



Station d'hydrobiologie lacustre
B.P. 511, F-74203 Thonon-les-Bains Cedex

LE PHYTOPLANCTON DU LAC D'AIGUEBELETTE (SAVOIE) ANNEE 2010



Par

Frédéric RIMET

Ingénieur d'Etude

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

Thonon, le 15 mars 2011

F. RIMET. 2011 - Le phytoplancton du lac d'Aiguebelette (Savoie), année 2010. INRA-Thonon, Rapport 301/11, 11 p + annexe.

1 Résumé

L'évolution saisonnière du lac d'Aiguebelette pour 2010 peut se résumer par la succession de plusieurs phases phytoplanctonique. Tout d'abord une phase hivernale et printanière où le peuplement algal est dominé par *Cyclotella costei* (petite diatomée centrique) caractéristique des lacs en cours de re-oligotrophisation. Pendant cette phase, on soulignera la présence de très nombreux cristaux de calcite le 10 mars. Ensuite, la phase estivale va être dominée par une Chrysophycée coloniale (*Dinobryon divergens*) caractéristique des milieux pauvres en nutriments. On note aussi le développement modeste à cette saison d'une Chlorophycée filamenteuse (*Planctonema lauterbornii*), caractéristique du métalimnion des lacs. En fin d'année, les phases automnale et hivernale sont marquées par une baisse de la biomasse, elles sont aussi caractérisées par la présence de Cyanobactéries.

La dynamique interannuelle du lac est déterminée par une diminution progressive du niveau trophique du lac selon l'indice de Brettum basé sur la composition des communautés phytoplanctoniques. Selon cet indice le lac est méso-oligotrophe. La biomasse du compartiment algale est globalement plus faible depuis 2005 (sauf pour l'année 2007) et proche des biomasses observées dans le Grand Lac d'Annecy.

2 Introduction

Le compartiment phytoplanctonique du lac d'Aiguebelette a fait l'objet d'un suivi durant l'année 2010 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 (1989), modifié par Wolfram et al. (2007), Wolfram and Dokulil (2007) sont présentés.

2 Matériel et méthodes d'étude du phytoplancton

En 2010, 21 campagnes de prélèvement ont été effectuées dans le Lac d'Aiguebelette. Le phytoplancton étudié a été récolté de janvier à décembre 2010 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 coté 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 par Druart and 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 ($\mu\text{g/L}$).

21 campagnes ont été réalisées en 2010 dans le lac d'Aiguebelette aux dates suivantes : 18/01, 16/02, 10/03, 24/03, 06/04, 20/04, 03/05, 10/05, 17/05, 03/06, 21/06, 21/07, 26/07, 18/08, 23/08, 31/08, 14/09, 29/09, 18/10, 17/11, 16/12

3 Résultats

a. Evolution saisonnière de l'année 2010

i. Evolution des classes d'algues

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

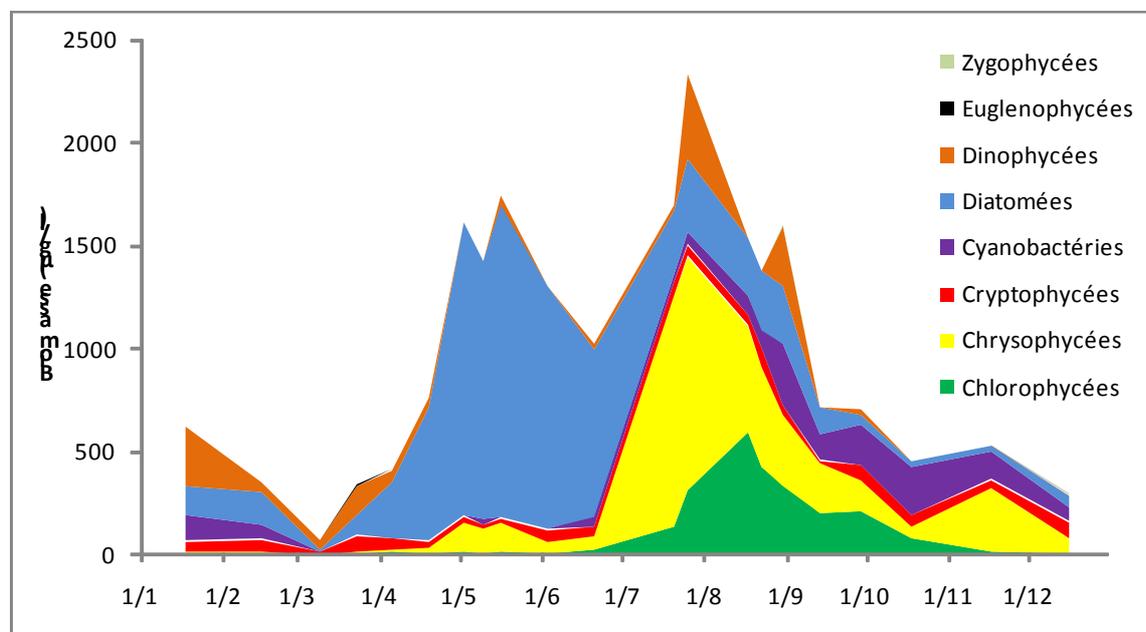


Figure 1 : Variations saisonnières de la biomasse du phytoplancton par classes algales en 2010.

Cinq phases peuvent-être décrites pour l'année 2010 :

- Une phase hivernale avec de faibles biomasses (du 18/1 au 6/4), il est à noter que le 10/03 est caractérisé par de très faibles biomasses algales ; l'échantillon présentait de très nombreux cristaux provenant de précipitations de calcite dans le lac.
- Un pic printanier largement dominé par les diatomées centriques (du 20/4 au 17/5) ; la biomasse augmente fortement pendant cette période.
- La biomasse baisse autour de la fin juin, il est possible qu'une phase des eaux claires soit apparue à cette période (les phases des eaux claires s'étalent souvent sur de courtes périodes et il est donc possible que les prélèvements ne correspondent pas exactement). Cette phase est provoquée par le développement du zooplancton qui broute le phytoplancton et qui va provoquer une réduction rapide de sa biomasse.
- Une phase estivale (21/7 au 14/9), pendant laquelle les diatomées sont remplacées par les Chrysophycées puis par les Chlorophycées. La biomasse est légèrement supérieure à celle de la phase printanière.
- Une phase automnale et hivernale ; cette phase présente une baisse progressive de la biomasse algale (du 29/9 au 16/12). Les cyanobactéries caractérisent cette phase.

ii. Evolution des espèces dominantes

La figure 2 présente la dynamique des taxons dominant la biomasse du phytoplancton pour l'année 2010 (les 6 taxons présentant la biomasse annuelle la plus élevée ont été sélectionnés).

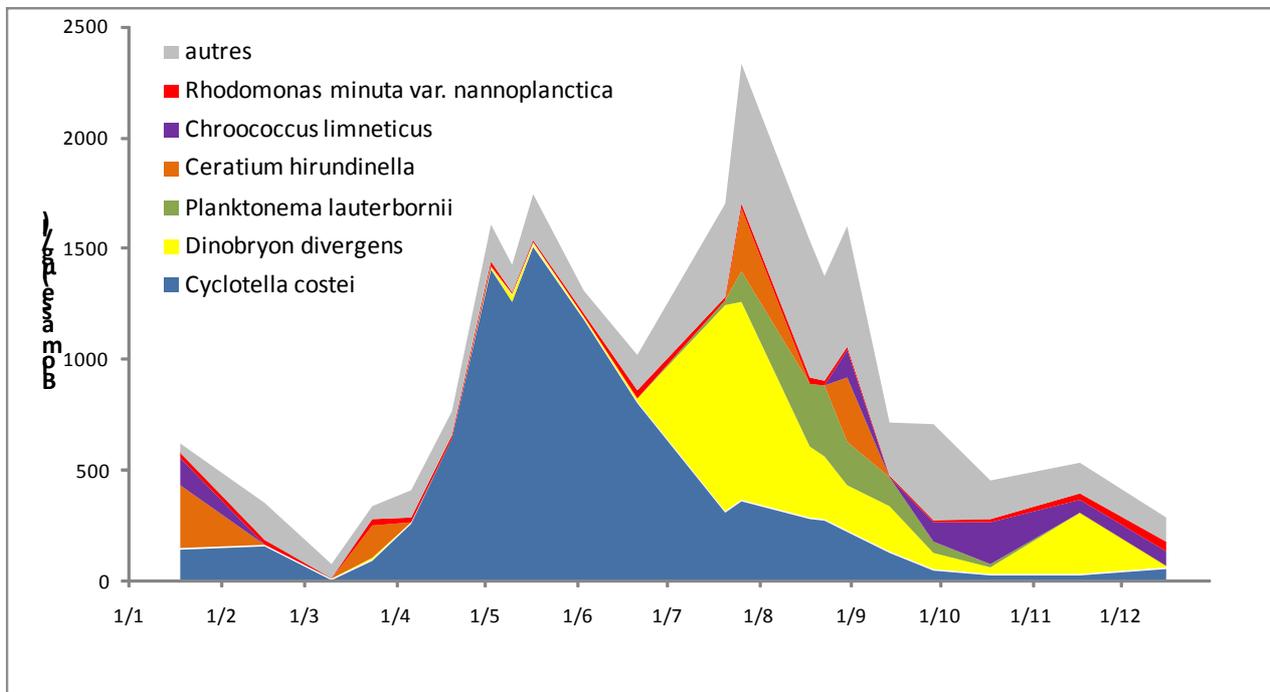


Figure 2 : Variations saisonnières de la biomasse des principaux taxons du phytoplancton en 2010.

Les 4 taxons présentés sur la figure 2 constituent plus de 75% de la biomasse annuelle totale. De la même manière qu'en 2009 la figure 2 illustre bien le phénomène de successions algales. Ces successions sont décrites ci-dessous :

En début d'année, c'est *Ceratium hirundinella* qui domine le compartiment algal. Sa proportion va diminuer fortement pour laisser la place à *Cyclotella costei*. Cette petite diatomée centrique va alors voir sa biomasse augmenter fortement jusqu'au 17/5. Il s'agit d'un taxon caractéristique de lacs en cours de ré-oligotrophisation tel que c'est le cas sur le Léman d'après Rimet *et al.* (2009). Pendant l'été, une espèce va succéder à *Cyclotella costei*, il s'agit de *Dinobryon divergens*. C'est une Chrysophycée coloniale résistant bien aux déplétions en nutriments d'après Reynolds *et al.* (2002). A partir du mois d'août, c'est *Planctonema lauterbornii*, une Chlorophycée filamenteuse qui va présenter une biomasse significativement importante. Il s'agit d'une espèce préférant les milieux relativement profonds selon la classification de Padisak *et al.* (2009). C'est le cas par exemple du métalimnion qui est une zone où les nutriments sont encore en quantité suffisante à cette période de l'année et donc qui va permettre à ce type de taxon, qui a aussi la propriété de résister aux faibles intensités lumineuses, de bien se développer.

En fin d'année, ce sont les cyanobactéries qui se développent et en particulier *Chroococcus limneticus* (et dans une moindre mesure *Anabaena spiroides*). Ce taxon est classé dans un groupe fonctionnel assez ubiquiste d'après la classification de Padisak *et al.* (2009).

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 2010.

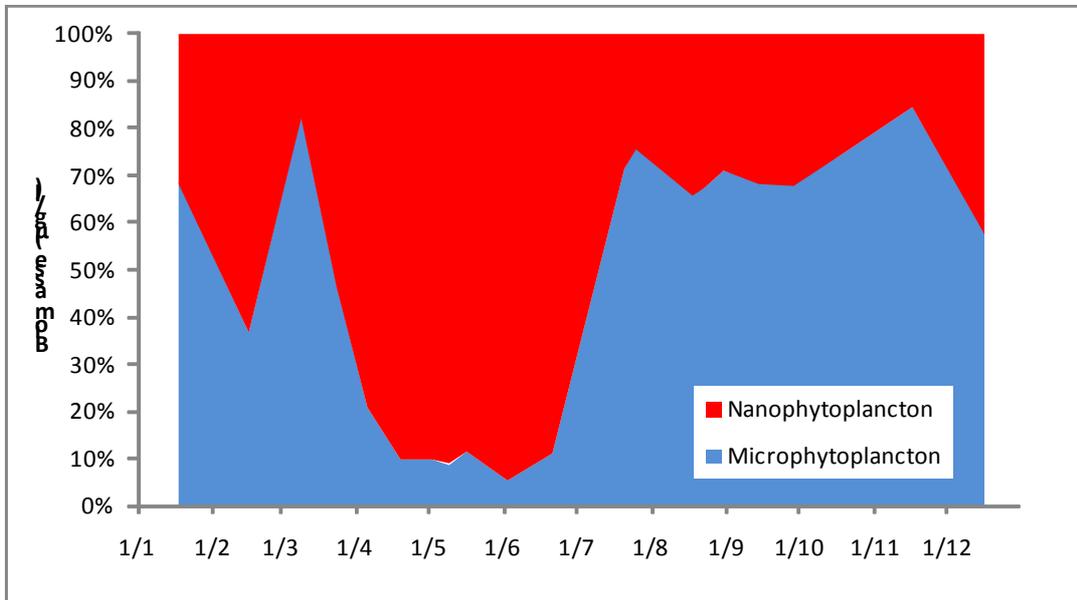


Figure 3 : Variations saisonnières de la biomasse par classes de taille en 2010.

Le début d'année est caractérisé par une proportion équilibrée entre les deux compartiments nano et microphytoplanctoniques. A partir du mois de mai et jusqu'au début du mois de juillet, c'est essentiellement le nanophytoplancton qui va représenter la biomasse algale, ceci essentiellement de part la présence de *Cyclotella costei* (petite diatomée centrique). A partir de juillet et jusqu'en fin d'année, ce sont des taxons plus gros (microphytoplancton) qui vont dominer le compartiment phytoplanctonique : *Dinobryon spp.*, *Planctonema lauterbornii*, *Ceratium hirundinella*, *Cryptomonas spp.* ...etc...

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

La figure 4 présente l'évolution interannuelle des principales classes d'algues sensu Bourrelly (1972), Bourrelly (1981) et 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

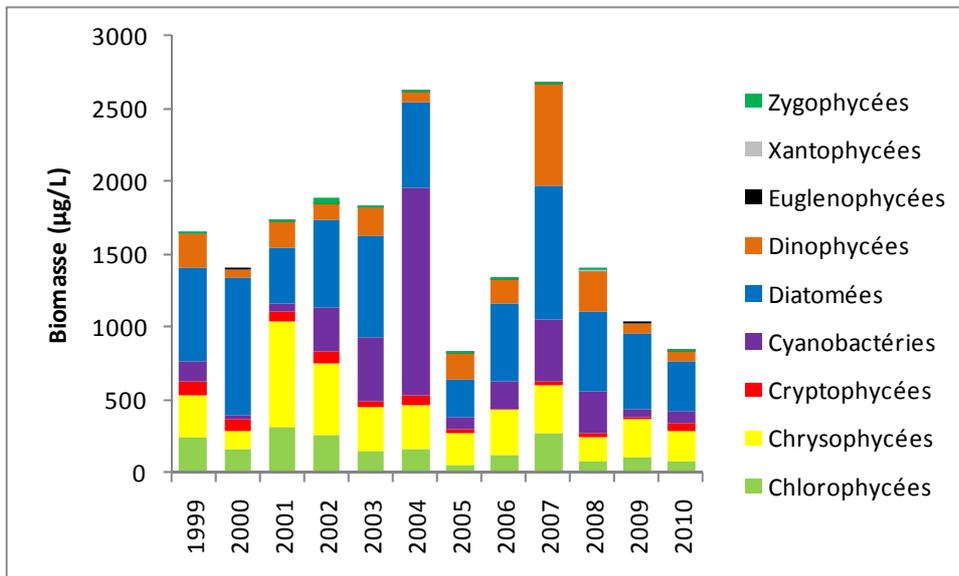


Figure 4 : Evolution interannuelle des principales classes algales (moyenne annuelle des moyennes mensuelles des biomasses).

La biomasse moyenne annuelle de l'année 2010 est du même ordre que celle de 2005, 2006, 2008 et 2009. Il s'agit même de la 2^{ème} plus faible biomasse depuis 1999 (la plus faible étant celle de l'année 2005). On remarque que la proportion en diatomées est forte, elle est proche de celle de 2009. L'année 2010 permet de confirmer l'observation faite dans le rapport de l'an dernier : on peut remarque qu'après 2005, les biomasses sont globalement plus faibles qu'avant 2005 sauf pour 2007.

ii. Evolution de la diversité

Un indice de diversité annuelle a été calculé sur la chronique 1999-2009. Pour chaque prélèvement, l'indice de Shannon (Weaver and 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 2010. 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

N_i : biomasse de l'espèce algale i

N : somme de la biomasse des espèces algales

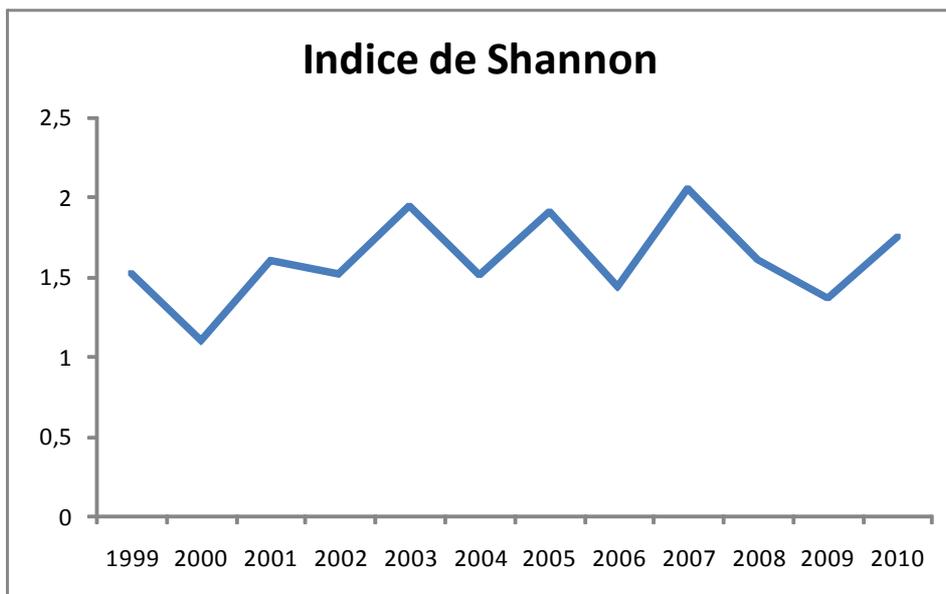


Figure 5 : Evolution interannuelle de l'indice de diversité de Shannon.

L'indice de diversité d'Aiguebelette est stable, oscillant autour de 1.5. La diversité du Lac d'Aiguebelette est plus faible que celles du Léman 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 phytoplanktonique. Une étude (Anneville and 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	$\leq 5 \mu\text{g.L}^{-1}$	ultra-oligotrophe
5	$5-8 \mu\text{g.L}^{-1}$	oligotrophe
4	$8-15 \mu\text{g.L}^{-1}$	oligo-mesotrophe
3	$15-30 \mu\text{g.L}^{-1}$	méso/faiblement eutrophe
2	$30-60 \mu\text{g.L}^{-1}$	eutrophe
1	$>60 \mu\text{g.L}^{-1}$	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.

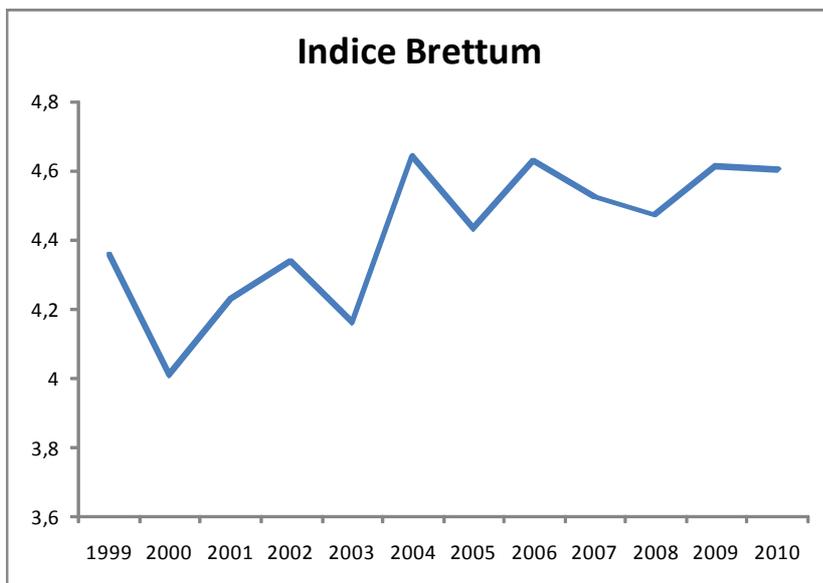


Figure 6 : Evolution de l'indice de Brettum

On observe une amélioration de la qualité du lac sur la chronique 1999-2010. L'année 2010 confirme cette amélioration, même si celle-ci n'est que de 0.5 points (sur une échelle comprenant 6 points) sur une chronique de 11 années. Le niveau trophique du lac en 2010 est identique à 2009.

4 Conclusions

La dynamique saisonnière pour l'année 2010 laisse apparaître une succession bien nette de 5 espèces. D'abord une petite diatomée centrique va se développer pendant l'hiver et le printemps (*Cyclotella costei*). Elle est ensuite remplacée par une Chrysophycée coloniale (*Dinobryon divergens*) pendant l'été. Une Chlorophycée coloniale va ensuite se développer en milieu et fin d'été (*Planctonema lauterbornii*). Pendant l'automne jusqu'en fin d'année, ce sont les Cyanobactéries (en particulier *Chroococcus limneticus*) qui vont caractériser cette période. Les taxons dominant le compartiment algal du lac d'Aiguebelette sont caractéristiques de milieux assez pauvres en nutriments.

L'évolution interannuelle indique que le lac d'Aiguebelette présente une cinétique de diminution du niveau trophique de ses eaux : l'indice de Brettum présente une augmentation globale de ses valeurs indiciaires pendant la chronique 1999-2010. Selon cet indice le lac est méso-oligotrophe. D'autre part, les biomasses du compartiment algal sont plus faibles à partir de 2005. Les deux dernières années, 2009 et 2010, présentent des biomasses faibles, comparables à celles du Grand Lac d'Annecy. Ce qui différencie cependant le lac d'Aiguebelette du lac d'Annecy, c'est la présence de Chlorophycées dans Aiguebelette, alors qu'elles en sont quasiment absentes à Annecy : les chlorophycées sont broutées préférentiellement par le zooplancton, alors que les autres taxons (diatomées, Chrysophycées, Cyanobactéries) sont faiblement nutritifs.

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. and 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*. pp. 1-572.
- Bourrelly, P. (1981) *Les Algues d'eau douce, Tome II: Les Algues jaunes et brunes*. pp. 1-517.
- Bourrelly, P. (1985) *Les Algues d'eau douce, Tome III: Les Algues bleues et rouges*. pp. 1-606.
- 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. and 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., and Dokulil, M.T. (2009) Central European water quality indices applied to long-term data from peri-alpine lakes: test and possible improvements. *Hydrobiologia* **633** (1), 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., and 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., and Melo, S. (2002) Toward a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research* **24** 417-428.
- Rimet, F., Druart, J.C., and 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.
- Weaver, W. and Shannon, C. E. The Mathematical Theory of Communication. Urbana, Illinois University of Illinois Press. 1949.
Ref Type: Report
- Wolfram, G. and 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., and Urbanic, G. Intercalibration Exercise, Technical Report + Annexes, Alpine GIG (Lakes). 2007. Vienna - Ispra.
Ref Type: Report