

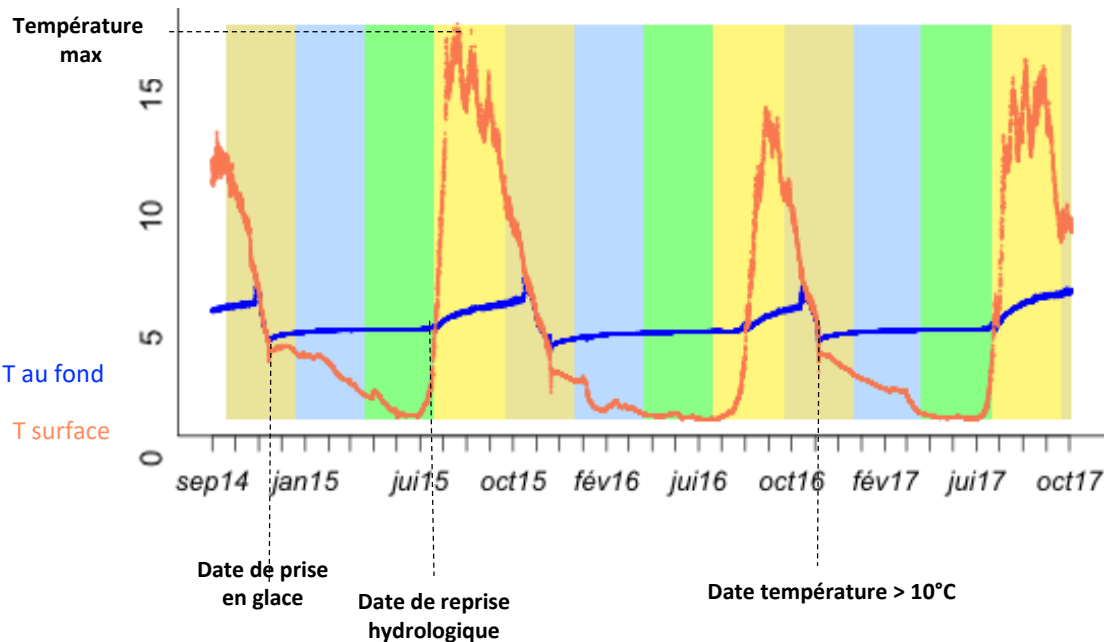
Grille de lecture

1. Mesures en haute-fréquence

Régime thermique

La température est un paramètre essentiel qui conditionne les fonctionnements chimiques et biologiques des lacs. Sa mesure en continu est réalisée grâce à des capteurs appelés thermistors, placés à différentes profondeurs, qui enregistrent la température de l'eau à des intervalles de temps courts et réguliers (entre 15 minutes et 4h selon les lacs). Elle permet de définir le régime thermique du lac sur chaque année de mesure. Pour cela, 4 paramètres ont été choisis :

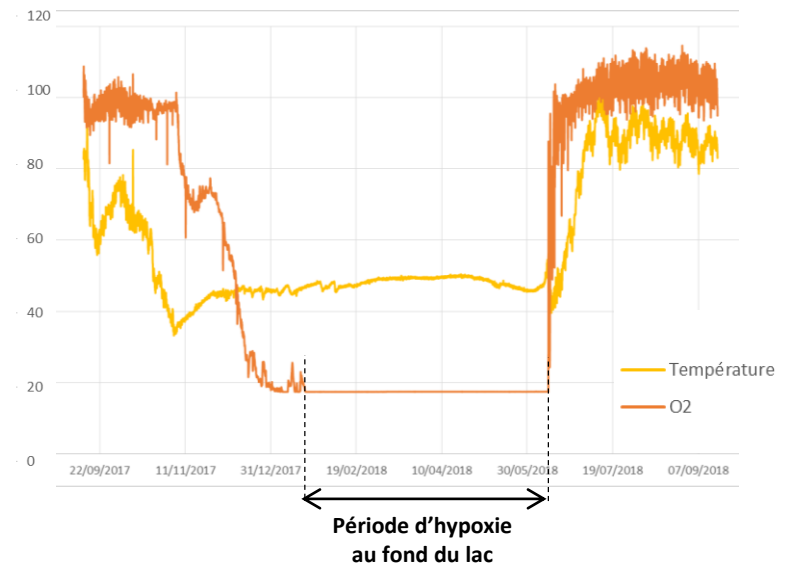
- la date de prise en glace : jour à partir duquel l'amplitude thermique journalière de surface est inférieure à 0.25°C pendant 14 jours consécutifs ;
- la date de reprise hydrologique : jour à partir duquel l'amplitude thermique journalière de surface est supérieure à 0.1°C pendant 14 jours consécutifs ;
- la date à laquelle la température de surface dépasse le seuil arbitraire de 10°C, auquel l'activité biologique est susceptible d'augmenter ;
- la température maximale atteinte en surface



Saturation en oxygène dissous

L'oxygène dissous dans l'eau est indispensable à la respiration des organismes aquatiques. La saturation en oxygène dissous correspond au ratio entre la concentration d'O₂ de l'eau et celle de l'air au niveau de la mer. La mesure en continu de la saturation en oxygène est réalisée grâce à des capteurs placés à différentes profondeurs, qui enregistrent la concentration en oxygène dissous dans l'eau à des intervalles de temps courts et réguliers (entre 15 minutes et 1h selon les lacs). Elle permet de définir la dynamique d'oxygénation du lac sur l'année.

La couche est dite hypoxique si la concentration en oxygène dissous est inférieure à 20% et anoxique si elle est inférieure à 5%. Dans les couches anoxiques, les processus de décomposition sont essentiellement assurés par les bactéries, conduisant au recyclage d'éléments minéraux et potentiellement à la production de méthane (CH₄).



2. Sonde multi-paramètres – mesures ponctuelles réalisées lors de la campagne automnale

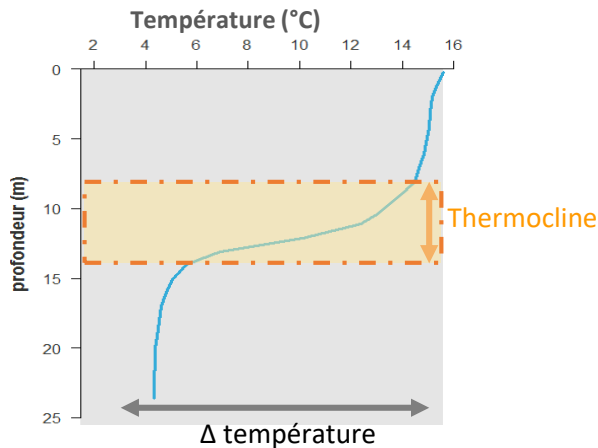
La sonde multiparamètres est un appareil utilisé pour mesurer la profondeur, la température, le pH, la conductivité spécifique, la saturation en oxygène dissous et le taux de chlorophylle a (ce dernier étant optionnel) le long de la colonne d'eau.

Dans les fiches, les valeurs obtenues pour l'année sont en couleur et celles des années précédentes en noir.

Profil de température

Les données issues des profils peuvent être comparées selon 4 paramètres :

- la température de surface ;
- la température au fond du lac ;
- le Δ température (différence entre la température de surface et la température au fond), qui nous renseigne sur la stabilité de la colonne d'eau ;
- la profondeur de la thermocline (zone de transition thermique entre 2 couches de températures différentes).



La thermocline est bien visible sur les lacs stratifiés mais n'apparaît pas sur certains profils de sonde.

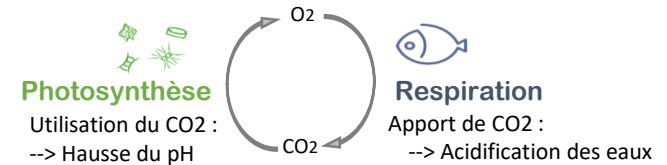
Elle est définie physiquement par une diminution de la température d'au moins 1°C par mètre.

N.B. : Pour une analyse synthétique, nous considérerons que le lac est brassé si $\Delta < 5^\circ\text{C}$ et est stratifié si $\Delta > 5^\circ\text{C}$.

pH :

La valeur retenue par lac est la moyenne des valeurs mesurées par la sonde sur toute la colonne d'eau. La précision de cette mesure correspond à une décimale (par exemple : 7.4). Le pH dépend fortement de la géologie du bassin versant mais également de l'activité photosynthétique à l'échelle journalière et saisonnière. La photosynthèse du phytoplancton engendre une hausse du pH alors que la respiration engendre une acidification des eaux.

Le pH peut également être modifié par des pollutions atmosphériques. La valeur de pH influence la quantité de nutriments disponibles (ex : eau acide: les sédiments relargent des orthophosphates directement disponible pour les organismes aquatiques) et de métaux lourds (ex : eau acide : le plomb contenu dans les sédiments est libéré dans l'eau).



Pic de concentration en chlorophylle-a : *

La sonde multi-paramètres permet également de connaître la profondeur du pic de concentration en chlorophylle-a, correspondant au pic de production primaire dans la colonne d'eau.

Zone euphotique :

La zone euphotique est calculée à partir de la mesure de la transparence de l'eau avec le disque de Secchi :

$$\text{zone euphotique} = 2.5 \times \text{profondeur du Secchi.}$$

Elle correspond à la couche supérieure du lac où la pénétration de la lumière est suffisante pour permettre une activité photosynthétique. Dans certains lacs, la zone euphotique dépasse la profondeur du lac. Cela signifie qu'il y a potentiellement une activité de production primaire par les organismes phototrophes dans toute la colonne d'eau.

Conductivité spécifique :

La mesure de la conductivité renseigne sur la minéralisation du lac. Elle dépend donc majoritairement de la géologie du bassin versant. Par exemple :

Roche calcaire -> eau riche en minéraux

Roche granitique -> eau peu minéralisée

Mais la conductivité est également liée à l'activité biologique: la production primaire réduit la minéralisation car elle transforme la matière minérale en matière organique.

La valeur retenue correspond à la conductivité ramenée à une eau à 20°C, c'est la moyenne des valeurs de conductivité spécifique mesurées par la sonde sur toute la colonne d'eau.

Concentration en oxygène dissous :

L'oxygène dissous en concentration suffisante est essentiel pour la respiration des organismes. La concentration en O₂ dissous dépend des échanges eau-air et de l'intensité de la photosynthèse. Cette mesure dépend donc fortement du moment de mesure dans la journée.

Le profil de sonde permet d'observer la saturation en oxygène dans la colonne d'eau. Il permet de déterminer si des zones hypoxique ou anoxique sont présentes. Il permet également de calculer le delta d'oxygène (concentration en O₂ dissous en surface – concentration en O₂ dissous en profondeur). Une valeur de delta élevée est généralement associée à une stratification thermique marquée.

Dans certains cas, la concentration en oxygène dissous est très faible au fond du lac, cela peut aller jusqu'à une couche totalement privée d'oxygène devenant inutilisable par les macro-organismes (poisson, macro-invertébrés...), essentiellement le siège de processus microbiens.

3. Analyse d'échantillons prélevés

Chimie de l'eau :

Six échantillons d'eau de 1L sont prélevés dans l'ensemble de la zone euphotique puis mélangés. Au fond du lac, un prélèvement d'eau de 1L est effectué. Les deux prélèvements sont ensuite analysés en laboratoire pour déterminer la conductivité spécifique, le pH, le titre alcalimétrique complet, ainsi que les concentrations en éléments chimiques suivants : chlorophylle a, carbone organique total, azote total, azote nitrique, azote ammoniacal, azote nitreux, silice réactive, calcium, magnésium, sodium, potassium, chlorures, sulfates, phosphore total et ortho-phosphates (voir analyses page suivante).

Concentration en chlorophylle a :

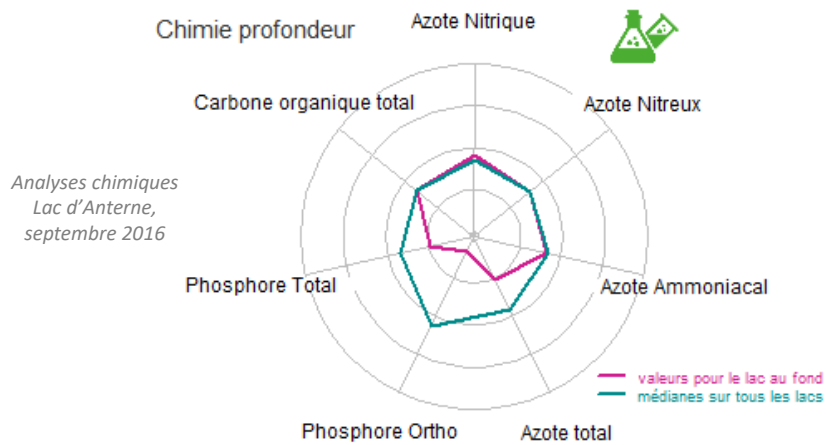
La chlorophylle est un indicateur de la biomasse phytoplanctonique du lac, et donc de sa productivité primaire. Son excès peut être le signe d'un apport trop important en matière nutritive et d'une eutrophisation du milieu. Les échantillons d'eau destinés à la mesure de la concentration en chlorophylle a sont prélevés dans la zone euphotique.

Plancton :

Le plancton correspond à l'ensemble des organismes aquatiques qui vivent en suspension dans la colonne d'eau et se déplacent passivement au gré des courants. Pour le phytoplancton (organismes végétaux) et le zooplancton (animaux) prélevés dans la zone euphotique, 4 paramètres sont comparés entre les lacs :

- la richesse spécifique, qui correspond au nombre de taxons déterminés dans l'échantillon ;
- l'abondance, correspondant au nombre total d'individus observés dans l'échantillon par m² ;
- l'indice de Shannon (H') : il s'agit d'un indice de diversité spécifique basé sur la richesse taxonomique et la proportion relative de chaque taxon. Plus H' est grand, plus la diversité est importante. H' = 0 signifie qu'une seule espèce est présente.
- l'équitabilité de Pielou (E) : il s'agit du rapport de la diversité de Shannon et la diversité maximale potentielle. E varie entre 0 et 1 : E = 0 signifie que tous les individus sont de la même espèce ; E = 1 signifie que toutes les espèces ont la même abondance.

4. Compléments : Analyses chimiques



COT : Somme des composés organiques carbonés naturels et anthropiques. C'est un indicateur de la production biologique du milieu.

Ptot : Le phosphore total est la somme du phosphore particulaire et du phosphore dissous. Le phosphore est un élément essentiel pour la production primaire, mais à forte concentration c'est un marqueur de haut niveau trophique. C'est un paramètre qui permet de déterminer le niveau trophique du lac d'après les seuils de l'OECD.

Portho : C'est le phosphore sous sa forme dissous et biodisponible, c'est à dire sous forme d'orthophosphates : H_2PO_4 et HPO_4^- .

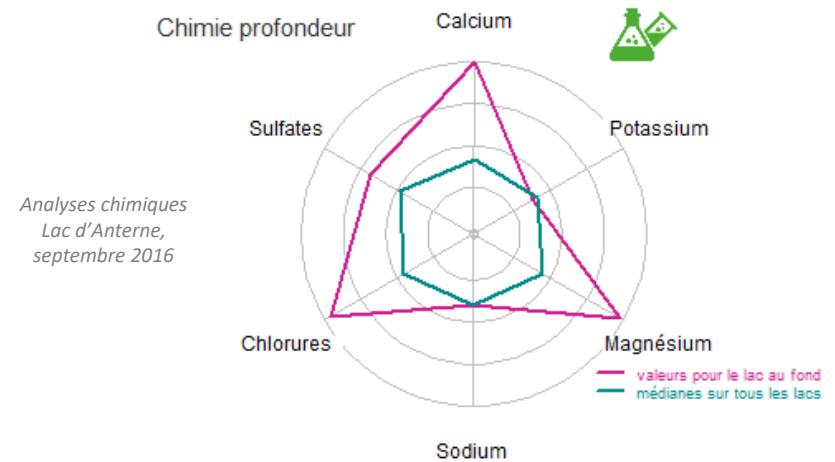
Ntot : C'est la somme des concentration en azote (NO_3 , NO_2 , NH_4 et Norganique) . Cette valeur permet d'en déduire la teneur en azote organique par différence avec les valeurs mesurées en NO_2^- , NO_3^- et NH_4^+ .

NH_4 : La présence de NH_4^+ peut venir d'une zone anoxique : la minéralisation de la matière organique naturelle produit de l'azote ammoniacal. C'est un élément toxique pour les macro-organismes (poissons, macro-invertébrés ...)

Cependant, d'autres origines sont possibles: eaux météoriques, pollution humaine. Enfin, la réduction des nitrates par des bactéries autotrophes ou par des ions ferreux peut également produire du NH_4^+ .

NO_2 : Dans un lac en « bon état » les nitrites sont très peu présents. Dans les zones anoxiques, les bactéries captent l'oxygène du NO_3 , ce qui crée du NO_2 . De fortes concentration en NO_2 sont associées à une dégradation de la qualité microbiologique d'une eau, dû à une diminution de la saturation en oxygène et sont toxique pour certains organismes vivants. D'autres origine sont néanmoins possibles : le NO_2 peut être présents en quantité importante au moment de la fonte des neiges (pollution atmosphérique par oxydes d'azote).

NO_3 : La présence de NO_3 est synonyme de pollution majoritairement d'origine atmosphérique. C'est un marqueur de l'eutrophisation car il est produit par la minéralisation de la matière organique. Le NO_3 est utilisé par les macrophytes.



SO_4 : Ces ions sont majoritairement issus de la dissolution des roches mais une fraction peut également provenir de la pollution atmosphérique.

Ca^{2+} : Élément indispensable pour les organismes lacustres. Ils proviennent essentiellement de la dissolution des roches

K^+ : Nutriments essentiels à la vie aquatique

Cl^- : Les concentrations naturelles dépendent de la géologie du bassin versant. C'est un traceur anthropique de pollution atmosphérique.

Na^+ : Nutriments essentiels à la vie aquatique

Mg^{2+} : Élément indispensable pour les organismes lacustres. Ils proviennent essentiellement de la dissolution des roches