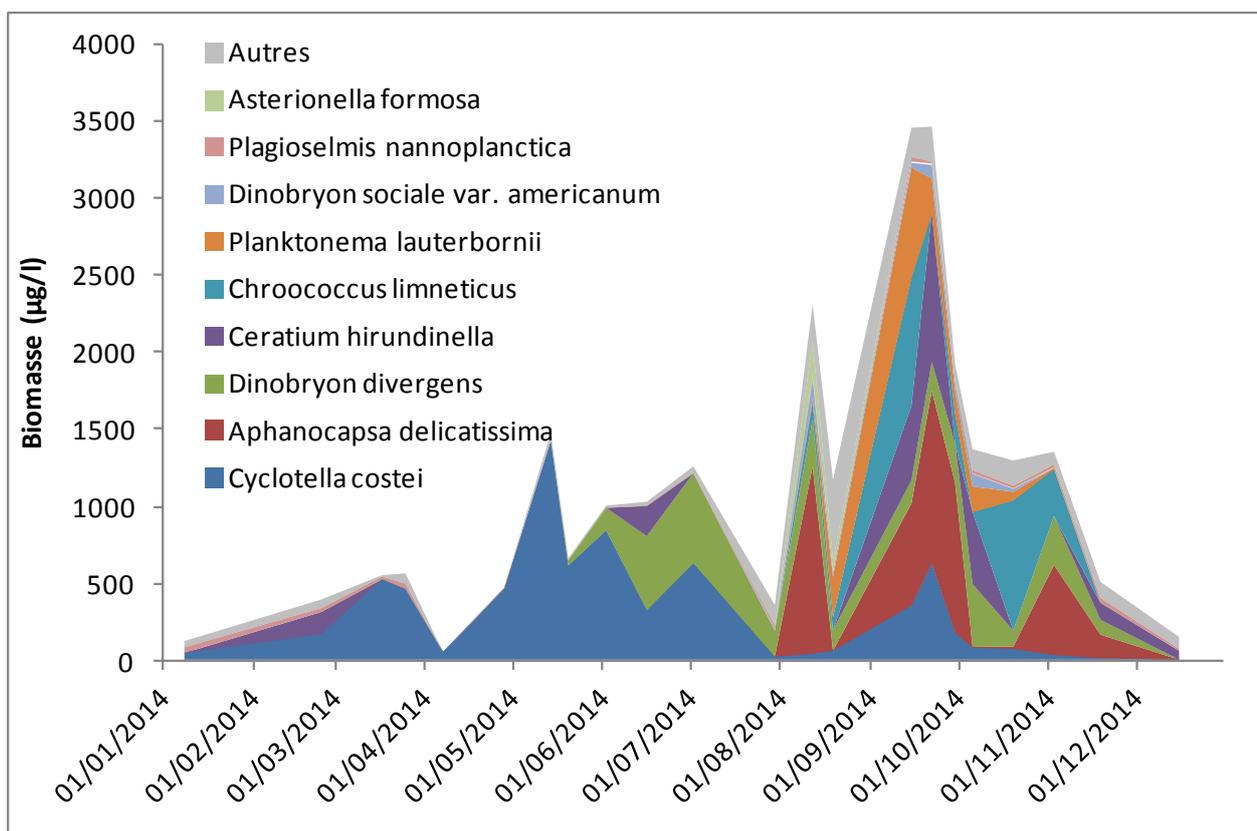


Figure 2 : Variations saisonnières de la biomasse des principaux taxons du phytoplancton en 2014.

Les 9 taxons présentés sur la figure 2 constituent plus de 90% de la biomasse annuelle totale. Les successions d'espèces sont décrites ci-dessous :

Tout comme l'année précédente, pendant la phase hivernale et printanière de début d'année, c'est une petite diatomées centrique, *Cyclotella costei*, qui domine le compartiment phytoplanctonique. Il s'agit d'une espèce 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 mi-mai/début-juin, cette espèce va progressivement disparaître. 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 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, leur développement est rendu difficile. Enfin, les petites diatomées centriques sont une nourriture de choix pour le zooplancton qui se développe massivement au printemps.

Cyclotella costei est remplacée par plusieurs espèces de *Dinobryon* (*Dinobryon divergens* étant l'espèce dominante), appartenant à la classe des Chrysophycées. Ce sont des espèces mixotrophes (c'est à dire capable de photosynthétiser, mais également d'utiliser la matière organique comme source d'énergie), considérée comme élective des milieux oligotrophes (Padisak *et al.* 2009). Leurs biomasses sont importantes jusqu'à la fin du mois de juillet.

A partir du moi d'aout, on rencontre un groupe d'espèces automnales, appartenant à deux classes algales :

- *Planktonema lauterbornii*, une Chlorophycée filamenteuse qui apparait tous les ans dans le lac d'Aiguebelette mais généralement plus tard dans la saison (septembre - octobre). Elle présente des biomasses assez importantes jusqu'en octobre. Cette espèce appartient au même groupe fonctionnel que *Mougeotia gracillima*, indicateur d'eaux relativement riches en nutriments. *Mougeotia gracillima* 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 présente 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.

- *Aphanocapsa delicatissima*, *A. holsatica*, *Chroococcus limneticus*, des cyanobactéries coloniales non toxiques. Ces espèces sont classiquement trouvées dans l'épilimnion des grands lacs oligotrophes en fin d'été (cf. (Reynolds *et al.* 2002) et (Padisak *et al.* 2009)).

En fin d'année, ces différentes espèces voient leurs biomasses respectives diminuer. Le compartiment phytoplanctonique est dominé par des Dinophycées (*Ceratium hirundinella*), mais leurs biomasses reste faible.

iii. Evolution du micro et du nanophytoplancton

Les taxons nanophytoplanctoniques ont une longueur inférieure à 20 μm et un biovolume inférieur à 10 000 μm^3 . Ceux du microphytoplancton une longueur supérieure à 20 μm et/ou un biovolume supérieur à 10 000 μm^3 . La figure 3 présente la dynamique de ces deux catégories pour l'année 2014.

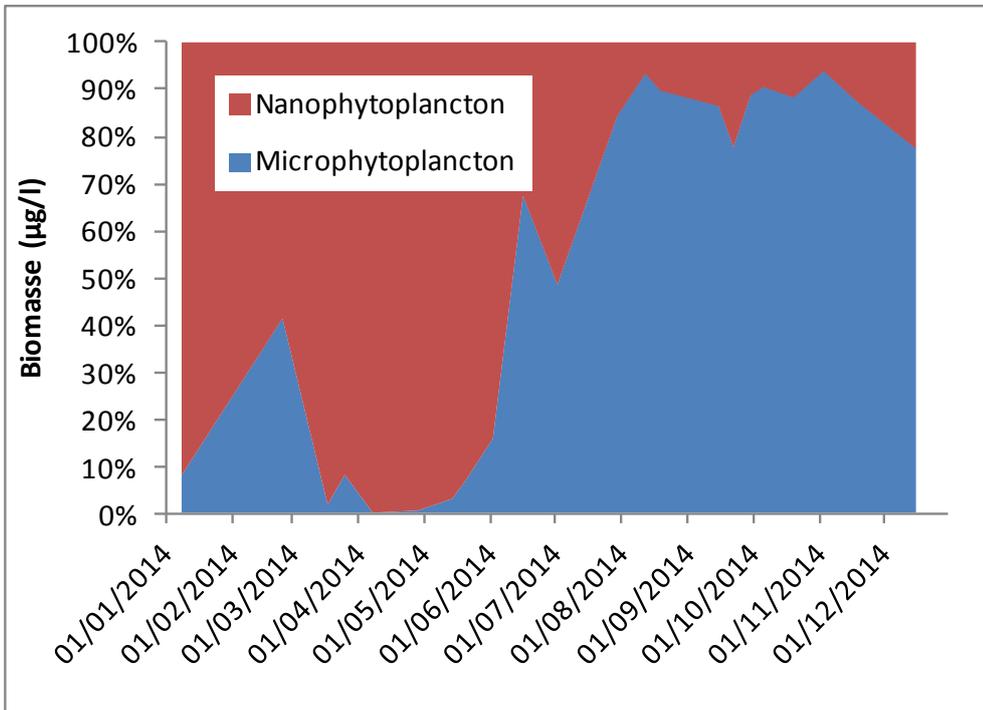


Figure 3 : Variations saisonnières de la biomasse par classes de taille en 2014.

Comme l'année 2013, le début d'année est caractérisé par une dominance 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 du mois de juin, la tendance s'inverse et les taxons de plus grande taille (microphytoplancton) vont dominer largement le compartiment phytoplanctonique. C'est essentiellement *Dinobryon* spp., *Planktonema lauterbornii*, *Asterionella formosa* ainsi que des cyanobactéries non toxiques (*Aphanocapsa delicatissima*, *Aphanocapsa holsatica*, *Chroococcus limneticus*) 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.

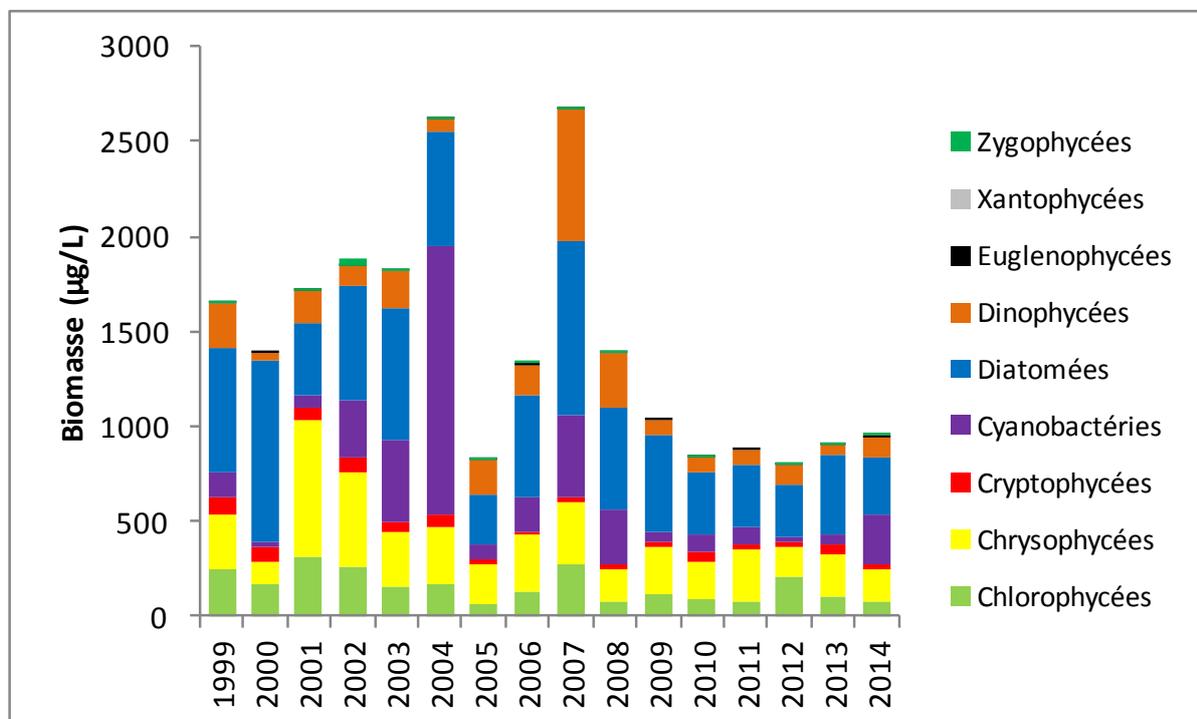


Figure 4 : Evolution interannuelle des principales classes algales (moyenne annuelle des moyennes mensuelles des biomasses).

L'année 2014 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 2014).

On note que l'année 2014 présente une abondance de cyanobactéries plus importante que les années précédentes. Il s'agit de cyanobactéries non toxiques. Les autres classes algales dominantes sont les mêmes que les années précédentes (2008-2013): 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 1999-2013. 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 2014. 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

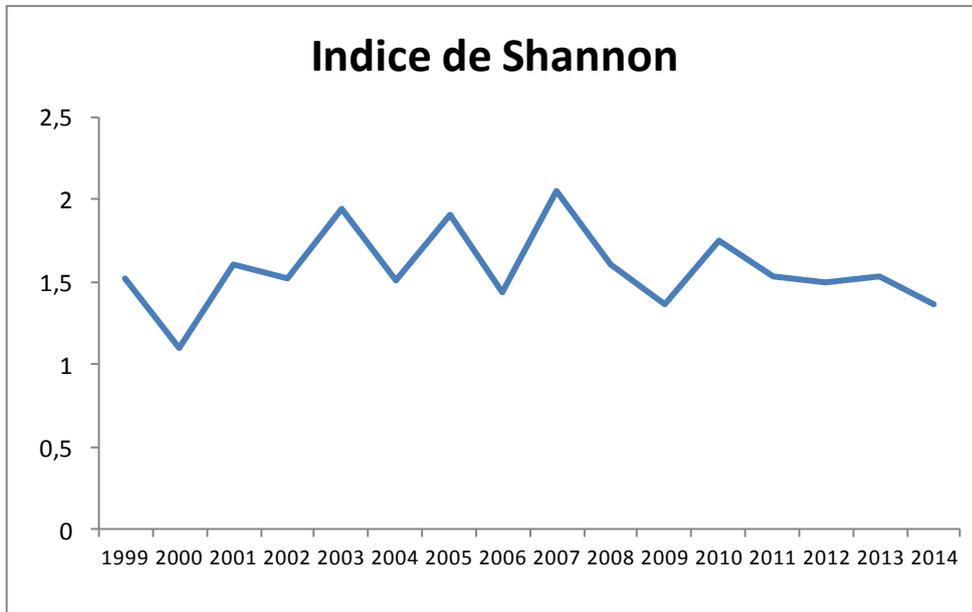


Figure 5 : Evolution interannuelle de l'indice de diversité de Shannon.

De la même façon que les années précédentes, l'indice de diversité de lac d'Aiguebelette est stable, oscillant autour de 1,5. 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 ⁻¹	ultra-oligotrophe
5	5–8 µg.L ⁻¹	oligotrophe
4	8–15 µg.L ⁻¹	oligo-mesotrophe
3	15–30 µg.L ⁻¹	méso/faiblement eutrophe
2	30–60 µg.L ⁻¹	eutrophe
1	>60 µg.L ⁻¹	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.

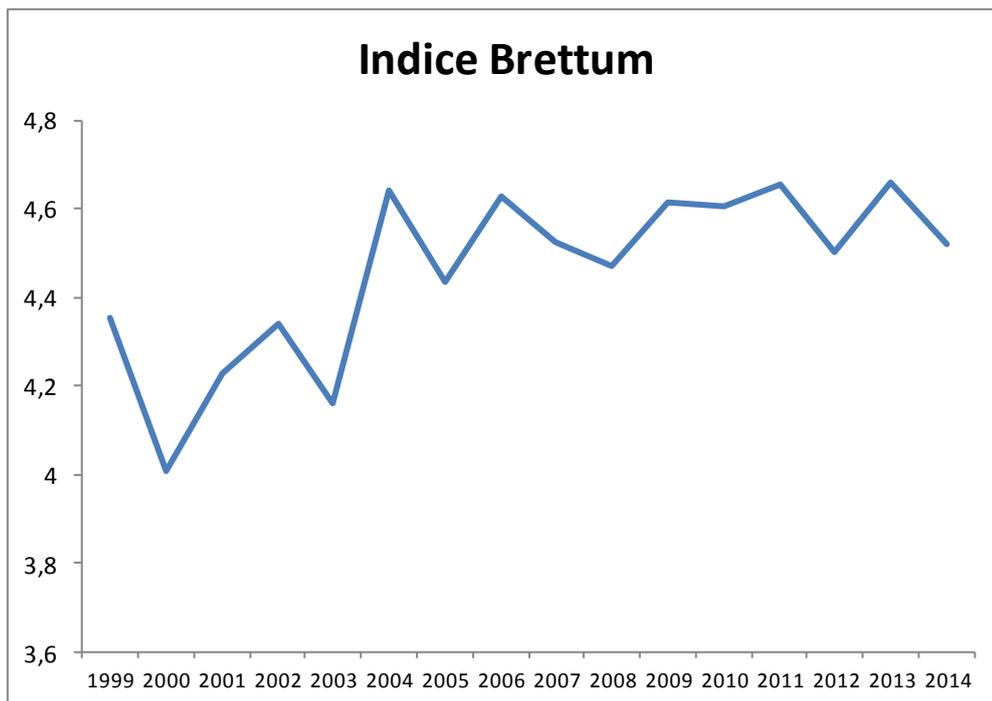


Figure 6 : Evolution de l'indice de Brettum

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.

4 Conclusions

La dynamique saisonnière de l'année 2014 suit un schéma classique de successions phytoplanctoniques : tout d'abord, pendant la phase hivernale et printanière de début d'année, le compartiment est dominé par une petite diatomée centrique indicatrice de milieux brassés et en cours de ré-oligotrophisation. Lorsque la masse d'eau commence à se stratifier et que la concentration en silice diminue, sa biomasse va diminuer et elle va laisser la place, pendant la fin de la phase printanière et pendant la phase estivale, à des Chrysophycées mixotrophes (*Dinobryon* spp.), électives de milieux pauvres en nutriments. En fin d'été, la biomasse de ces Chrysophycées diminue, au profit d'une Chlorophycée filamenteuse (*Plankotnema lauterbornii*). Cette espèce apparaît tous les ans, plutôt en début d'automne. Son apparition plus précoce est probablement à mettre en relation avec la météo relativement froide et pluvieuse de l'été 2014. Cette espèce filamenteuse est accompagnée par des cyanobactéries coloniales non toxiques (*Aphanocapsa* spp. et *Chroococcus limneticus*). La biomasse du phytoplancton atteint le maximum de l'année en septembre. Puis, la biomasse algale diminue fortement à partir du mois de novembre jusqu'en fin d'année.

L'évolution interannuelle montre que depuis 2008, les biomasses du lac d'Aiguebelette sont faibles et proches du Grand Lac d'Annecy qui est oligotrophe. Les classes algales dominant le lac d'Aiguebelette sont indicatrices d'un milieu pauvre en nutriments. Ceci est confirmé par les valeurs de l'indice de Brettum (calculé sur la composition en espèce du phytoplancton) qui évalue le niveau trophique du lac : le lac d'Aiguebelette présente une cinétique inter-annuelle d'oligotrophisation. Le lac d'Aiguebelette est classé en méso-oligotrophe selon l'indice de Brettum.

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
- Bourrelly P. (1972) Les Algues d'eau douce, Tome I: Les Algues vertes, N. Boubée & Cie edn.
- Bourrelly P. (1981) Les Algues d'eau douce, Tome II: Les Algues jaunes et brunes, N. Boubée & Cie edn.
- Bourrelly 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