

La Station dispose d'un port et d'un parc de 5 embarcations, équipés pour prélever et mesurer les principaux paramètres biologiques et physico-chimiques, sur les grands lacs périalpins.

LES BATEAUX



Les campagnes de prélèvement sont mensuelles ou bi-hebdomadaires afin de s'adapter aux rythmes des saisons et donc du développement des organismes lacustres



LE MATERIEL EMBARQUE

Des sondes multiparamètres permettent de mesurer des caractéristiques de l'eau, de la surface jusqu'au fond: température, teneur en oxygène, photosynthèse, etc.



Ces systèmes, très sensibles, nécessitent des contrôles et des étalonnages fréquents.

En complément, des filets de différentes mailles permettent d'échantillonner algues et invertébrés. Des « bouteilles » spécifiques servent aussi à échantillonner l'eau à différentes profondeurs

Des campagnes spécifiques de pêche scientifique sont réalisées pour évaluer le stock de poissons et l'abondance des différentes espèces

LABORATOIRES, ANALYSES ET EXPLOITATION DES DONNÉES

Les données obtenues sont validées par les scientifiques avant d'être mises en base de données et exploitées dans des documents scientifiques et des rapports à destination des gestionnaires de lac.

Elles permettent de comprendre la sensibilité des milieux lacustres aux changements de l'environnement, de mesurer les évolutions et d'orienter des choix de restauration de milieux.

De retour au laboratoire, les échantillons sont répartis pour les différentes analyses en chimie (azote, phosphore,..) et en biologie (biodiversité du phytoplancton et du zooplancton, analyse des micro-organismes,...).



QUELLES PERSPECTIVES?

◆ Mise en place de bouées automatiques équipées et assurant des analyses in situ à haute fréquence

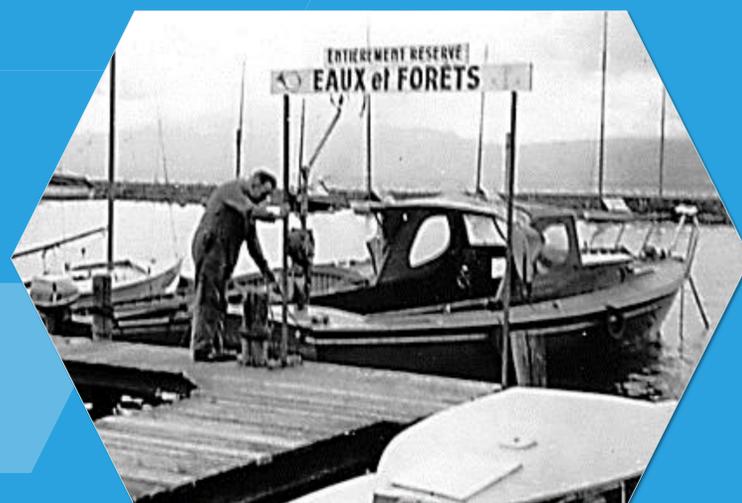


◆ Développement d'un drone aquatique, équipé de sondes

1884 Le premier établissement de pisciculture domanial voit le jour au port de Rives à Thonon-les-Bains. Sa gestion est assurée par l'Administration des Ponts et Chaussées puis celle des Eaux et Forêts. En 1919, la pisciculture s'agrandit et accueille le Laboratoire de Recherche Hydrobiologique, fondé par Louis Kreitmann (Inspecteur des Ponts & Chaussées, 1884-1939).

Les bases de la limnologie sont développées pendant la même période à Genève par F-A Forel (1841-1912) et à Thonon-les-Bains par André Delebecque (1861-1947)

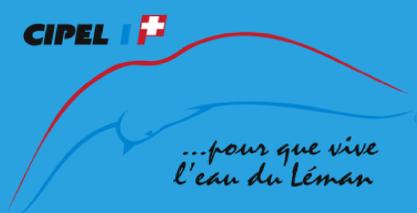
1946 Le laboratoire devient une Station d'Hydrobiologie Appliquée, dédiée aux lacs et coordonnée avec 4 autres sites en France. Elle est dirigée par Bernard Dussart (1922-2007).



*Le « professeur Léger », premier bateau équipé pour la recherche sur le Léman.
 (in Jacquet 2014)*

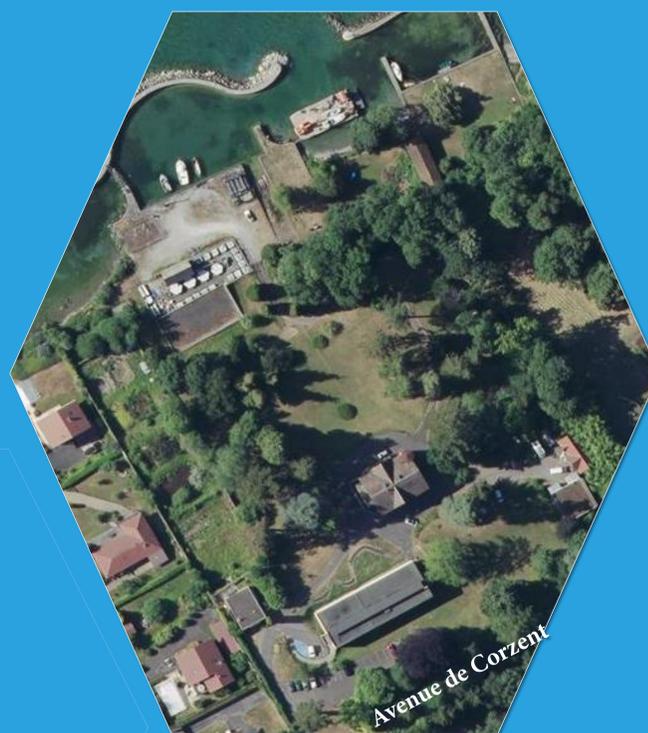
1959 La Station de Recherches Lacustres devient la **Station d'Hydrobiologie Lacustre (SHL)**

1960 Suite à la dégradation de la qualité des eaux du Léman, création de la Commission Internationale pour la Protection des Eaux du Léman entre la France et la Suisse. La CIPEL (avec d'autres gestionnaires de lacs) devient un partenaire essentiel de la SHL pour assurer l'étude et le suivi scientifique des lacs.



1968 La SHL déménage mais reste basée à Thonon-les-Bains. Elle est désormais située au 75 avenue de Corzent.

1999 Elargissement de la SHL vers le monde universitaire avec la création de l'Unité Mixte de Recherche CARTEL (Centre Alpin de Recherche sur les Réseaux Trophiques et les Ecosystèmes Limniques) entre la SHL-INRA de Thonon-les-Bains et l'Université de Savoie Mont Blanc, au Bourget du Lac.



2010 Labélisation de l'observatoire OLA (Observatoire des Lacs) et ouverture du Système d'information dédié qui contient l'ensemble des données limnologiques des lacs depuis le début des suivis, fruit du travail entamé depuis les années 1960 par l'ensemble du personnel INRA, scientifiques et techniciens.

Les laboratoires de la SHL



Vue aérienne de la SHL (GéoPortail)

Le lac du Bourget est le plus grand lac naturel profond de l'Hexagone.

Comme la plupart des écosystèmes aquatiques, il a subi au cours du 20^{ème} siècle une détérioration marquée de la qualité de ses eaux, suivie d'une restauration reconnue aujourd'hui comme un cas d'école exemplaire.



CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

D'une superficie de **44 km²**, le lac du Bourget s'étire dans un axe nord-sud sur 18 km, avec une largeur maximale de 3,5 km. Sa profondeur moyenne est de **85 m**, sa profondeur maximale de 146 m. D'une altitude de **232 m**, il est bordé : à l'ouest par la Chaîne de l'Épine et la Dent du Chat, à l'est par le Mont Revard et le Massif des Bauges. Son bassin versant de **560 km²** est occupé par la ville thermale d'Aix-les-Bains, qui le borde sur sa rive est, et plus au sud, par la ville de Chambéry.

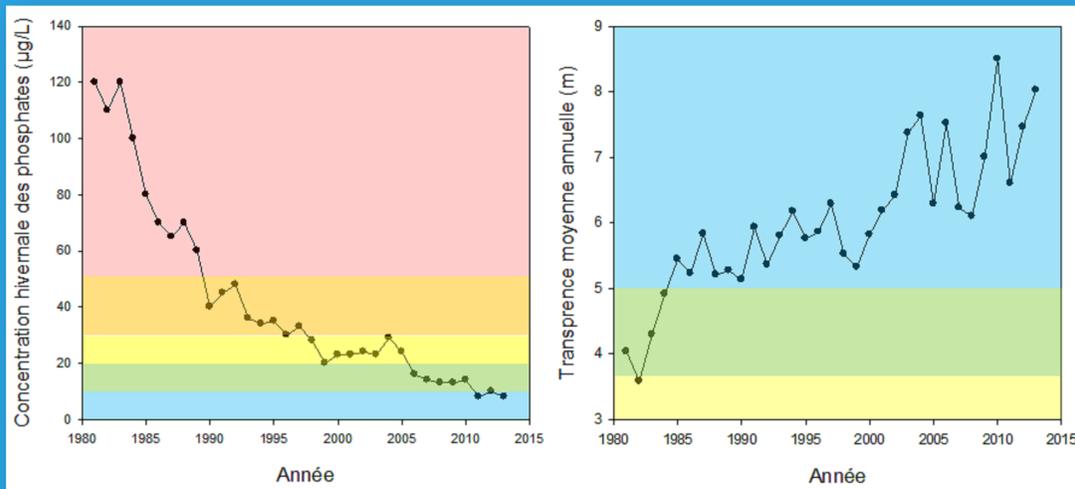


Figure 1: Evolution des concentrations hivernales moyennes en phosphates et de la transparence moyenne annuelle au milieu du lac.

Les couleurs symbolisent la qualité des eaux associée à ces deux paramètres : du rouge (très mauvaise) au bleu (excellente).

EVOLUTION PHYSICOCHIMIQUE

Entre 1970 et aujourd'hui, le lac a progressivement changé de statut, passant de conditions dites eutrophes (riches en phosphore) à oligo-mésotrophe (correspondant à des conditions plus faibles à modérées). En effet, la mise en service en 1980, d'une galerie percée dans la Montagne du Chat afin de rejeter dans le Rhône toutes les eaux urbaines traitées par les stations d'épuration du Bourget du lac, d'Aix-les-Bains et de Chambéry, a parfaitement joué son rôle. Depuis, la construction ou la modernisation de nouvelles stations d'épuration sur le bassin versant ont considérablement réduit les apports en phosphore au lac. La Figure 1 résume, à l'aide de deux descripteurs simples, l'efficacité des mesures prises: la baisse immédiate et continue des phosphates dans l'ensemble de la colonne d'eau et l'augmentation régulière et marquée de la transparence des eaux, conséquence de la diminution de la biomasse phytoplanctonique des eaux de surface.

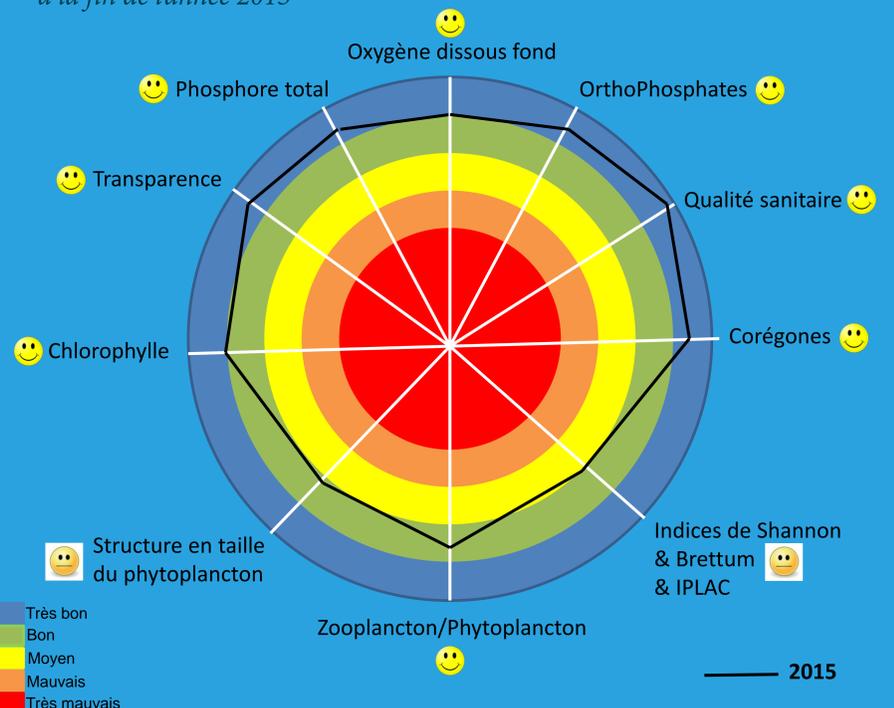
EVOLUTION BIO-ECOLOGIQUE

Un changement important s'est opéré depuis la fin de l'année 2009 avec la disparition des blooms de la cyanobactérie *Planktothrix rubescens*, majoritairement grâce à la baisse importante et continue de phosphore de ces dernières années. La forte diminution de la biomasse phytoplanctonique et l'augmentation significative de la proportion des petites formes phytoplanctoniques (le picoplancton) au cours des années récentes soulignent une nouvelle étape dans la progression de l'amélioration de la qualité des eaux. Le retour remarqué du lavaret (*Coregonus lavaretus*) depuis 2009 tend également à confirmer que l'amélioration de la qualité des eaux se poursuit et se répercute donc jusqu'au sommet de la chaîne alimentaire du lac.

Le lac du Bourget est en passe de devenir oligotrophe. Cela n'exclue pas néanmoins qu'il puisse rester le lieu du développement périodique de certaines espèces planctoniques indésirables comme cela fut le cas lors de l'été 2014 avec *Microcystis aeruginosa*, en réponse à une conjonction de facteurs (notamment de nature climatique) et au fait que les sédiments sont encore loin d'avoir la qualité des eaux sus-jacentes (car hébergeant toujours de fortes quantités de phosphore et servant aussi potentiellement de refuge à des espèces susceptibles de proliférer occasionnellement). En 2016, *P. rubescens* a ainsi été retrouvé...



Visuel synoptique de l'état de santé du lac du Bourget à la fin de l'année 2015



PERSPECTIVES

La vigilance reste de mise : le suivi environnemental du lac reste un enjeu crucial pour continuer à protéger l'un des plus beaux lacs naturels français.

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

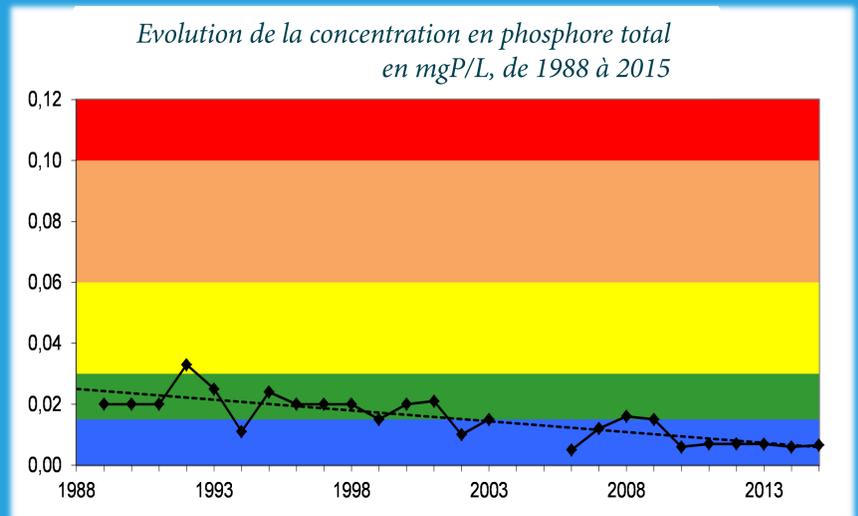
Le lac d'Aiguebelette et une partie de son bassin versant ont été classés en 2015 en Réserve Naturelle Régionale (RNR) soulignant le caractère exceptionnel de ce lac. Située à une altitude de 374 m, ce lac est le plus petit lac suivi dans l'Observatoire OLA, mis à part évidemment les lacs d'altitudes. En effet d'une superficie de 540 ha il est environ 5 fois plus petit que le lac d'Annecy et 9 fois plus petit que celui du Bourget, mais c'est un lac profond, avec une profondeur maximale de 70 m.



Vue du lac d'Aiguebelette depuis le Mont Grêle Jean- (Pierre Couffinhall - Wikipedia)

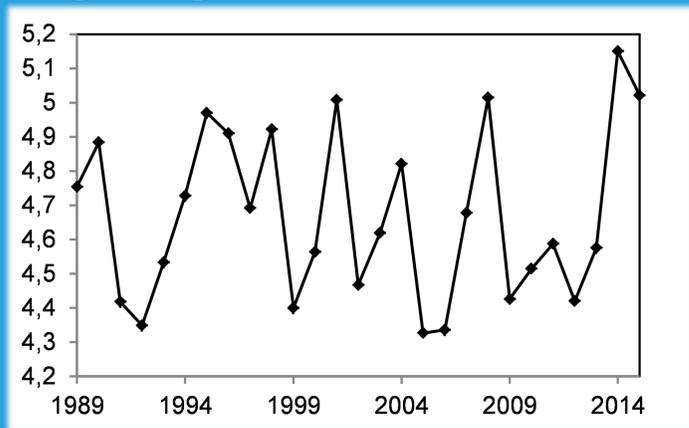
EVOLUTION PHYSICOCHIMIQUE

Principal facteur d'eutrophisation, les concentrations en phosphore total mesurées durant la phase hivernale sont faibles et en baisse depuis 1992. Elles situent le lac dans la classe de qualité qualifiée de très bonne depuis les années 2000. Comme Annecy, ce lac n'a jamais connu d'épisode d'eutrophisation: les valeurs actuelles de ces deux lacs sont d'ailleurs proches.



Source graphique : Cellule technique du lac du Bourget. Rapport de suivi du lac d'Aiguebelette 2015

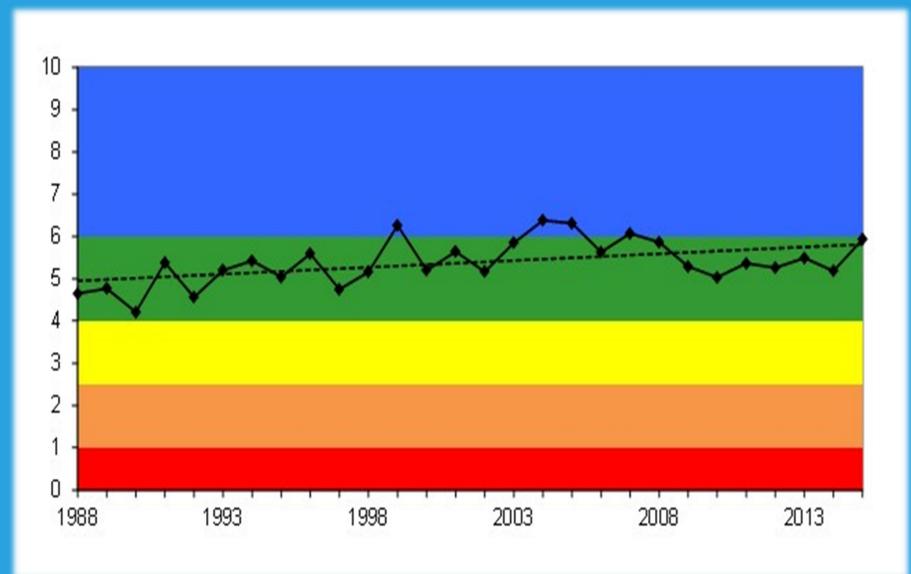
A 60 mètres, les températures oscillent entre 4,3 degrés et 5,2 selon les années, fonction de la rigueur de l'hiver (intensité et durée) et sans que l'on puisse déceler de tendance d'évolution.



Evolution des températures moyennes annuelles en °C à 60 mètres de profondeur, de 1988 à 2015

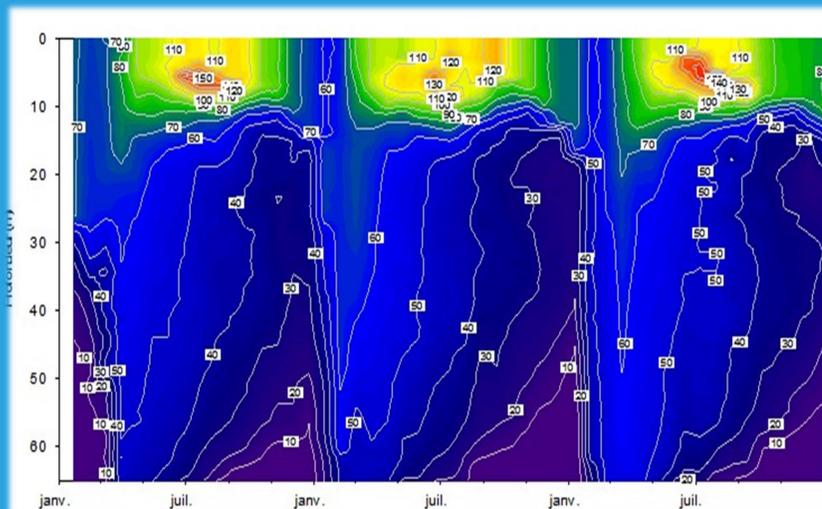
EVOLUTION BIO-ECOLOGIQUE

La transparence, paramètre dépendant de l'abondance phytoplanctonique, et mesurée à l'aide du disque de Secchi est stable. On note une faible augmentation de la transparence moyenne annuelle, qui se situe au niveau de la classe de qualité "bonne".



Evolution de la classe de qualité de l'eau en fonction de la transparence moyenne annuelle (m) mesurée avec le disque de Secchi de 1988 à 2015

Les variations inter annuelles de l'oxygène dissous dépendent beaucoup des conditions météorologiques hivernales qui ne permettent pas toujours un mélange total jusque dans les couches profondes. En 2015 et 2014, la réoxygénation est plus importante que celles des années précédentes, mais les couches les plus profondes présentent un déficit durant une grande partie de l'année.



Evolution de la saturation en oxygène dissous (%) de 2013 à 2015

PERSPECTIVES

Ce lac au caractère exceptionnel a été suivi par la CCLA et le CISALB depuis la fin des années 1980. Grâce à la collaboration avec ces partenaires, les données historiques ont pu être intégrées dans l'Observatoire des Lacs : le suivi est maintenant assuré par la SHL afin de pérenniser les suivis et surveiller l'évolution de la qualité de ces eaux.

Situés en tête de bassin versant, souvent à plus de 2000m, les lacs d'altitude des Alpes sont une ressource d'eau et ont de fortes valeurs écologique et patrimoniale.

POURQUOI DES SUIVIS OBSERVATOIRES SUR CES LACS ?

Malgré une anthropisation directe souvent limitée faisant de ces milieux des sites de référence, ils sont affectés par un certain nombre de changements et perturbations potentielles en lien par exemple avec des dépôts atmosphériques (azote, PCB) ou des actions de gestion par l'homme (introduction de poissons), la présence d'espèces nouvelles/invasives etc.



Lac d'Anterne



Lac de Pormenaz

Lac Cornu



LES OBJECTIFS DES SUIVIS SONT :

- (1) d'évaluer l'état écologique de ces systèmes;
- (2) d'identifier les dynamiques naturelles et les facteurs (locaux et globaux) responsables de changements écologiques, pour in fine ajuster les pratiques locales et les usages dans un objectif de durabilité.

UN SUIVI ALLÉGÉ POUR CES MILIEUX PEU ACCESSIBLES

5 lacs des réserves naturelles de Haute Savoie sont suivis depuis plus de 10 ans en partenariat avec ASTERS : Brévent, Anterne, Cornu, Pormenaz et Jovet, Un suivi allégé annuel est organisé avec l'appui des gardes des réserves afin de réaliser des mesures physiques (température notamment), chimiques (C, N, P, Si) et de collecter des échantillons d'eau visant à caractériser la diversité biologique.



Lac Jovet

Lac du Brévent



QUELQUES CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES

| | Lac du Brévent | Lac Cornu | Lac de Pomenaz | Grand lac Jovet | Lac d'Antenne |
|--------------------------|------------------|------------------|----------------|-----------------|---------------|
| Réserve naturelle | Aiguilles Rouges | Aiguilles Rouges | Passy | Contamines | Sixt-Passy |
| Altitude (m) | 2159 | 2276 | 1945 | 2173 | 2063 |
| Profondeur max Zmax (m) | 20,4 | 22 | 9,4 | 8,5 | 12,5 |
| Profondeur moyenne Z (m) | 7,9 | 10,4 | 12,8 | 4,4 | 6,6 |

QUELQUES ESPÈCES RETROUVÉES DANS CES MILIEUX À FORTES CONTRAINTES

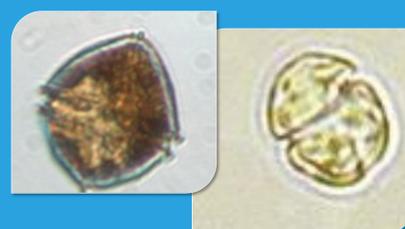


Rotifères
Polyarthra sp



Copépodes
Acanthodiatomus

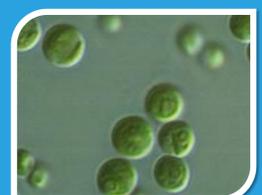
Dinophycées
Peridinium & Gymnodinium



Diatomées
Cyclotella

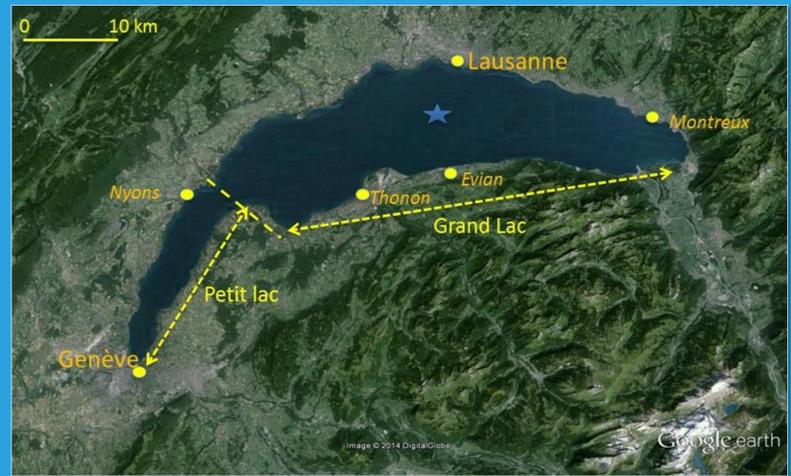


Chlorophycées
Chlorella



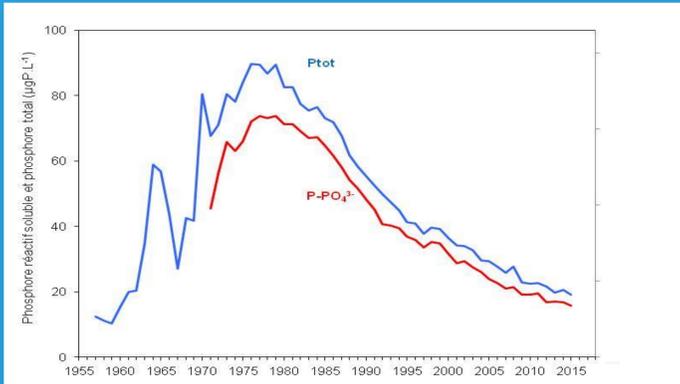
CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Le Léman est le plus grand lac d'Europe occidentale, avec une superficie de 582km², partagé entre la France et la Suisse: il appartient à l'état français pour et aux cantons de Genève, Vaud et Valais. C'est sur les rives du Léman, à Genève, que Louis Alphonse FOREL (1841-1912) a écrit les bases de la limnologie et que la SHL de l'INRA a développé ses travaux. Comme tous les lacs alpins, le Léman a subi des pressions polluantes.



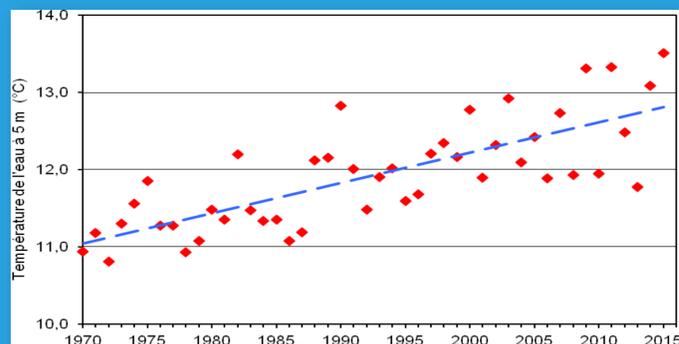
Le Léman et ses 2 sous partie. L'étoile indique le lieu où les techniciens de l'INRA se rendent régulièrement pour réaliser les prélèvements pour le suivi du lac.

Evolution des concentrations annuelles de phosphore réactif soluble et de phosphore total pour l'ensemble de la masse d'eau du lac de 1957 à 2015



EVOLUTION PHYSICO-CHEMIQUE

Depuis une cinquantaine d'année, le Léman est ausculté en détail. Plusieurs paramètres importants ont subi des évolutions notables. Le phosphore, après une phase critique vers 1970, est progressivement revenu à des valeurs basses et typiques de lac en bonne santé. Ce succès des opérations de restauration, ne doit pas masquer la nouvelle menace, liée au réchauffement climatique, qui sera beaucoup plus difficile à combattre.



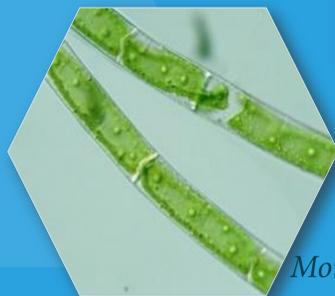
Evolution de la température moyenne annuelle de l'eau à 5 mètres de profondeur de 1970 à 2015. Ceci traduit le réchauffement du Léman.

EVOLUTION BIO-ECOLOGIQUE

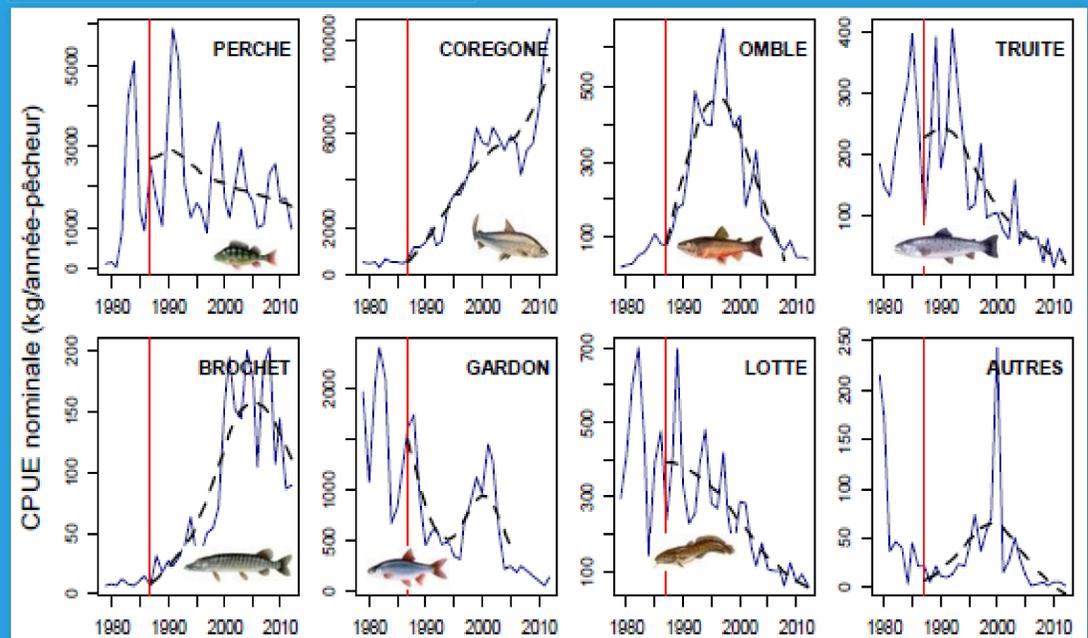
Les changements de qualité physicochimique de l'eau induisent des changements de biodiversité: algues, poissons montrent des tendances complexes et difficiles à interpréter (variations inter-annuelles très fortes, interactions entre organismes).

Par exemple, l'algue *Mougeotia gracillima* crée régulièrement des problèmes pour les pêcheurs. Le corégone (la féra) a profité de la baisse des teneurs en phosphore, et c'est une bonne nouvelle pour les pêcheurs!

L'augmentation de température de l'eau peut interagir avec la baisse du phosphore, sans que l'on sache bien en prédire les conséquences. Cette augmentation de température, si elle se poursuit, pourrait devenir fatale à l'omble chevalier.



Mougeotia gracillima



Evolution de l'abondance des principales espèces piscicoles exploitées. Ces évolutions sont liées à l'effet conjoint de la baisse des concentrations en phosphore et du changement progressif des conditions climatiques.

PERSPECTIVES

Depuis 50 ans, les actions de restauration ont permis de retrouver une qualité écologique très satisfaisante. D'autres menaces existent : réchauffement climatique, nouveaux toxiques aux effets mal connus... Les chercheurs travaillent pour comprendre les mécanismes d'effets et proposer des solutions adaptées: les mesures depuis les satellites pour étudier les développements d'algues ou des drones aquatiques pour automatiser des suivis, sont des outils intéressants.



Drone aquatique, en cours de développement et d'application (Société Spyboat et INRA).

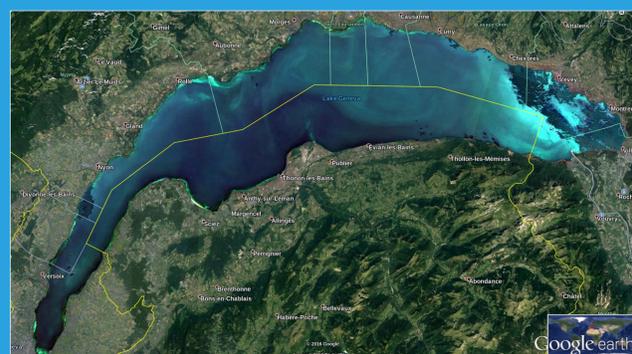


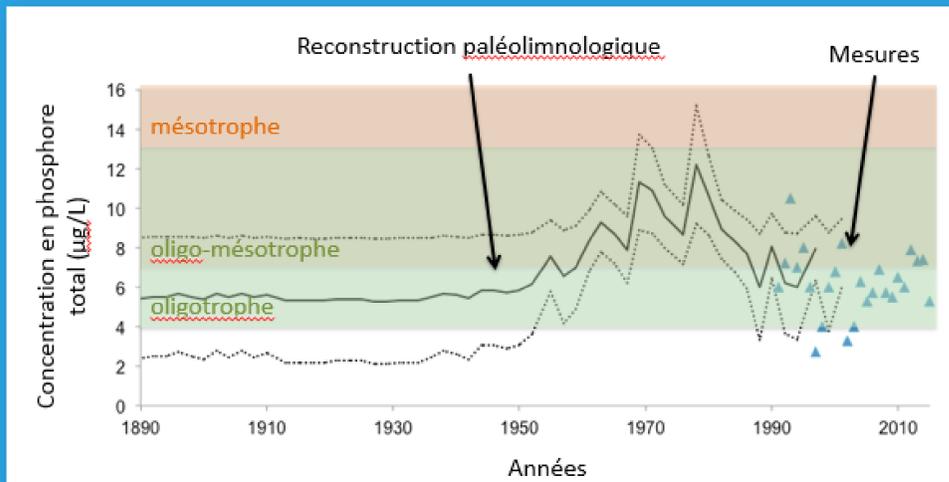
Photo satellite d'un développement de phytoplancton (en bleu vert) © Tristan HARMEL

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Le lac d'Annecy est, par sa superficie, le deuxième lac d'origine glaciaire de France. Son bassin versant est divisé entre les montagnes et la zone urbaine. Il est alimenté par sept ruisseaux et torrents, dont une puissante source sous-lacustre, le Boubioz, qui jaillit à 82 mètres, dans une fosse qui constitue le point le plus profond du lac.

Le temps de renouvellement des eaux est de l'ordre de 4 ans.

Le lac fait l'objet d'un suivi régulier depuis 1996. Initialement centrée sur les conditions physico-chimiques et planctoniques, une plus grande attention est maintenant dédiée aux communautés de poissons ainsi qu'à la faune profonde (« benthique »).



Changements historiques du statut trophique du lac d'Annecy.

EVOLUTION PHYSICO-CHEMIQUE

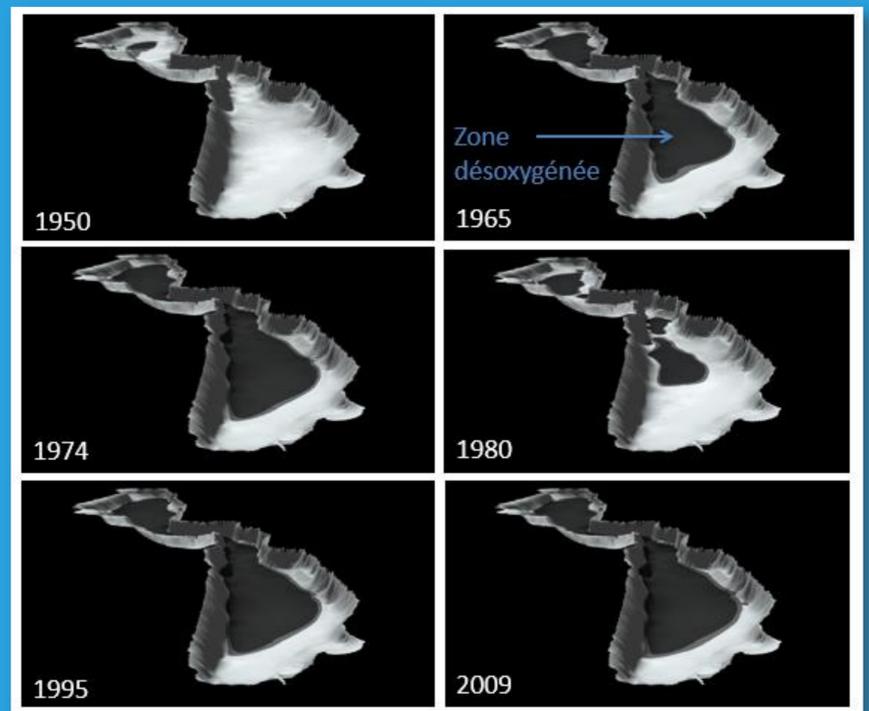
Le lac d'Annecy a subi une période précoce mais brève d'enrichissement des eaux en phosphates dans les années 1960, enrayée rapidement par la construction du canal collecteur des eaux usées en 1967, puis la mise en place de stations d'épuration. L'étude de carottes sédimentaires confirme que le lac, initialement oligotrophe, a retrouvé son statut d'antan. Tant les concentrations en nutriments que la transparence de ses eaux en font un lac de référence pour la qualité de l'eau à l'échelle nationale.

EVOLUTION BIO-ECOLOGIQUE

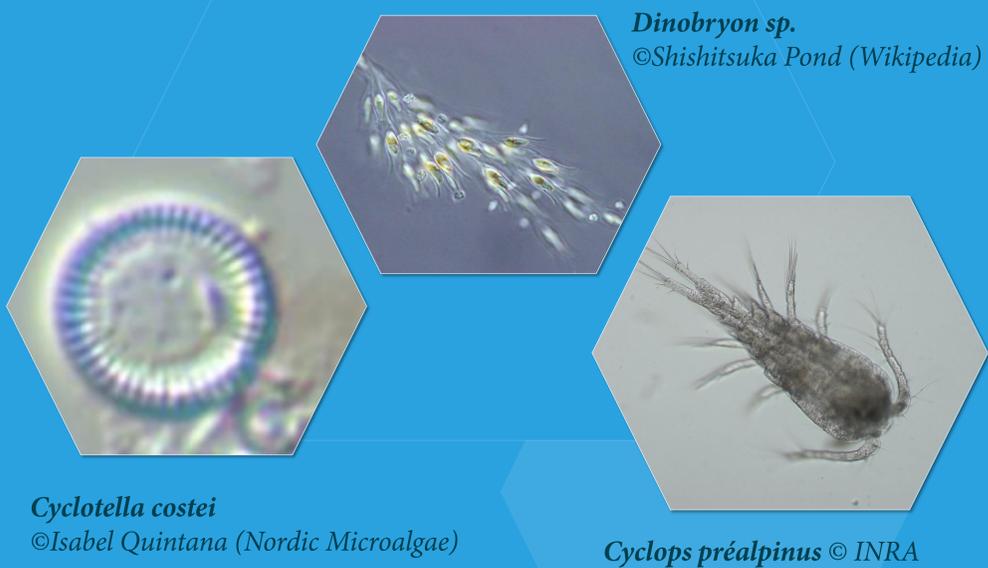
L'état écologique du lac reflète ses concentrations basses en nutriments.

Les quantités d'algues sont relativement faibles et les espèces dominantes sont typiques de milieux pauvres en nutriments, comme la *Cyclotella costei*, une diatomée centrique printanière typique du lac d'Annecy, et le genre *Dinobryon*, de la classe des chrysophycées, typique de l'été à Annecy. La composition du zooplancton, dominée par les copépodes cyclopoïdes est aussi caractéristique des lacs oligotrophes.

Seule la désoxygénation profonde, qui se produit chaque été, trahit son passé de lac mésotrophe.



Evolution de la zone désoxygénée profonde du lac d'Annecy (Courtesy: JP Jenny).



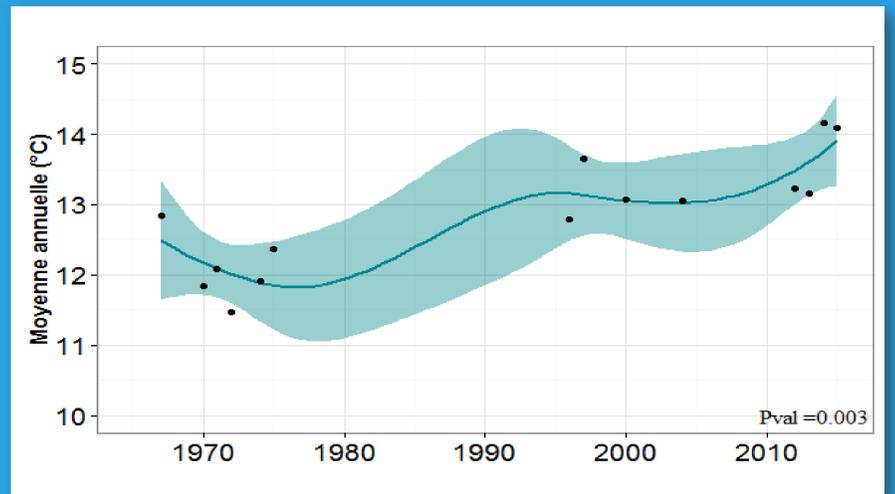
Cyclotella costei
©Isabel Quintana (Nordic Microalgae)

Dinobryon sp.
©Shishitsuka Pond (Wikipedia)

Cyclops préalpinus © INRA

PERSPECTIVES

Le lac d'Annecy est plus clair, moins profond et plus protégé des vents que ses voisins Bourget et Léman. Il est donc plus vulnérable aux effets climatiques. Ainsi, la température de surface de l'eau a augmenté de 2°C au cours des 40 dernières années. La désoxygénation profonde, produit de son héritage mésotrophe et du réchauffement des eaux, pourrait encore s'étendre dans les prochaines décennies.



Evolution des températures moyennes annuelles de la surface du lac d'Annecy.

VEGETATION LITTORALE & MACROPHYTES

Roselière du lac du Bourget
© E.BOLLARD (PNR du Massif des Bauges Savoie)



Elodée de Nuttall
Elodea nuttallii



Renoncules des Alpes
Ranunculus alpestris

AVIFAUNE



Nette rousse *Netta rufina*
© M.HAMILTON (A Red Crested Pochard in Bushy Park on Flickr - Wikipédia)



Grèbe huppé
Podiceps cristatus
© R. HOFF (Nature libre et sauvage)

POISSONS



Omble chevalier
Salvelinus alpinus



Corégone
Coregonus lavaretus
© Facarospauls

MACROINVERTEBRES

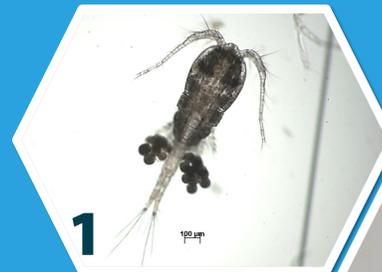


Planaire
Dugesia subtentaculata
© E.SOLA (Wikipédia)
Taille ≈ 10 mm



Aselle *Asellus aquaticus*
© Sharp Photography
Taille comprise entre 8 et 15 mm

ZOOPLANCTON



1- Copépode *Mesocyclops leuckarti*,
Taille ≈ 1 mm



2-Cladocère *Bosmina longirostris*,
Taille ≈ 0,5 mm



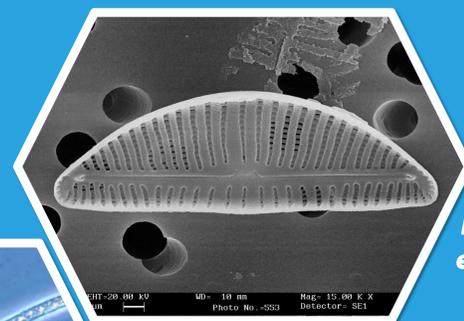
3- Crustacé de la famille Daphniidae
Taille comprise entre 0,2 et 5 mm

PHYTOPLANCTON



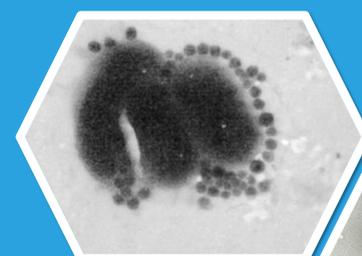
Cyanobactérie coloniale toxique
Microcystis aeruginosa (droite) et efflorescence (haut)
Taille colonie ≈ 3 µm

Cyanobactérie
Planktothrix rubescens
Longueur jusqu'à 4 mm



Diatomée *Encyonema silesiacum*,
espèce très commune dans les lacs d'altitude des Alpes
Taille comprise entre 15 et 45 µm

VIRUS & BACTERIES



Bactéries et phage associés tels qu'on peut les observer en milieu naturel
Bactérie de l'ordre du µm/Virus de l'ordre du nm

