

LIMNOLOGIE



Dr. Zeyneb BENKEBIL

Université Abou Bekr Belkaid
Tlemcen

Faculté SNV/STU

Département d'Ecologie et
Environnement

E-mail : *benkebil-zineb-
eco@hotmail.fr*

1.0

Février 2024

Table des matières

Objectifs	3
I - Limnologie Physique et Chimique	4
1. Objectifs spécifiques	4
2. Limnologie physique	4
2.1. <i>Facteurs climatiques</i>	4
2.2. <i>Courantologie</i>	6
2.3. <i>Les grandes masses d'eau</i>	7
3. Limnologie chimique	7
3.1. <i>Nature chimique des eaux</i>	7
3.2. <i>Facteurs abiotiques</i>	8
Références	12
Bibliographie	13
Webographie	14

Objectifs

Le cours de *Limnologie* vise à la :

- **Compréhension des écosystèmes aquatique continentaux** : Les étudiants devraient acquérir une compréhension approfondie des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des écosystèmes aquatiques, y compris leur formation, leur structure et leur fonctionnement.
- **Appréhension de la biodiversité aquatique** : Les étudiants devraient pouvoir identifier et comprendre la diversité des organismes vivant dans les écosystèmes aquatiques continentaux, y compris les plantes aquatiques, les invertébrés et les poissons.
- **Connaissance des processus écologiques** : Les étudiants devraient être en mesure d'expliquer les processus écologiques clés qui régissent les écosystèmes aquatiques, tels que la production primaire et la décomposition.
- **Analyse et évaluation des menaces et des pressions** : Les étudiants devraient pouvoir identifier les principales menaces et pressions qui pèsent sur les écosystèmes aquatiques continentaux, notamment la pollution et l'eutrophisation. De plus, ils devraient pouvoir appréhender les conséquences de la qualité de l'eau sur la santé humaine et l'environnement.

I Limnologie Physique et Chimique

1. Objectifs spécifiques

A la fin de ce chapitre, les étudiants devraient être en mesure de :

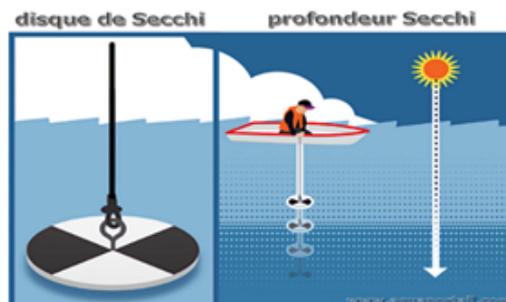
- Comprendre les principaux processus physiques qui régissent les écosystèmes aquatiques continentaux, tels que les facteurs climatiques, la courantologie, et les caractéristiques des lacs.
- Déterminer la nature chimique de l'eau et identifier les composantes non vivantes, abiotiques, qui la façonnent, comme la température, la lumière et l'oxygène dissous.
- Identifier les sources de pollution chimique dans les écosystèmes aquatiques, telles que les rejets industriels, les engrais agricoles et les déchets urbains.
- Evaluer l'impact de la pollution chimique sur la qualité de l'eau et la santé des écosystèmes aquatiques.

2. Limnologie physique

La limnologie physique étudie les propriétés et les mouvements de l'eau des lacs et des étangs (Touchart, 2002^{**}). Elle se doit d'étudier prioritairement les facteurs physiques conditionnant la masse volumique de l'eau, et qui sont représentés par **les facteurs climatiques**, **la courantologie** et **les grandes masses d'eau**.

2.1. Facteurs climatiques

A/ La luminosité : La lumière est un facteur écologique important en milieu aquatique car grâce à elle les végétaux aquatiques réalisent la photosynthèse. Les radiations lumineuses sont absorbées au fur et à mesure que la profondeur augmente. Suite à cette absorption de la lumière par l'eau, les végétaux ne se développent en milieu marin ou lacustre que dans une couche superficielle allant un peu au-delà de 100 m de profondeur (**zone euphotique**). L'éclairement est suffisant dans cette zone et la photosynthèse s'y déroule normalement. De 500 m aux plus grandes profondeurs l'obscurité est totale (**zone aphotique**). On peut y trouver des animaux mais pas des végétaux.

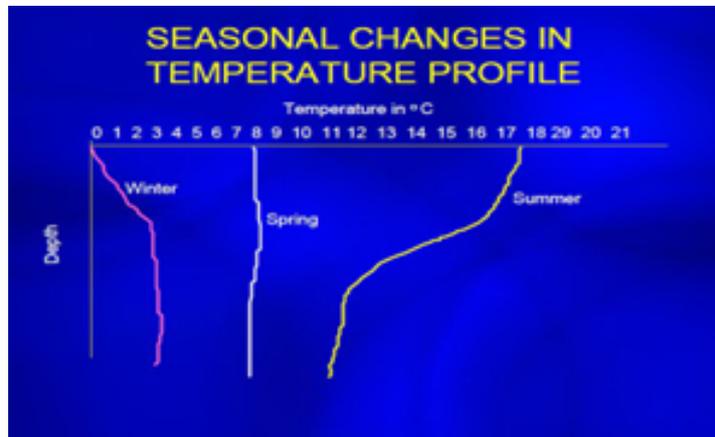


Mesure du niveau de pénétration de la lumière dans l'eau par le Sac Secchi

Dans les milieux aquatiques, la pénétration de la lumière dans l'eau peut être gênée par la présence de matières en suspension dans l'eau ainsi que la végétation aquatique qui peuvent limiter considérablement l'action du soleil.

B/ La température : La température d'un cours d'eau, ou d'un lac, dépend avant tout de la température de l'air et du rayonnement solaire.

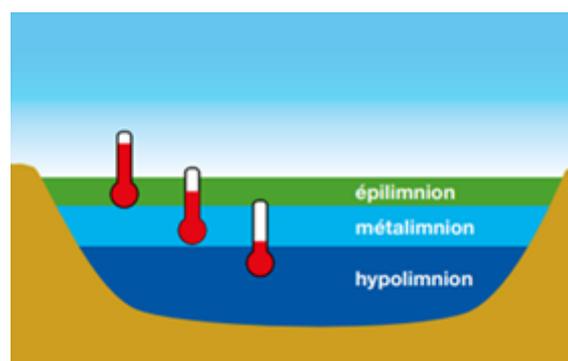
Dans les lacs et les étangs suffisamment profonds, la température augmente en hiver avec la profondeur alors qu'en été, elle décroît avec la profondeur.



Profil vertical de la température en fonction des saisons

- En saison chaude, il est alors possible de distinguer trois zones dans un lac si on considère la température « **stratification thermique** » :

- **Une zone superficielle** ou **épilimnion** : dont la température varie avec celle de l'air, et donc c'est cette couche superficielle réchauffée.
- **Une zone de transition** ou **thermocline = métalimnion** : dans laquelle la température décroît rapidement. Son épaisseur est de l'ordre de 10 à 15 mètres
- **Une zone profonde** ou **hypolimnion** : dans laquelle la température varie peu au cours de l'année. L'hypolimnion se situe en fonction des saisons en dessous de 15 à 30 mètres



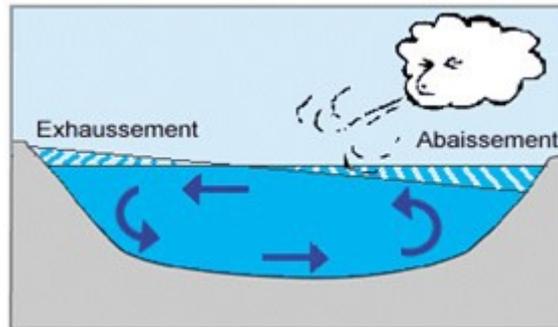
Les trois zones de la stratification thermique

Source de l'image : Le lac du Bourget*

- En saison froide, si le lac gèle, on peut observer une stratification inverse. Dans ce cas, les eaux superficielles sont plus froides que les eaux profondes.

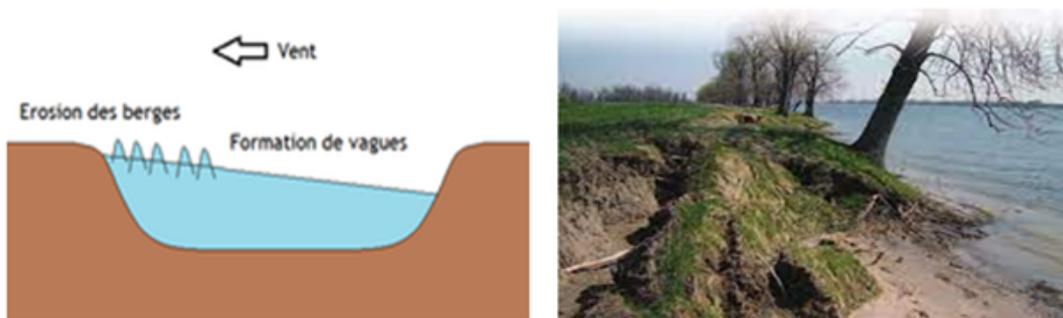
C/ Le vent : Le vent agit fortement sur le fonctionnement et la morphologie des lacs :

- Il crée un déplacement général des eaux superficielles : La vitesse du courant des lacs est 100 fois plus faible que celle du vent, ce qui entraîne le déplacement des masses d'eau. On observe alors un exhaussement du niveau d'eau sur la berge opposée.



Phénomène d'abaissement et d'exhaussement des lacs

- Il contribue à l'érosion des berges : Le vent produit des vagues qui ont souvent une action destructrice sur les berges. Seuls les blocs suffisamment lourds se révèlent capables de résister aux assauts des vagues.



Phénomène d'érosion des berges d'un lac

⚠ Attention

La température de l'eau joue un rôle très important au niveau du développement des agents pathogènes. Les affections bactériennes prolifèrent nettement plus vite dans une eau surchauffée.

2.2. Courantologie

« En opposition avec les fleuves, rivières et autres eaux courantes, les lacs sont formés d'eaux stagnantes ; ces eaux ne sont pas entraînées dans une direction toujours la même », d'après Forel (1892) **.

Des courants sont issus :

- **De l'action du vent à la surface de l'eau** (courant de surface) : les lacs sont sujets à une série de mouvements, véritables déplacements périodiques d'eau d'un côté à l'autre du bassin, observables comme de réelles dénivellations d'une partie à l'autre de la côte. Le vent crée un déplacement général des eaux de surface.
- **Des affluents** : L'eau provenant de l'affluent (ex: une rivière) crée un courant à l'embouchure.



Le Rhône enfoncé dans le lac Léman

Source de la photo : Jean-Marc Fivat*

Les courants sont considérés comme l'un des facteurs écologiques les plus importants dans les lacs :

- Ils font circuler les éléments minéraux nutritifs dans le lac ce qui permet la survie et le développement des animaux aquatiques fixes en leur apportant des aliments.
- Le mélange air-eau favorisé par le courant et ses turbulences permet une augmentation de la teneur en oxygène dissous des eaux lacustres (phénomène de **brassage**).

2.3. Les grandes masses d'eau

Les masses d'eau continentales, principalement les lacs et les rivières, constituent des milieux de vie bien souvent jeunes et en pleine évolution.

Selon Livescience, une étude réalisée pour déterminer le nombre total de lacs dans le monde a montré qu'il y a 117 millions de lacs dans le monde.

Les lacs possèdent les qualités suivantes :

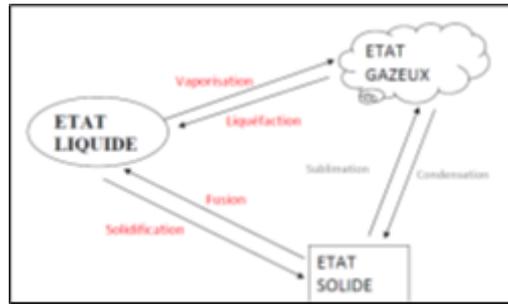
- **La taille (superficie)** : parmi les 117 millions de lacs, 90 millions appartiennent à la catégorie de taille plus petite, mesurant 0,2 à 1 hectare. Le lac Supérieur, situé entre le Canada et les États-Unis dans la région des Grands Lacs, est considéré comme le plus grand lac du monde avec une superficie de 82 414 km².
- **La longueur** : le lac Tanganyika, situé en Afrique est le plus long lac d'eau douce du monde (677 km de longueur).
- **Le volume d'eau (charges en eau)** : les lacs Baïkal (en Russie) et Tanganyika contiennent à eux seuls 41 % de l'eau douce disponible à la surface de la Terre.
- **La profondeur** : les lacs atteignent au moins 6 mètres de profondeur dans la plupart des cas. Le lac Baïkal est le plus profond lac du monde (1 741 m).

3. Limnologie chimique

La limnologie chimique tente de comprendre la distribution des constituants chimiques dans les plans d'eau, notamment les lacs, en mettant l'accent sur leur source, leur transport et leur rétention.

3.1. Nature chimique des eaux

Dans la nature, l'eau (H₂O) est incolore, inodore et sans saveur mais change d'état. Elle existe sous forme liquide, solide et gazeuse. L'eau a cette propension à dissoudre d'autres éléments comme des gaz présents dans l'air.



Etats de l'eau dans la nature

3.2. Facteurs abiotiques

Les éléments chimiques des terrains et roches sont entraînés dans les eaux par les ruissellements.

L'analyse chimique permet d'y déceler le nombreux corps qu'elle contient en dissolution :

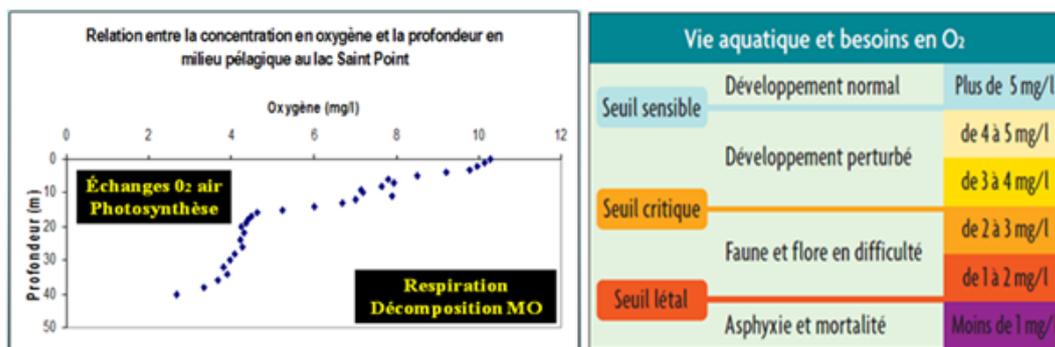
3.2.1. Gaz dissous

L'eau a la capacité de dissoudre certains gaz comme l'oxygène et le gaz carbonique.

- **Oxygène dissous (OD)** : L'oxygène dissous joue un rôle dans la respiration des êtres vivants et la dégradation des matières organiques. L'oxygène dissous dans les eaux de surface provient essentiellement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques. La concentration en oxygène dissous varie de manière journalière et saisonnière. Elle est fonction de la température de l'eau, la pénétration de la lumière, l'agitation de l'eau et la quantité de matière organique.

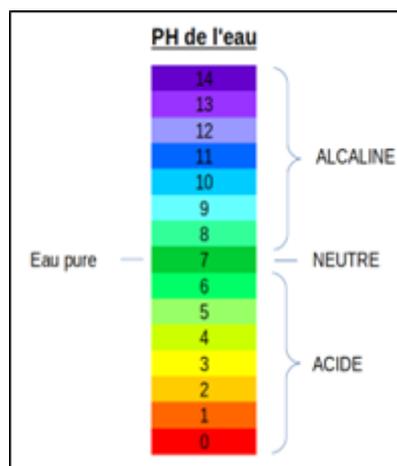
Température (°C)	Solubilité (mg O ₂ /l)
0	14,16
5	12,37
10	10,92
15	9,76
20	8,84
25	8,11

Une valeur inférieure à 1 mg d'OD par litre indique un état proche de l'anaérobiose.



- **Le dioxyde de carbone (CO₂)** : Le gaz carbonique est lié surtout à la composition chimique des eaux et la respiration des êtres vivants. Il joue un rôle dans la photosynthèse.
- **Le potentiel hydrogène (pH)** : Le pH donne le degré d'acidité ou d'alcalinité d'un milieu. Si la concentration H⁺ est plus forte, le pH sera < à 7 et la solution sera dite « acide ». Si la concentration H⁺ est plus faible, le pH

sera > à 7 et la solution sera dite « alcaline » ou « basique ». Si le pH = 7, la solution est dite neutre. Les eaux neutres ou légèrement alcalines étant les meilleures pour les organismes.



pH de l'eau

- **La Conductivité électrique (EC)** : La conductivité est une mesure de la capacité d'une eau à conduire un courant électrique. Elle quantifie la concentration globale en ions dissous. Plus la minéralisation de l'eau est élevée, plus la charge en ions dissous est importante et plus la conductivité est grande. L'eau potable a généralement une conductivité d'environ 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

3.2.2. Matières minérales

Les substances minérales ne sont pas réparties de la même façon dans toutes les eaux. Elles dépendent de la nature géologique des bassins. Les matières minérales dissoutes dans l'eau sont ordinairement combinées sous forme de sels.

Les sels minéraux

L'eau constitue une réelle source d'apport en minéraux. Un anion est un ion portant une charge électrique négative, par opposition au cation qui, lui, est un ion portant une charge électrique positive.

🔍 Exemple

L'ion chlorure (Cl^-) est un sel minéral porteur d'une charge électrique négative. Le Potassium (K^+) quant à lui, porte une charge électrique positive.

3.2.3. Matières organiques

Elles ne sont pas issues des roches, les MO peuvent se rencontrer dans l'eau soit dissoutes, soit sous forme particulaire visible. Elles donnent par décomposition, des composés azotés (ammoniaque, nitrates, nitrites), phosphatés et des gaz (hydrogène sulfuré, méthane).

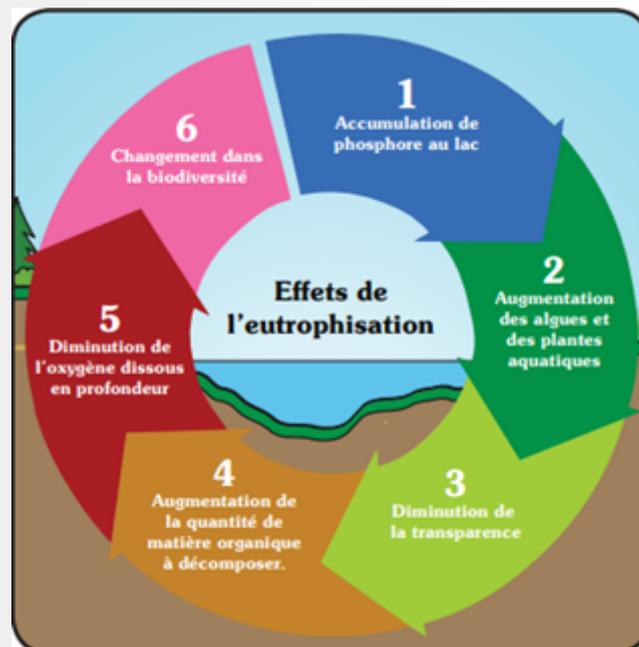
Les éléments nutritifs

Des éléments tels que **l'azote (N)** et le **phosphore (P)** constituent des éléments nutritifs (nutriments) indispensables aux végétaux. Ils sont présents à de faibles quantités dans les eaux. L'excès de phosphore peut entraîner une croissance abondante de plantes aquatiques et d'algues. Cette prolifération des végétaux est responsable du **phénomène d'eutrophisation** des eaux stagnantes.

🔦 *Fondamental : Comprendre le processus d'eutrophisation*

Voici en résumé les grandes étapes de ce phénomène complexe :

1. Le lac reçoit des apports en d'éléments nutritifs (particulièrement en phosphore) provenant de sources diverses (naturelles et anthropiques sur une longue ou courte période de temps).
2. L'accumulation d'éléments nutritifs dans l'eau provoque, à plus ou moins long terme, une prolifération de plantes aquatiques et d'algues dans la couche supérieure du lac et dans le littoral. Ce qui réduit considérablement la transparence de l'eau (l'eau devient plus turbide).
3. L'augmentation de la turbidité limite le passage de la lumière à travers la colonne d'eau. La photosynthèse ne peut alors s'effectuer que près de la surface du lac.
4. Le surplus de matière végétale produit dans l'épilimnion se dépose au fond du lac, suite à sa sénescence (mortalité).
5. Les décomposeurs utilisent l'oxygène dissous afin de décomposer la matière végétale, ce qui provoque une diminution des concentrations d'oxygène dissous en profondeur.
6. La raréfaction de l'oxygène dissous de la couche inférieure du lac occasionne un changement dans la biodiversité des espèces présentes au lac.



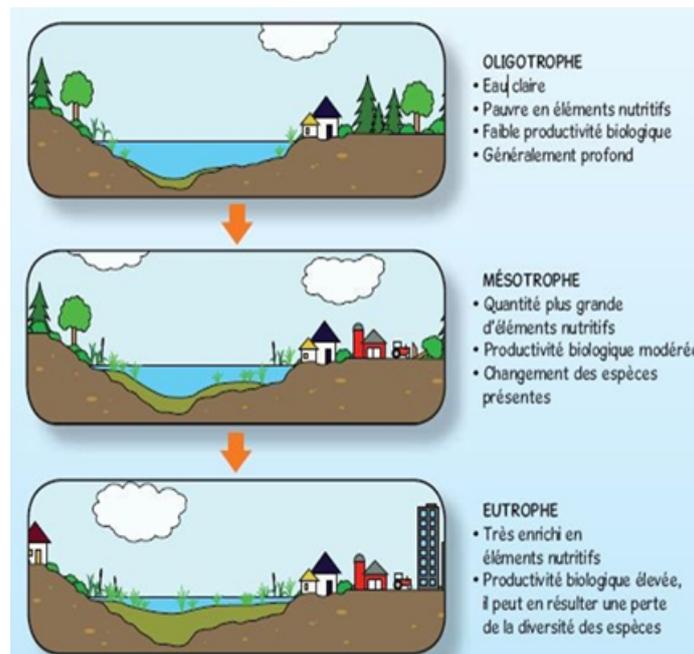
Effet de l'eutrophisation sur l'état d'un lac

Source de l'image : RE Laurentides 2009**

⊕ Complément : Niveaux trophiques d'un lac

On peut classer les lacs en trois grandes catégories trophiques, selon leur stade d'**eutrophisation** :

- **Oligotrophe** : Lacs pauvres en matières nutritives et contenant plusieurs espèces d'organismes aquatiques. L'eau se caractérise par une grande transparence, une importante teneur en oxygène et peu de matières organiques.
- **Mésotrophe** : Lacs qui ont accumulé des éléments nutritifs et sont donc plus riches. On commence donc à voir des changements au niveau des espèces présentes et de leur nombre.
- **Eutrophe** : Lacs riches en matières nutritives, recouverts d'une large ceinture de végétation aquatique et on y note la présence d'espèces de poissons peu exigeants en oxygène. Le fond est couvert de sédiments riches en matières organiques.



Niveaux trophiques d'un lac

Source de l'image : RE Laurentides 2009*

Références

- 1 Forel, F. A. (1892). Le Léman: monographie limnologique (Vol. 1). F. Rouge
- 5 Touchart, L. (2002). La limnologie physique, une stratification des masses d'eau

Bibliographie

Forel, F. A. (1892). *Le Léman: monographie limnologique* (Vol. 1). F. Rouge

Touchart, L. (2002). *La limnologie physique, une stratification des masses d'eau*

Webographie

<https://www.lac-du-bourget.eu/Le-retournement-des-lacs-alpins.html>

<https://jmfivat.ch/index.php?nav=photographies>

<https://crelaurentides.org/documentation/>