



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ 8 MAI 1945 – GUELMA

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences

De la Terre et de l'Univers

Département d'Écologie et Génie de l'Environnement

Master1 : Biodiversité et environnement

Matière

Limnologie

Présenté par :

Dr. BAALOUJ Affef

Année 2023

Table des matières

Introduction générale

Partie 1 : Diversité biologique

Introduction

Chapitre 1 : Diversité biologique aquatique

1.1 Organisation d'un écosystème aquatique

1.2 Fonctionnement des écosystèmes aquatiques

2.2.1 Production primaire

2.2.2 Production secondaire

1.3 Différents écosystèmes aquatiques

1.4 Importance des caractéristiques du milieu pour les espèces

Chapitre 2 : Menaces, pollution et facteurs de dégradation de la biodiversité

2.1 Sources de pollution

2.1.1 Pollution domestique

2.2.2 Pollution industrielle

2.2.3 Pollution agricole

2.2 Types de pollution

2.2.1 Pollution physique

2.2.2 Pollution chimique

2.2.3 Pollution organique

2.2.4 Pollution biologique

2.3 Conséquences de la pollution des eaux continentales

2.4 Dépollution et moyens de lutte

2.4.1 Epuración biologique

2.4.2 Epuración physico-chimique

2.5 Eutrophisation

Chapitre 3 : Distribution des biomes aquatiques

3.1 Définition d'un réseau trophique

3.2. Niveau trophique

3.3. Organismes aquatiques

3.1.1 Plancton

3.1.2 Necton

3.1.3 Benthos

Partie 2 : Milieux lémitiques

Introduction

Chapitre 1 : Lacs

1. Classification

2. Étude hydrologique

2.1 Variations de niveau

2.2 Ondes et courants

2.3 Zonation thermique

3. Étude géomorphologique

3.1 Origine et permanence

3.2 Morphologie et sédimentation

4. Etude biologique

4.1 Domaine pélagique

4.2 Domaine benthique

4.3 Domaine littoral

4.4 Autres communautés lacustres

4.5 Endémisme des flores et faunes lacustres

4.6 Évolution trophique et productivité

4.7 Autres collections d'eaux dormantes

5. Divers systèmes limniques

5.1 Étangs et marais

5.2 Mares et milieux temporaires

5.3 Lagunes et Salines

5.4 Chotts, dayas et sebkhas

Partie 3 - Milieux lotiques

Introduction

Chapitre 1 : Classification / typologie

- 1.1. Ruisseau
- 2.2. Torrent
- 2.3. Oued
- 2.4. Ravine
- 2.5. Rivière
- 2.6. Fleuve

Chapitre 2 : Origine des cours d'eau

Chapitre 3 : Caractéristiques des cours d'eau

- 3.1. Amont et aval
- 3.2. Lit
- 3.3. Étiage
- 3.4. Crue
- 3.5. Embouchure
- 3.6. Bassin versant

Chapitre 4 : Typologie des régimes

- 4.1. Débit
- 4.2. Variations saisonnières
- 4.3. Profil
- 4.4. Température d'un cours d'eau
- 4.5. Oxygène dans un cours d'eau
- 4.6. Vitesses et types d'écoulement
- 4.7. Zonation des cours d'eau
- 4.8. Biodiversité

Glossaire

Références bibliographiques

Introduction générale

Introduction générale

La limnologie, terme que créa en 1892 le Suisse F. A. Forel et qu'il définit comme « l'océanographie des lacs » désigne aujourd'hui l'étude statique et dynamique des eaux continentales ou intérieures séparées du monde océanique. La caractéristique essentielle de ce dernier est la constance relative de sa composition, tandis que les premières présentent une variété extraordinaire, allant de l'eau pure, naturellement distillée ou désionisée, à des saumures chlorurées, sulfatées ou carbonatées. Bien que, pour certains auteurs, la biologie des eaux courantes trouve sa place en limnologie, elle sera traitée ici avec l'étude physique et géographique de ces milieux.

La limnologie est la « science des eaux superficielles continentales ou intérieures » (eau douce ou salée, stagnante ou mouvante, dans les lacs, rivières, marécages...). Le terme « limnologie » trouve sa racine dans le grec λίμνη = limne (lac) et λόγος = logos (étude). La limnologie est la science qui étudie tous les phénomènes physiques et biologiques se rapportant aux lacs et, plus généralement, aux eaux douces.

La limnologie est la science examinant les eaux continentales comme les écosystèmes aquatiques, leur structure, le matériel et l'équilibre énergétique et la structure bio-écologique avec leurs interactions, elle explore les processus abiotiques et biotiques qu'elle cherche à quantifier. Les eaux intérieures comprennent des biotopes fermés tels que les étangs, les lacs, sans lien avec les océans, rivières et nappes souterraines.

Au sens strict, la limnologie se limite donc aux collections d'eaux dormantes plus ou moins naturelles et durables, quelles que soient leur importance (lacs, étangs, flaques d'eau...) et leur dépendance avec le milieu strictement marin (lagunes, par exemple), et la potamologie traite les eaux courantes. C'est une forme d'écologie spécialisée et régionalisée s'apparentant méthodologiquement et conceptuellement à l'océanologie, science des océans et de leurs frontières. Tout comme l'océanologie,

Introduction générale

elle permet non seulement l'étude des organismes vivants qui colonisent une unité géographique, mais surtout de comprendre les liens existants entre ces êtres, d'en étudier l'évolution dans le temps et d'en prévoir le devenir.

Quels que soient leur origine et leur type d'évolution, la complexité des phénomènes qui caractérisent les espaces aquatiques continentaux, a conduit les spécialistes à se regrouper par disciplines, tout en restant conscients de l'unité du milieu naturel qu'ils étudient : limnophysique, limnogéologie, paléolimnologie, limnochimie, limnobiologie, et limnobiochimie. De fait, si l'analyse des facteurs de milieu est une première approche indispensable à l'étude d'un lac et de ses abords, l'écosystème qu'il représente, à la surface du globe, impose également de le considérer synthétiquement comme un véritable organisme vivant ayant ses lois et ses organes dont chacun (peuplements, populations, phases) comporte à la fois une vie propre et une vie dépendante de celle des autres (Fig. 1).

La compréhension de la vie d'un espace aquatique continental (et non de la vie animale et végétale, qui est du domaine de l'hydrobiologie) impose aussi une connaissance suffisante des affluents qui peuvent être considérés comme des dépendances. Elle permet à la fois de sauvegarder et d'utiliser ces masses d'eau au profit de l'homme, qui en a besoin pour son agriculture, son industrie, ses loisirs. Ses efforts pour protéger, utiliser, exploiter les lacs naturels ou artificiels seront d'autant plus rentables qu'il prendra conscience de la nécessité de mieux connaître les divers facteurs en cause, les relations qui les unissent, leur importance relative et la vitesse de leur évolution dans le temps. Son action volontaire ou involontaire sur certains de ces facteurs peut amener des transformations irréversibles dont il sera tôt ou tard la victime, à moins qu'il n'en soit, par sa prévoyance, le bénéficiaire.

Il est important de distinguer deux catégories d'eaux :

Les eaux douces stagnantes

Ce sont des eaux dormantes, déposant beaucoup d'alluvions, et sont riches en végétation constituant les lacs. Ces derniers sont surtout formés par les précipitations

Introduction générale

atmosphériques qui s'accumulent dans les cuvettes continentales, naturelles ou artificielles ayant une vie propre et une certaine autonomie (Lacroix, 1991).

Les eaux douces courantes

Les eaux douces courantes englobent les torrents, les rivières et les fleuves. Dans les régions situées à moyenne et à basse altitude, les précipitations atmosphériques se font surtout à l'état de pluie dont le 1/3 tombe sur les roches perméables, s'infiltré, mais réapparaît à la surface et s'ajoute ainsi aux eaux de ruissellement.

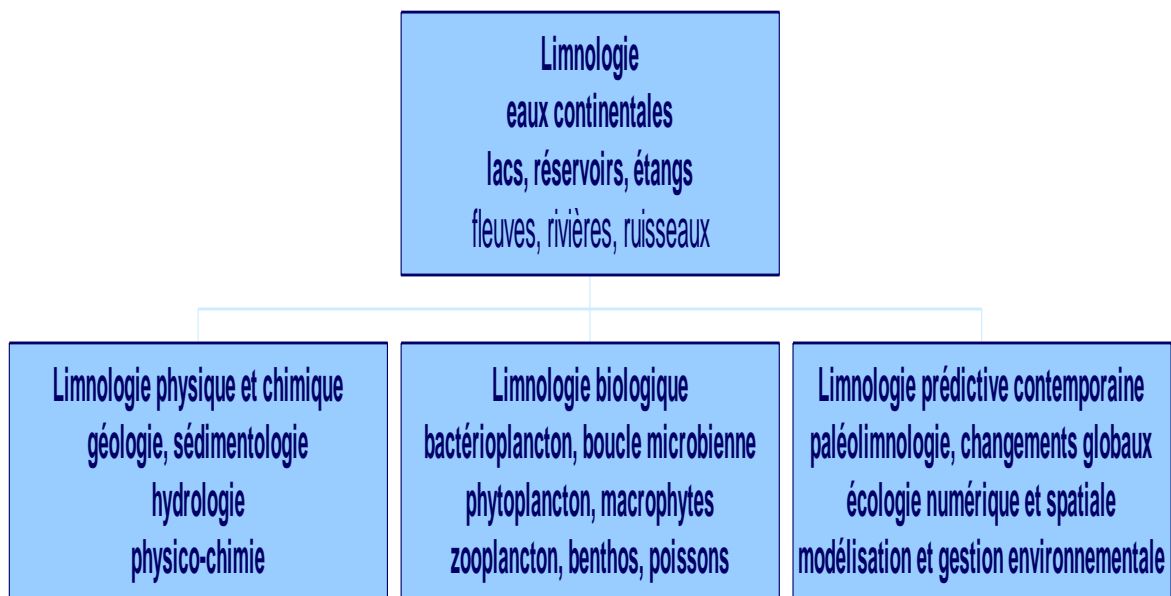


Fig. 1 : Principales disciplines de la limnologie

Partie 1 : Diversité biologique

Partie 1

La première partie sera une présentation de la diversité biologique et particulièrement aquatique, les menaces qui impactent sur cette biodiversité ainsi que les facteurs déterminant la distribution des biomes aquatiques

Partie 1 : Diversité biologique

Partie 1 : Diversité biologique

Introduction

Les eaux continentales se partagent entre eaux saumâtres et eaux douces, et sont soit superficielles, soit souterraines. Grâce aux différentes caractéristiques de la ressource (luminosité, nutriments, température, salinité...), l'eau héberge une richesse faunistique et floristique très diversifiée.

Lac, étangs, lagunes, estuaires, marais, ruisseaux...constituent ce qu'on appelle actuellement des zones humides. Elles fournissent aux hommes des ressources et des services essentiels : eau, plantes, animaux, voies d'accès....

Dans les dernières années les systèmes limniques ont acquis une grande importance, après la reconnaissance du rôle écologique significatif de ces dernières dans le contrôle de processus biophysiques d'une part, et de leur fonction en tant que source de services environnementaux à la société, qui influe sur son bien-être d'autre part (Mehtougui, 2019). Ceci a conduit à l'établissement de politiques visant à protéger, conserver et gérer ce flux de services à la société. Avec l'importance croissante prise par la biodiversité dans les agendas politiques, de nombreux pays y consacrent à présent des programmes nationaux de recherche. De plus, il existe une série de groupes et d'organisations qui soutiennent et favorisent la recherche au niveau international. Pour rappel, un traité mondial a été signé le 2 février 1971 à Ramsar (Iran) pour la conservation et l'utilisation rationnelle et durables des zones humides. 169 pays à travers le monde dont l'Algérie en 1982, ont ratifié ce traité qui constitue l'un des principaux fondements de la conservation des écosystèmes aquatiques. La biodiversité est très importante car elles abritent de nombreuses espèces végétales et animales (DGF, 2001).

Dans le bassin méditerranéen, les milieux humides continentaux et côtiers a permis, depuis l'antiquité, de satisfaire les besoins des différentes civilisations qui ont su tirer profit de leurs ressources. Cependant, les bénéfices offerts par ces enclaves

Partie 1 : Diversité biologique

aussi singulières n'ont pas toujours été considérés à leur juste valeur. Malheureusement, les zones humides exploitées, et valorisées en surface agricole ou

Partie 1 : Diversité biologique

Chapitre 1 : Diversité biologique aquatique

urbanisées, a accéléré la disparition des zones humides, ce qui a grandement contribué à la perte de biodiversité.

En dépit de tous les services qu'elles rendent à l'humanité, les écosystèmes limniques figurent au premier plan des victimes expiatoires de la biodiversité. Dans de nombreuses régions de la Méditerranée, elles ont été asséchées et transformées à des fins agricoles ou urbaines, ou suite à des politiques visant à améliorer les conditions sanitaires par l'élimination de foyers de maladies comme le paludisme (Fustec et Frochet, 1996).

Chapitre 1 : Diversité biologique aquatique

La biodiversité est alors un bon indicateur de la qualité et du bon fonctionnement de l'hydrosystème. Parfois, l'équilibre d'un écosystème aquatique peut être déstabilisé, le plus souvent à cause des activités humaines. L'étude des peuplements aquatiques, appelés bioindicateurs, permet de définir des indices de qualité biologique et par conséquent d'apprécier l'état de santé de nos écosystèmes aquatiques.

Il existe trois niveaux de diversité (Fig. 2) :

- La diversité génétique: la variété qui existe au niveau des allèles, celui des gènes entiers ou celui de la structure chromosomique.
- La diversité spécifique: la variété qui existe au niveau des espèces.
- La diversité écosystémique: la variété qui existe au niveau des écosystèmes en tenant compte des fonctions des espèces et leurs interactions entre elles.

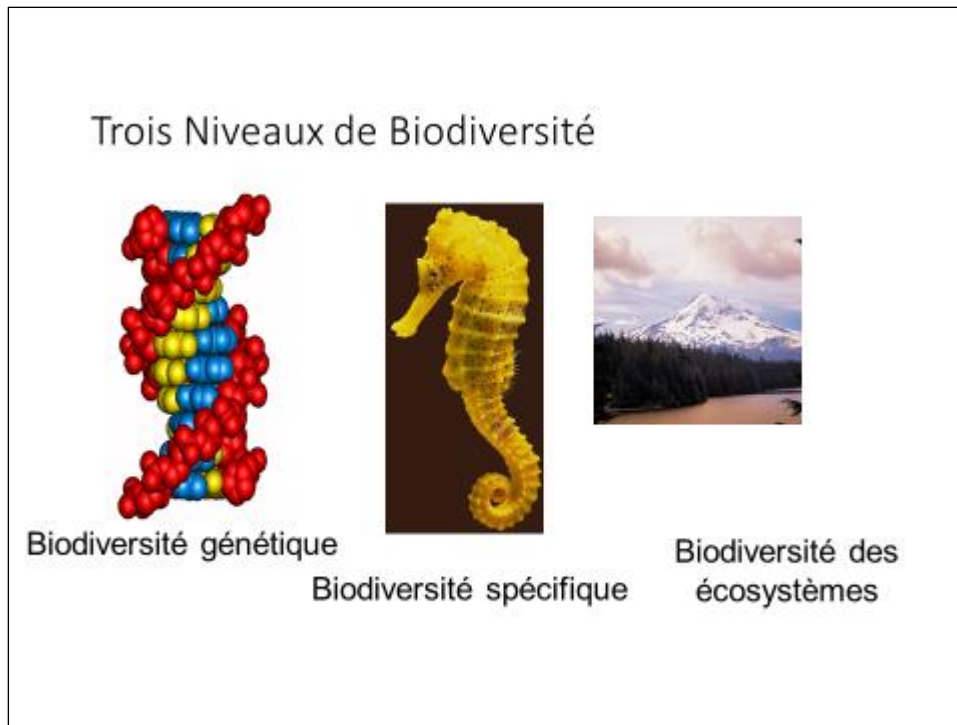


Fig. 2 : Les trois niveaux de la diversité

1.1. Organisation d'un écosystème aquatique

Les écosystèmes aquatiques sont complexes et leur spécificité est importante pour la biodiversité.

Les écosystèmes aquatiques se répartissent en deux grandes catégories : le système phytal et le système aphytal. L'étagement du système phytal se divise comme suit :

- Supralittoral : au-dessus de 0°
- Médiolittoral : régulièrement recouvert d'eau
- Infralittoral : toujours recouvert d'eau
- Circalittoral: limite maximale de la photosynthèse

Dans un écosystème aquatique, il y a transfert de matière des producteurs aux divers consommateurs qui vont se succéder dans les réseaux trophiques. Le cycle de la matière organique est aujourd'hui un concept fondamental. Comme dans tous les

Partie 1 : Diversité biologique

Chapitre 1 : Diversité biologique aquatique

écosystèmes, les végétaux chlorophylliens du domaine aquatique représentent le premier maillon puisqu'ils assurent la fixation initiale du carbone minéral.

L'étude précise de la productivité est donc indispensable à la compréhension du fonctionnement des écosystèmes.

1.2. Fonctionnement des écosystèmes aquatiques

Un écosystème est défini comme un système biologique formé par deux éléments en interaction l'un avec l'autre : la biocénose et le biotope. Tout écosystème présente un flux de matière et d'énergie transféré des producteurs aux consommateurs. Ce flux de matière transite par des chaînes alimentaires formant un réseau trophique.

Les écosystèmes, on distingue les producteurs primaires, responsables de la production primaire et les consommateurs de rangs divers qui utilisent cette production primaire.

- Production primaire

Désigne en écologie la production de matière organique végétale (biomasse), issue de la photosynthèse, par des organismes autotrophes, dits producteurs primaires.

Les producteurs primaires sont les organismes autotrophes, c'est-à-dire essentiellement les plantes capables de photosynthèse (plantes supérieures, fougères, mousses et algues) et dans une moindre mesure, des bactéries.

Les végétaux chlorophylliens n'ont besoin pour se nourrir que de matière minérale : dioxyde de carbone, eau et sels minéraux. Ils produisent de la matière organique à condition de recevoir de la lumière : ce sont des producteurs primaires.

Partie 1 : Diversité biologique

Chapitre 1 : Diversité biologique aquatique

- Production secondaire

Les producteurs secondaires sont des êtres hétérotrophes, essentiellement des animaux et des champignons dont le rôle va être de circuler la matière et l'énergie stockée dans la biomasse des producteurs primaires. Seuls les végétaux chlorophylliens sont capables de produire de la matière organique à partir de matières premières minérales (eau, ions minéraux, et dioxyde de carbone) et en utilisant la lumière comme source d'énergie : ce sont des producteurs primaires autotrophes.

Tous les autres êtres vivants sont des producteurs secondaires. Ils se nourrissent toujours de matière minérale et de matière organique provenant d'autres êtres vivants. Les animaux ont des régimes alimentaires différents suivant ce qu'ils consomment :

Les carnivores (zoophages), se nourrissent surtout d'aliments d'origine animale.

Les végétariens (phytophages), se nourrissent surtout de végétaux.

Les omnivores, se nourrissent d'aliments d'origine animale et d'aliments d'origine végétale.

Consommateurs primaires et secondaires

Les consommateurs primaires sont les êtres vivants qui ne consomment que des producteurs (les plantes). Les baleines sont des consommateurs primaires marins puisqu'ils ne consomment que du plancton. On les appelle consommateurs primaires car ils sont au premier rang dans la chaîne alimentaire après les producteurs. Les poissons qui se nourrissent de plancton sont des consommateurs primaires qui se nourrissent de plantes marines.

Les consommateurs qui mangent les plantes sont des consommateurs primaires.

Les consommateurs qui mangent les consommateurs primaires sont des consommateurs secondaires (Fig. 3).

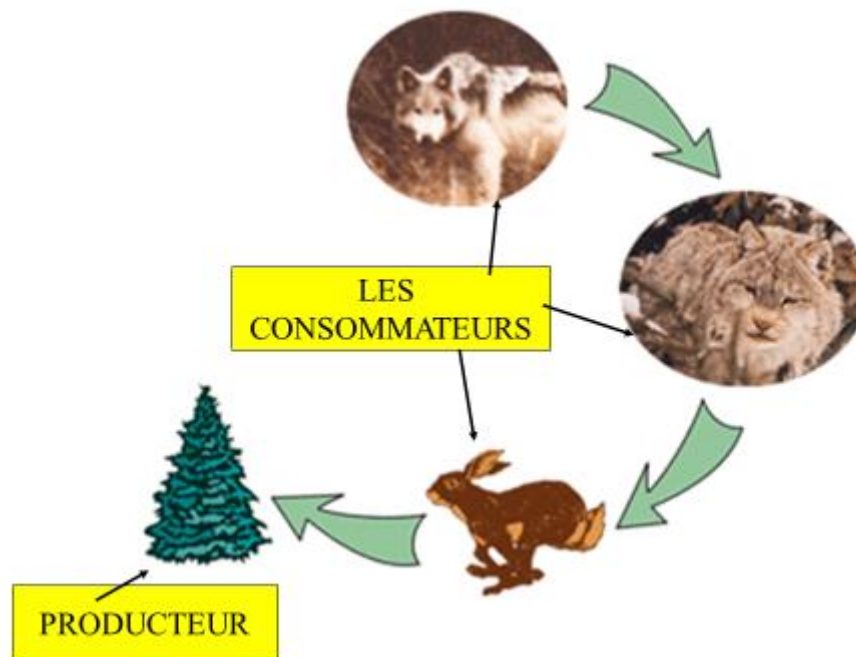


Fig. 3 : Schéma d'un cycle producteur/consommateur

1.3. Différents écosystèmes aquatiques

Les eaux continentales superficielles se répartissent en deux grands ensembles : les eaux stagnantes et les eaux courantes (Tableau 1)

Tableau 1 : Répartition des eaux continentales.

Eaux courantes	Eaux stagnantes
Ecosystème ouvert	Ecosystème fermé
Courant très fort	Vitesse de courant = 0
Espèces adaptées au mouvement	Espèces flottantes
Les apports allochtones (feuilles mortes, bois et autres débris)	Les apports autochtones

1.4. Importance des caractéristiques du milieu pour les espèces

Les espèces faunistiques et floristiques vivent en interdépendance entre elles « Ils dépendent les uns des autres » et dépendent des caractéristiques physiques du

Partie 1 : Diversité biologique

Chapitre 2 : Menaces, pollution et facteurs de dégradation de la biodiversité

milieu (Température, débit, pente, nature du sol, occupation de l'espace). Cas des espèces animales nécessitant une variation de leur habitat selon la période de leur cycle de vie.

Chapitre 2 : Menaces, pollution et facteurs de dégradation de la biodiversité

On définit la pollution de l'eau comme l'introduction en quantité anormale dans le milieu aquatique d'agents chimiques ou biologiques entraînant une altération de ce milieu de nature à mettre en danger la santé humaine, endommager les ressources alimentaires, biologiques et les écosystèmes, ou détériorer les biens matériels.

La pollution désigne la dégradation d'un biotope, par l'action généralement humaine, entraînant une perturbation plus ou moins importante de l'écosystème. Elle peut aussi avoir pour cause un phénomène géologique comme les volcans. Elle peut concerner les eaux superficielles (rivières, plans d'eau) et/ou les eaux souterraines (Gaujous, 1995).

2.1 Sources de pollution

De nos jours, les principales causes de pollution de l'environnement proviennent de la production et de l'utilisation des diverses sources d'énergie, des activités industrielles et, de façon paradoxale mais néanmoins importante, de l'agriculture.

Cette pollution peut avoir plusieurs origines, nous en citerons quelques-unes :

- Pollution domestique

Elle provient des utilisations quotidiennes de l'eau à la maison (eau des toilettes et des lavages). Celles-ci représentent environ 150 litres par jour et par habitant. Aux eaux domestiques traditionnelles s'ajoutent les eaux de pluie et les eaux "collectives" de lavage des rues, des marchés, des commerces, des bâtiments scolaires, des hôpitaux... Elles peuvent être responsables de développement de l'eutrophisation dans les rivières.

- Pollution industrielle

L'industrie chimique moderne, mais aussi la métallurgie, voire l'électronique met en circulation dans la biosphère d'innombrables composés minéraux ou organiques de toxicité souvent élevée ou encore peu dégradables, parfois même indestructibles : mercure, cadmium, niobium, antimoine, vanadium représentent autant de corps simples ne se rencontrant qu'à l'état de trace dans les milieux terrestres ou aquatiques mais qui sont aujourd'hui devenus d'usage banal dans diverses branches industrielles.

Les effluents industriels peuvent causer des pollutions organiques (industries agroalimentaires, papeteries), chimiques (tanneries, usines textiles, travaux des métaux...) ou physiques (réchauffement par les centrales thermiques, matières en suspension des mines...). Ils peuvent avoir un effet toxique sur les organismes vivants et causer l'accumulation de certains éléments dans la chaîne alimentaire (métaux, pesticides, radioactivité...).

En conséquence, un nombre considérable de ces substances est rejeté dans le milieu naturel et contribue à une pollution à vaste échelle des divers écosystèmes (Gaujous, 1995).

- Pollution agricole

Elle se développe depuis que l'agriculture est entrée dans un stade d'intensification, surtout dans le domaine des cultures labourées (sur fertilisation, traitements excessifs, érosion des sols). Les herbicides, insecticides et autres produits phytosanitaires de plus en plus utilisés s'accumulent dans les sols, les nappes phréatiques et la chaîne alimentaire.

L'agriculture moderne représente une importante source de pollution de l'espace aquatique mais aussi des milieux intégrés par l'homme. L'usage massif des engrais chimiques, le recours systématique aux pesticides ont permis une

Partie 1 : Diversité biologique

Chapitre 2 : Menaces, pollution et facteurs de dégradation de la biodiversité

augmentation considérable des rendements agricoles. Ils se sont malheureusement accompagnés d'une pollution accrue des eaux continentales, des terres cultivées, ainsi que des productions végétales et animales par divers contaminants minéraux ou organiques.

La consommation mondiale des engrais chimiques, en croissance incessante depuis un demi-siècle tant dans les nations développées que dans les pays en développement, est passée de 50 millions de tonnes en 1965 à 150 millions de tonnes en 1990 (Ramade, 1982).

L'abus des fertilisants en agriculture a été tel que, dans de nombreux pays, la pollution des eaux superficielles et surtout celle des nappes phréatiques atteignent localement des niveaux qui excèdent les concentrations réputées admissibles en nitrates dans l'eau potable. En France, c'est le cas d'environ 10 p. 100 des eaux de puits situées en général dans des zones de céréaliculture intensive. Les métaux et métalloïdes toxiques (cadmium, vanadium, chrome, cuivre, arsenic, etc.) contenus comme impuretés dans la deuxième grande catégorie d'engrais chimiques, les superphosphates, s'accumulent dans les sols et peuvent passer dans les plantes cultivées. L'usage des pesticides (insecticides, fongicides, herbicides, etc.) a également connu une expansion spectaculaire en agriculture. La consommation mondiale de ces produits (matières actives pures) s'élevait à plus de 1,8 million de tonnes en 1989 (d'après l'Institut international de l'environnement et du développement, 1992).

L'usage excessif des pesticides, qui s'accompagne aujourd'hui d'une pollution croissante des nappes phréatiques en sus de leurs impacts écologiques indésirables, a conduit des pays comme les Pays-Bas à mettre en œuvre un programme destiné à diviser par deux, d'ici au début du XXI^e siècle, les quantités de ces substances employées en agriculture (Ramade, 1982).

2.2 Types de pollution

La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique ou biologique de ses qualités naturelles, provoquée par l'homme et par ses activités. Elle perturbe les conditions de vie et l'équilibre du milieu aquatique et compromet les utilisations de l'eau.

On distingue plusieurs types de pollution, qui peuvent avoir une origine domestique, agricole ou industrielle.

- Pollution physique

Elle altère la transparence de l'eau (présence de matières en suspension), agit sur sa température (pollution thermique) ou sa radioactivité.

Cette pollution est due aux agents physiques qui sont essentiellement d'origine industrielle et secondairement d'origine domestique. Les rejets thermiques dans le milieu aquatique ne sont pas des phénomènes nouveaux.

C'est une Pollution invisible et diffuse. En 1960, il y'a eu une prise de conscience du phénomène de pollution thermique.

La majorité des usines sont implantées d'une manière volontaire sur le littoral ou sur les bassins versants littoraux. Ce type d'installation est à l'origine d'apports notables en eaux résiduaires. Dans de nombreux procédés industriels, notamment dans les centrales nucléaires, de la chaleur doit être rejeté.

Pour ce faire, les usines font passer de l'eau d'un cours d'eau voisin à l'intérieur de l'usine afin de refroidir les différentes machines. L'eau est ensuite rejetée dans le cours d'eau à 60, 70 voire 80°C. C'est ce que l'on appelle la pollution thermique. La pollution thermique est engendrée par les usines utilisant un circuit d'eau de mer, lacs

Partie 1 : Diversité biologique

Chapitre 2 : Menaces, pollution et facteurs de dégradation de la biodiversité

ou rivières pour le refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries). Les eaux rejetées des usines ont une température de l'ordre de 70° – 80°C. Cette température baisse à 40° - 45 °C en contact avec les eaux de rivière ou marines en entraînant un réchauffement de l'eau (Pérès *et al.*, 1976).

- Réchauffement progressif de l'eau : il est relatif aux petites usines et entraîne une substitution de la flore et de la faune du milieu.
- Réchauffement brutal de l'eau : ce changement brutal de la température a un effet direct représenté par la mortalité des espèces et des effets indirects.

Une faible augmentation de la température entraîne une baisse sensible de la concentration de l'oxygène dans le milieu. Cette chute du taux d'oxygène est plus nette quand le milieu est riche en matière organique. Par conséquent, les espèces exigeantes en oxygène disparaissent au profit des espèces plus tolérantes. L'augmentation de la température en milieu relativement riche en matière organique entraîne un développement bactérien. L'augmentation de la température peut entraîner l'augmentation de la toxicité de certaines substances. L'augmentation thermique favorise l'apparition de maladies chez les poissons suite à un développement d'agents pathogènes et une baisse de l'immunité. La destruction de la faune et de la flore locale est presque toujours totale. De plus les réactions chimiques, et en particulier les fermentations, s'accélèrent. L'oxygène utilisé dans les réactions de fermentation disparaît. Beaucoup d'organismes meurent suite à cette disparition.

- Pollution chimique

Elle est due à des substances indésirables (nitrates, phosphates) ou dangereuses (métaux et autres micropolluants), qui provoquent de profonds déséquilibres chimiques (acidité, salinité) ayant des effets biologiques.

Les sels minéraux représentent, à la fois par les masses mises en cause et par leurs effets biologiques, des polluants majeurs des eaux continentales.

Partie 1 : Diversité biologique

Chapitre 2 : Menaces, pollution et facteurs de dégradation de la biodiversité

Le rejet de chlorure de sodium par diverses installations minières nuit à la potabilité des eaux superficielles et même aux usages industriels s'il est important. En France, plusieurs millions de tonnes de sel ont été déversées annuellement dans le Rhin par les Potasses d'Alsace pendant plusieurs décennies et ont soulevé de graves problèmes d'environnement avec les autres États riverains (Pérès *et al.*, 1976).

Les engrais chimiques, nitrates et phosphates, provenant du lessivage des terres cultivées, représentent aussi une importante cause de pollution des eaux continentales. Dans les régions d'agriculture intensive, les rivières, les lacs, les nappes phréatiques renferment des concentrations anormalement élevées de ces sels minéraux nutritifs tant en Europe occidentale qu'en Amérique du Nord. Il s'agit donc de la conséquence directe de la fertilisation des sols. L'excès de nitrates dans l'alimentation humaine est susceptible de provoquer une anémie, la méthémoglobinémie. En outre, les nitrates en excès sont suspectés de provoquer la formation, dans le tube digestif, de nitrosamines, composés hautement cancérigènes (Ramade, 1979).

Cependant, la conséquence la plus préoccupante de la pollution des eaux continentales par les nitrates et les phosphates tiennent à présent dans l'induction du phénomène de dystrophisation (parfois dénommée à tort eutrophisation).

La plupart des lacs et même les fleuves à débit très lent sont exposés à une dystrophisation chronique. Celle-ci résulte de l'apport direct ou secondaire de ces sels minéraux aux eaux superficielles par suite de l'usage des engrais en agriculture, mais aussi de divers effluents industriels, et surtout, de façon certes paradoxale, par suite des rejets des stations d'épuration. Celles-ci ont en effet précisément pour rôle de minéraliser, c'est-à-dire de transformer en sels dérivés de l'azote et du phosphore les matières organiques fermentescibles.

La dystrophisation des eaux lacustres ou fluviales se manifeste par une multiplication anarchique du phytoplancton et des phanérogames aquatiques

Partie 1 : Diversité biologique

Chapitre 2 : Menaces, pollution et facteurs de dégradation de la biodiversité

résultant de cette surfertilisation en sels minéraux nutritifs.

Les masses colossales de matières végétales produites par l'activité photosynthétique accrue qui en résulte vont s'accumuler au fond du lac. Les bactéries aérobies vont alors se mettre à dégrader par voie oxydative ces masses considérables de matières organiques fermentescibles, engendrant une DBO très importante, dite secondaire, car c'est une conséquence de la pollution primaire par les sels minéraux. Il en résulte une désoxygénation totale des eaux du lac à l'exception des parties les plus superficielles où la photosynthèse est très active, avec pour corollaire la mort massive des animaux benthiques et la disparition des poissons nobles (Salmonidés) qui exigent une bonne oxygénation des eaux. Un stade ultime de dystrophisation peut être atteint, caractérisé par l'apparition de fermentations anaérobies dans les sédiments et les couches profondes avec dégagement de méthane et de divers gaz putrides (SH_2 et NH_3 en particulier) (Germain et Seguy, 1975).

Les eaux continentales sont également polluées de façon permanente ou épisodique par divers composés minéraux et organiques fortement toxiques.

Parmi ces derniers, nous citerons des métaux lourds : cadmium, mercure, plomb, zinc, vanadium, d'origine agricole (pesticides, impuretés des engrais) ou industrielle, ainsi que des anions toxiques (dérivés arséniés, cyanures, chromates en particulier).

Parmi ces composés organiques, les détergents de synthèse et certains pesticides (insecticides organohalogénés, herbicides dérivés de l'acide phenoxyacétique) représentent les micropolluants le plus souvent détectés dans les sols comme dans les eaux.

La pollution des eaux continentales et des eaux littorales (mais à un degré moindre) par les composés organiques de synthèse pose également de redoutables problèmes écotoxicologiques. Il s'agit, en règle générale, de substances dites xénobiotiques (micropolluants qui présentent une forte toxicité pour les êtres

Partie 1 : Diversité biologique

Chapitre 2 : Menaces, pollution et facteurs de dégradation de la biodiversité

vivants), présentes dans le milieu aquatique (eaux et sédiments) à l'état de traces, toujours inférieures à la fraction de ppm, voire de ppb. Parmi ces substances, les composés organochlorés (insecticides, solvants, PCB, dioxines) sont les plus ubiquistes.

- Pollution organique

Elle provient des eaux usées domestiques et des industries agroalimentaires, provoque une surconsommation d'oxygène (nécessaire à sa dégradation) et peut entraîner la mort de la vie aquatique. Elle peut également provoquer l'apparition ou la mise en solution de produits non désirables (métaux, ammoniac, sulfures).

- Pollution biologique

Elle introduit dans l'eau des micro-organismes, dont certains sont des germes pathogènes (virus, bactéries).

La pollution « biologique » des eaux, qui vient au tout premier rang des causes de dégradation des écosystèmes dulçaquicoles, résulte du rejet dans ces derniers d'effluents chargés de matières organiques fermentescibles et de nombreux agents pathogènes qui leur sont généralement associés.

Les eaux d'égout chargées d'effluents domestiques, celles qui sont produites par de nombreuses industries alimentaires, par les papeteries, etc., exercent une influence catastrophique sur la qualité des eaux fluviales dans lesquelles elles sont rejetées, en l'absence de traitement épurateur.

Une conséquence quasi immédiate de la pollution des eaux par des matières organiques fermentescibles tient en la diminution de la teneur en oxygène dissous. Celle-ci résulte de l'action des bactéries aérobies qui se mettent à dégrader par voie oxydative les matières organiques polluantes. Il en résulte une demande biochimique d'oxygène, dite DBO5, car elle se mesure après cinq jours, qui sert d'étalon pour évaluer la charge de pollution en matières organiques d'un cours

Partie 1 : Diversité biologique

Chapitre 2 : Menaces, pollution et facteurs de dégradation de la biodiversité

d'eau ou d'une nappe phréatique. Lorsque la pollution organique des eaux par des matières fermentescibles est par trop importante, elle provoque leur désoxygénation totale avec pour conséquence la mort massive des poissons et autres animaux qui les peuplent. Ces accidents, souvent spectaculaires, surviennent pendant la saison estivale, époque où la teneur en oxygène est la plus basse et l'activité bactérienne maximale en raison de l'échauffement des eaux.

Notons, en outre, que certains polluants organiques (tanins, par exemple) ne seront pas toujours dégradés par voie biologique mais par oxydation chimique. On parle alors de DCO, demande chimique en oxygène de l'effluent pollué (Rodier, 1975).

2.3 Conséquences de la pollution des eaux continentales

- Sur la flore et la faune

Les altérations que l'on peut constater dans la végétation de certains étangs ou cours d'eau sont souvent le témoin d'une pollution directe par des produits toxiques ; ainsi l'apport trop important d'éléments nutritifs (engrais, azote, nitrates) peut induire une prolifération intense d'algues, puis le phénomène de l'eutrophisation qui limite les possibilités de vie aquatique.

Phénomène d'eutrophisation : l'enrichissement de l'eau en éléments nutritifs, notamment en composés de l'azote et/ou du phosphore, provoquant un développement accéléré des algues et des végétaux d'espèces supérieures qui entraîne une perturbation indésirable de l'équilibre des organismes présents dans l'eau et une dégradation de la qualité de l'eau en question.

L'équilibre des espèces de poissons peut, de ce fait, être très perturbé : la diminution du taux d'oxygène dissous, l'augmentation éventuelle de la température, la teneur en produits nocifs ou toxiques, ...

- Sur la santé humaine

Partie 1 : Diversité biologique

Chapitre 2 : Menaces, pollution et facteurs de dégradation de la biodiversité

Risques de transmission de maladies infectieuses, du fait par exemple de l'ingestion d'eau non potable (MTH).

Risques d'intoxication pouvant résulter de l'absorption de poissons ayant concentré, dans leur chair, des sels de métaux lourds au long de la chaîne alimentaire aquatique ; un tel type d'accident a provoqué de nombreuses morts chez des pêcheurs japonais en 1953, à Minamata, à proximité d'une usine rejetant des effluents contenant du mercure (Hg) en pleine mer (Ramade, 1979).

Dangers que font courir les pesticides relèvent du même mécanisme, par consommation dans les organismes des animaux qui consomment les végétaux traités: le DDT, qui n'est pas dégradable, est ainsi retrouvé dans la graisse et les viscères (cerveau, cœur, estomac, foie, intestin) des animaux d'élevage.

2.4 Dépollution et moyens de lutte

Épurer, ou traiter, une eau usée (ou résiduaire) revient à la débarrasser de tous les éléments solubles ou non et qui ne sont pas acceptable par le milieu aquatique, et aussi à lui restituer ses propriétés physico-chimiques d'origine (température, couleur, odeur, par exemple).

Ainsi, l'eau doit être épurée :

- Avant utilisation pour qu'elle soit consommable ou suffisamment pure pour l'usage que l'on veut en faire ;
- Après utilisation pour que son rejet n'ait pas de conséquence néfaste sur l'environnement.

Selon son origine, la pollution des eaux superficielles et souterraines peut être réduite de façon préventive ou curative et selon des procédés divers schématisés comme suit (Fig. 4)

Partie 1 : Diversité biologique

Chapitre 2 : Menaces, pollution et facteurs de dégradation de la biodiversité

- Epuration biologique

L'épuration biologique consiste à mettre la matière organique contenue dans les eaux usées au contact d'une masse bactérienne active en présence d'oxygène. Composée essentiellement de bactéries et de protozoaires, celle-ci va se nourrir de la matière organique et la dégrader. Elle reproduit dans des réacteurs spécifiques un phénomène qui se serait déroulé naturellement dans les rivières. A l'issue de ce processus, les bactéries constituent les "boues" qui devront être séparées de l'eau épurée (Ramade, 1982).

- Epuration physico-chimique

Lorsqu'un effluent contient des toxiques, il ne doit pas être introduit dans un traitement biologique car il en détruirait les micro-organismes. La plupart des effluents rejetés par l'industrie chimique et l'industrie des métaux contiennent des toxiques et font l'objet d'un traitement particulier. Les réactifs utilisés sont adaptés à la nature de chaque substance toxique à neutraliser.

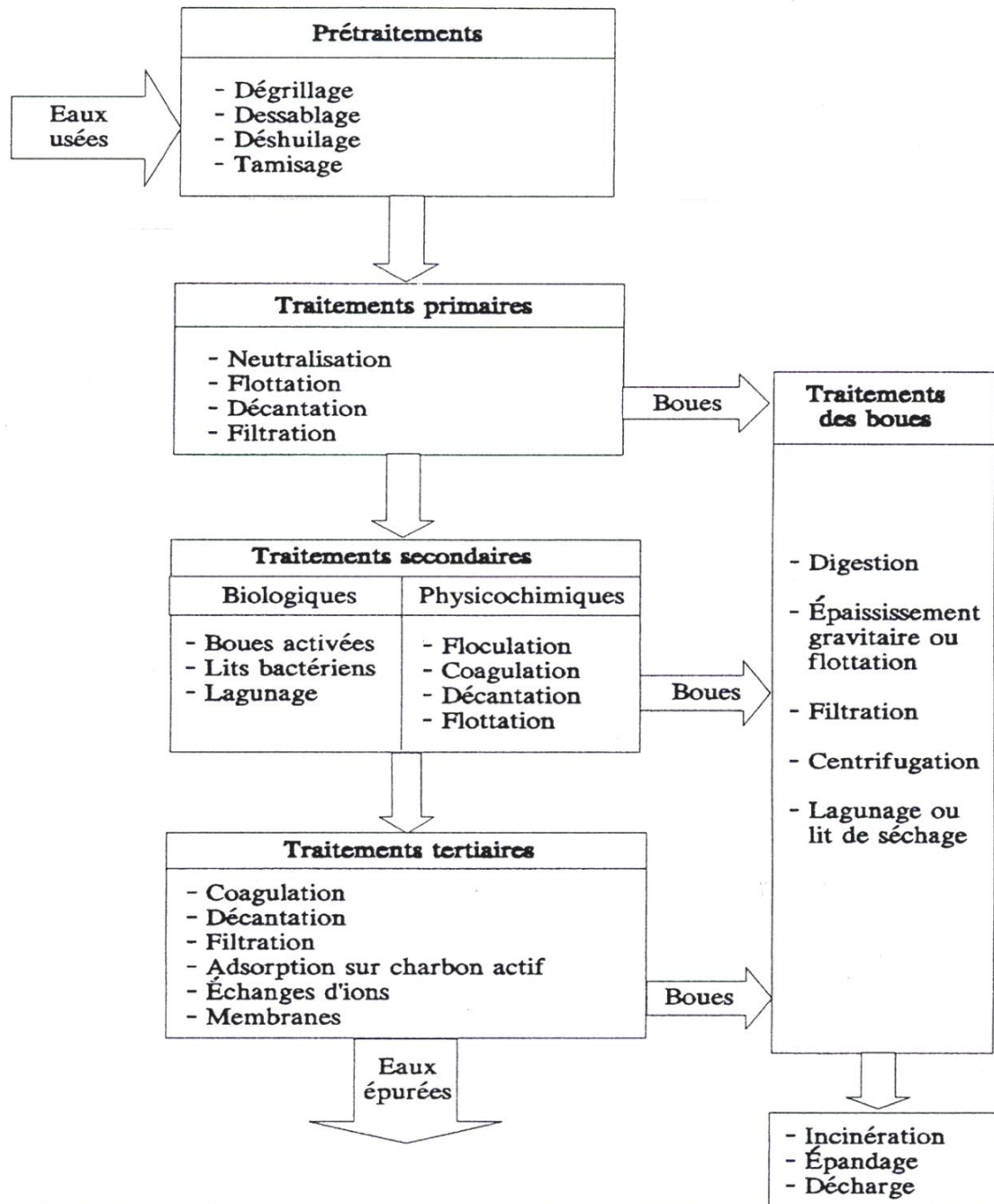


Fig. 4 : Etapes de traitement des eaux usées

On distingue 3 étapes pour l'épuration des eaux usées (Fig. 5) :

- Traitement primaire

Réfère à une séparation physique liquide-solide dont l'objectif est d'enlever le maximum de matières en suspension dans les eaux usées (exemple : la filtration sur sable).

- Traitement secondaire

Fait appel aux procédés biologiques, par lesquels on fait consommer les matières organiques présentes par des bactéries aérobies ou anaérobies (exemple : lit bactérien).

- Traitement tertiaire

Permet d'obtenir une qualité d'effluent supérieure à celle obtenue par les procédés biologiques classiques.

C'est un traitement de finesse pour éliminer toute trace de polluant (exemple : adsorption sur charbon actif).

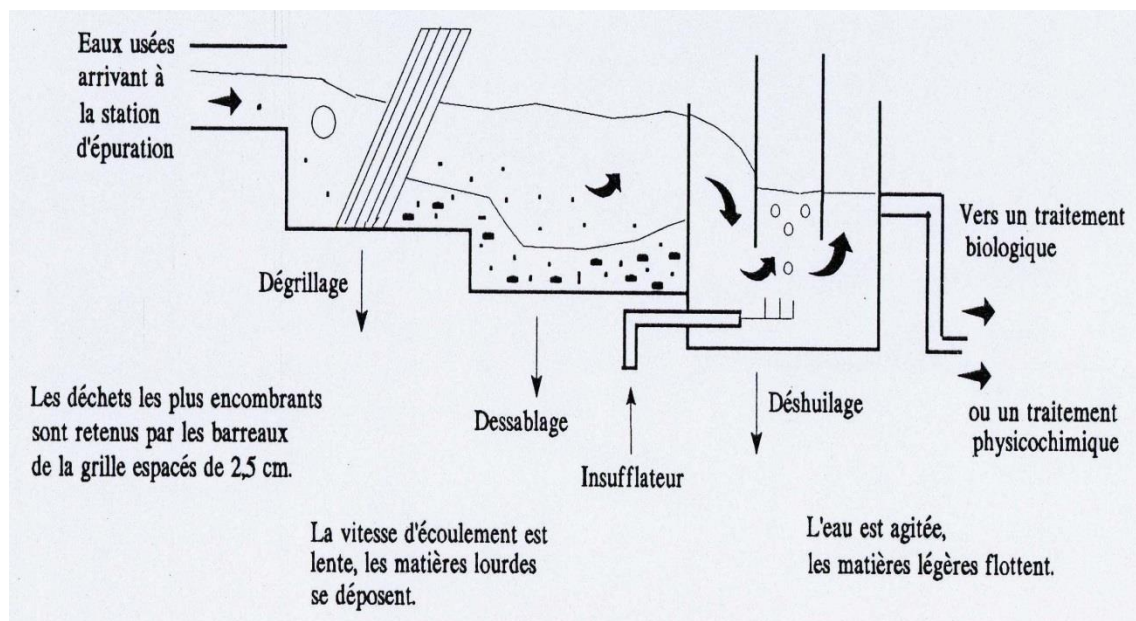


Fig.5 : Différentes étapes du prétraitement des eaux usées

2.5 Eutrophisation

L'eutrophisation (du grec "EU" : bien et "TROPHOS" : nourri) désigne un enrichissement des eaux en substances nutritives (azote, phosphore) provenant des rejets et des engrais utilisés en trop grande quantité.

Partie 1 : Diversité biologique

Chapitre 2 : Menaces, pollution et facteurs de dégradation de la biodiversité

L'apport massif de ces éléments provoque la croissance anarchique d'algues et de plantes aquatiques qui consomment l'oxygène indispensable à la survie des autres espèces.

Certaines substances toxiques déversées dans un cours d'eau peuvent pénétrer dans les chaînes alimentaires. C'est le phénomène de la bioamplification (Fig. 6).

Une faible partie de ces substances est évacuée par excrétion, mais le reste s'accumule dans certains organes (foie, muscles, graisse...) des poissons herbivores. Ceux-ci sont mangés par les poissons et les oiseaux carnivores, qui sont contaminés à leur tour, concentrant encore davantage les substances toxiques.

Les espèces qui se trouvent à l'extrémité supérieure de la chaîne alimentaire, y compris l'homme, sont ainsi exposées à des teneurs en substances toxiques beaucoup plus élevées que celles qui se trouvent au départ dans l'eau. Après leur absorption par le plancton, ces substances sont concentrées tout au long de la chaîne alimentaire jusqu'à atteindre des teneurs mille fois plus élevées (Ramade, 1982).

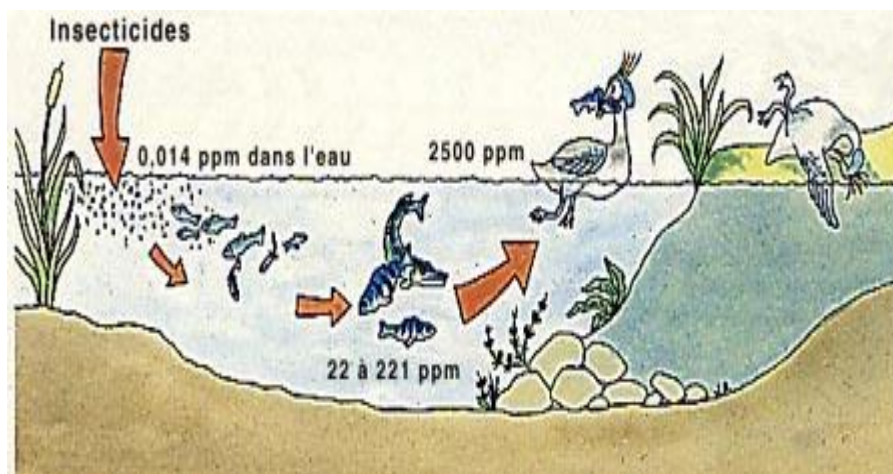


Fig. 6 : Exemple du déversement de substances toxiques dans un cours d'eau.

Chapitre 3 : distribution des biomes aquatiques

3.1 Définition d'un réseau trophique

Un réseau trophique se définit comme un ensemble de chaînes alimentaires reliées entre elles au sein d'un écosystème et par lesquelles l'énergie et la matière circulent (échanges d'éléments tel que le flux de carbone et d'azote entre les différents niveaux de la chaîne alimentaire, échange de carbone entre les végétaux autotrophes et les hétérotrophes).

Les relations alimentaires entre les êtres vivants d'un milieu, sont organisées en chaînes alimentaires. Dans ce même milieu, plusieurs chaînes alimentaires s'entrecroisent pour former un réseau alimentaire ou réseau trophique. Ainsi chaque maillon du réseau peut faire partie de plusieurs chaînes différentes (Fig. 7).

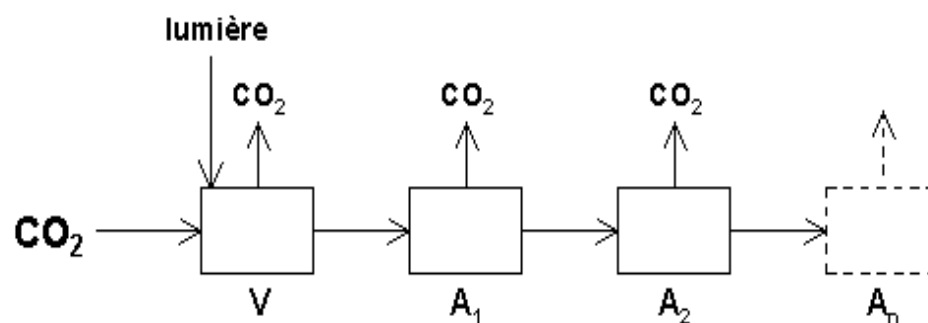


Fig. 7 : Schéma simplifié d'un réseau trophique (V : végétal ; A : animal)

Dans un écosystème, la productivité primaire est réalisée par les producteurs primaires, premier maillon d'une chaîne alimentaire dans un réseau trophique. Elle mesure la quantité totale de matière organique fixée par photosynthèse.

Le terme de réseau trophique désigne l'ensemble des relations trophiques existant à l'intérieur d'une biocénose entre les diverses catégories écologiques d'êtres vivants constituant cette dernière (producteurs, consommateurs, décomposeurs).

Un réseau peut aussi se définir comme étant la résultante de l'ensemble des chaînes alimentaires unissant les diverses populations d'espèces que comporte une biocénose (Fig. 8).

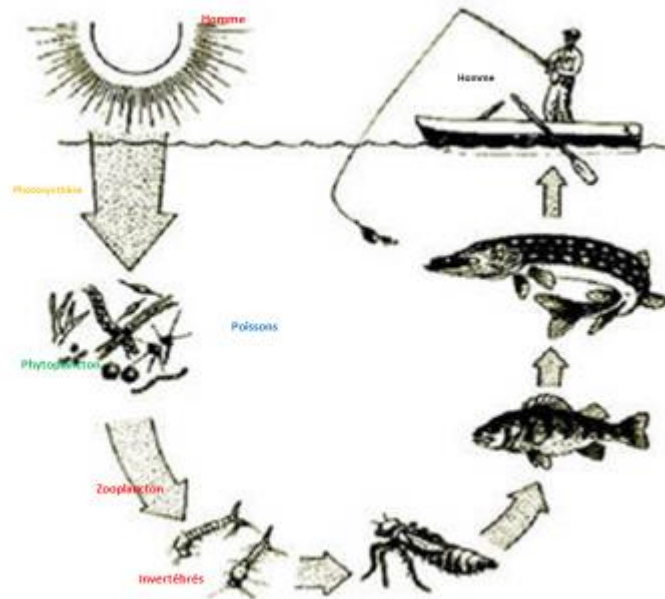


Fig. 8 : Schéma de la chaîne trophique

Pour construire un réseau trophique, il faut :

1. Repérer quels sont les différents êtres vivants de l'écosystème
2. Connaître le régime de chacun de ces êtres vivants.
3. Quand tu sais "qui mange quoi", écris le nom des êtres vivants, et relie-les par des flèches qui signifient "est mangé par"

3.2. Niveau trophique

En écologie, le niveau trophique est le rang qu'occupe un être vivant dans un réseau trophique.

Les végétaux sont les premiers producteurs de matières organiques, appartiennent au premier niveau.

Les herbivores, consommateurs de ces végétaux, relèvent du deuxième niveau.

Partie 1 : Diversité biologique
Chapitre 3 : distribution des biomes aquatiques

Les carnivores, prédateurs se nourrissant d'herbivores, sont eux rattachés au troisième niveau trophique.

Les omnivores, consommateurs à la fois de substances végétales et animales, appartiennent aux deuxièmes et troisièmes niveaux

On peut conclure sur la base de ce schéma que plus le niveau est élevé, moins les prédateurs sont nombreux (Fig. 9).

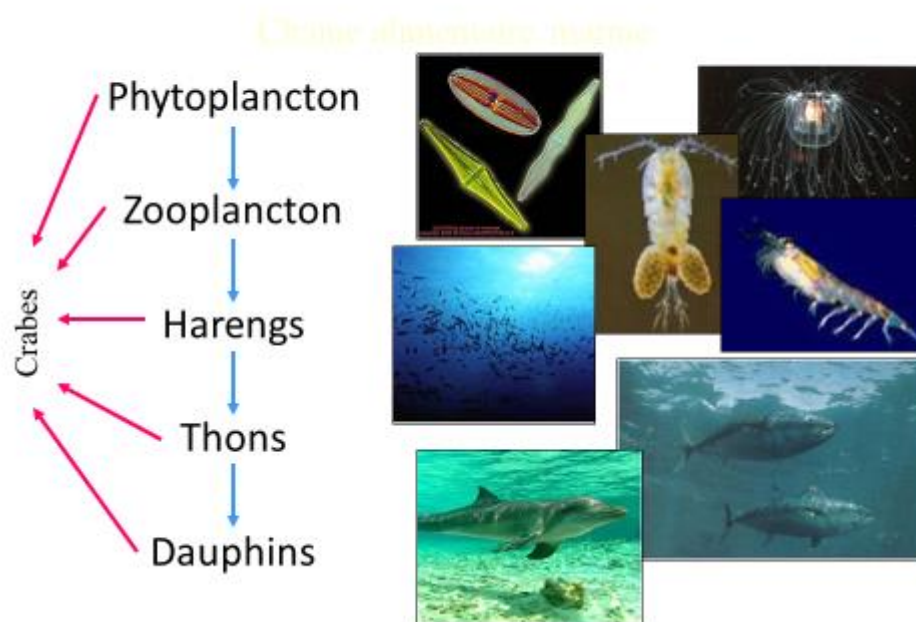


Fig. 9 : Schéma de la chaîne trophique aquatique

3.3. Organismes aquatiques

3.1.1 Plancton

Le mot plancton (anciennement plankton, du grec ancien *planktós* ou « errant ») désignait chez Homère les animaux errant à la surface des flots.

Le plancton est l'ensemble des petits organismes vivants dans les eaux douces, saumâtres et salées.

Partie 1 : Diversité biologique
Chapitre 3 : distribution des biomes aquatiques

Hensen, en 1887 le définit comme l'ensemble des petits organismes vivants dans les eaux douces, saumâtres et salées, le plus souvent en suspension et apparemment passivement : gamètes, larves, animaux inaptes à lutter contre le courant (petits crustacés planctoniques et méduses), végétaux et algues microscopiques (Boudiffa, 1973).

Le plancton est constitué de tous les êtres vivants microscopiques qui vivent dans les milieux aquatiques marins ou dans les milieux aquatiques continentaux. Même si les espèces ne sont pas toujours les mêmes, les planctons qui peuplent les mers, les océans, les fleuves, les rivières ou les lacs se ressemblent beaucoup, et ont la même fonction écologique.

Le caractère passif du déplacement est réputé être le seul critère valable pour caractériser l'appartenance au plancton, mais de nombreuses espèces planctoniques sont capables de se déplacer (flagelles, modifications de la densité des cellules...)

Les êtres vivants du plancton peuvent vivre soit en pleine eau (espèces strictement planctoniques), soit se fixer sur un support immergé en sécrétant du mucus (periphyton), soit les deux.

Les catégories dimensionnelles supérieures ne renferment que des espèces animales (zooplancton), alors que des espèces végétales (phytoplancton) dominent dans les catégories correspondant aux tailles les plus faibles (Boudiffa, 1973).

- Phytoplancton

Le phytoplancton (du grec phyton ou « plante ») est le plancton végétal. Plus précisément il s'agit de l'ensemble des espèces de plancton autotrophes vis-a-vis du carbone (y compris les bactéries telles les cyanobactéries).

Partie 1 : Diversité biologique
Chapitre 3 : distribution des biomes aquatiques

Le phytoplancton produit la plus grande part de l'oxygène que nous respirons. Il est à la base des réseaux trophiques océaniques et des oiseaux marins et joue un rôle essentiel dans le contrôle du climat, notamment en pompant le CO₂ (Gaz à effet de serre) de l'air.

Il n'est présent en quantité massives que dans les couches superficielles de la mer, principalement dans la zone euphotique, où il accomplit sa photosynthèse; c'est-à-dire qu'il absorbe des sels minéraux et du carbone (sous forme de CO₂) pour rejeter de l'oxygène sous l'effet de la lumière. Le nanoplancton peut être présent dans des couches plus profondes.

Le phytoplancton ne représente que 1 % de la biomasse d'organismes photosynthétiques sur la planète mais assure environ 45 % de la production primaire (fixation du carbone minéral (CO₂) en carbone organique). Il est à la base de la nourriture de la plupart des poissons, qui fixent eux-mêmes une quantité considérable de carbone (2,7 à 15 %) sous forme de carbonate de calcium.

Le phytoplancton est facilement différenciable du zooplancton par des formes très simples (pas de pattes, pas d'antennes) souvent géométrique (carré parfait, rond, ovale).

Le phytoplancton comprend des microalgues (que l'on ne voit pas à l'oeil nu) qui se laissent transporter au gré des courants (Boudiffa, 2013).

Ce sont les producteurs primaires de l'océan, comme les plantes sont les producteurs primaires sur la terre.

- Zooplancton

Le zooplancton (du grec zoo ou « animal ») est un plancton animal. Il se nourrit de matière vivante, certaines espèces étant herbivores et d'autres carnivores.

Partie 1 : Diversité biologique

Chapitre 3 : distribution des biomes aquatiques

- Il remonte la nuit vers la surface pour se nourrir de phytoplancton et redescend pendant la journée vers les eaux plus profondes.
- Le zooplancton est composé d'organismes unicellulaires ou pluricellulaires qui se procurent leur énergie en consommant des organismes vivants ou de la matière organique déjà constituée (Kerfouf *et al.*, 2008).
- Ils sont incapables de faire de la photosynthèse.
- Le zooplancton se nourrit de matière organique, de phytoplancton ou de zooplancton.

Il vit dans la colonne d'eau. Il est constitué d'animaux microscopiques. Le zooplancton est présent, en eau salée comme en eau douce, s'il y a de l'oxygène.

Près de la côte, de la surface et aux hautes latitudes, il est généralement abondant, de grande taille et peu diversifié. Tandis qu'au large il est moins abondant, de plus petite taille mais avec une plus grande diversité d'espèces (Kerfouf *et al.*, 2008).

Le zooplancton constitue une source de nourriture importante pour de nombreuses espèces benthiques, de têtards d'amphibiens ou de poissons. Il joue ainsi un rôle important dans la chaîne alimentaire. Plusieurs organismes zoo planctoniques filtrent diverses espèces d'algues, de protozoaires et de bactéries augmentant ainsi la transparence de l'eau.

On classe généralement le plancton en fonction de sa taille en :

- Ultraplancton dont la taille est inférieure à 5 microns (bactéries).
- Nanoplancton dont la taille est comprise entre 5 et 50 μm .
- Microplancton dont la taille est comprise entre 50 μm et 1 mm.
- Mésoplancton dont la taille est comprise entre 1 et 5 mm.
- Macroplancton dont la taille est supérieure à 5 mm.

Le zooplancton est facilement différenciable du phytoplancton par des formes plus complexes : présence de pattes, d'antennes.

Partie 1 : Diversité biologique
Chapitre 3 : distribution des biomes aquatiques

On distingue deux grandes classes de zooplancton :

- Des êtres vivants holoplanctoniques, dont la totalité du cycle biologique se déroule au sein des eaux.
- Des espèces méroplanctoniques, dont le cycle biologique se partage en deux périodes, l'une planctonique, l'autre benthique.

3.1.2 Necton

A l'opposé du plancton, le necton qui est capable de se déplacer activement horizontalement et/ou verticalement éventuellement contre le courant

Le necton est représenté généralement par les poissons, organismes animaux appartenant aux vertébrés (Fig. 10).

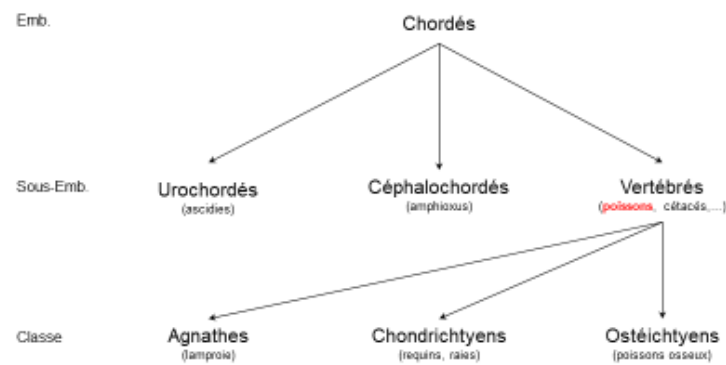


Fig. 10 : Classification des poissons

Ce sont les poissons, animaux avec une colonne vertébrale possédant des branchies toute sa vie et qui peuvent posséder des nageoires. Les poissons ne forment pas un groupe phylogénétique homogène, à l'inverse des oiseaux ou des mammifères.

Partie 1 : Diversité biologique
Chapitre 3 : distribution des biomes aquatiques

Il possède une peau généralement recouverte d'écailles ; il pond des œufs, la fécondation peut être interne ou externe. Ils ont rôle fondamental pour les hommes, en tant que nourriture.

Ils sont exposés dans de grands aquariums publics, en jouant un rôle éco systémique important et en contribuant aux cycles biogéochimiques, dont le cycle du carbone.

3.1.2 Benthos

Les fonds aquatiques, depuis la ligne de rivage jusqu'aux plus grandes profondeurs des systèmes limniques, constituent le domaine benthique, par opposition au domaine pélagique, représenté par l'ensemble des eaux qui surmontent les fonds. Les organismes, végétaux ou animaux, qui vivent sur le substrat ou dans le substrat, ou même qui nagent dans son voisinage immédiat, forment le benthos.

Bien entendu, les végétaux chlorophylliens, capables d'édifier les matières organiques à partir de matières minérales, ne peuvent exister que dans les fonds auxquels parvient un éclaircissement suffisant pour permettre la photosynthèse. Ces fonds constituent le système littoral, appelé aussi, puisqu'il est caractérisé par la présence de végétaux, le système phytal. Par opposition à celui-ci, on appelle système profond, ou aphytal, l'ensemble des fonds depuis la limite inférieure de la végétation jusqu'aux plus grandes profondeurs.

On distingue trois catégories en fonction de la taille :

Le **macrobenthos** selon More (1942) est composé de Mollusques, de Crustacés, d'Annélides, de Polychètes.

Le **méiobenthos** se compose de Copépodes, d'Annélides interstitielles, de Nématodes et de foraminifères.

Le **microbenthos** comprend les Protozoaires, les Diatomées, les Bactéries.

Partie 1 : Diversité biologique
Chapitre 3 : distribution des biomes aquatiques

Les rapports des êtres benthiques avec le substrat dépendent largement de la nature de celui-ci. Le fond peut être dur ou meuble (sable, sable vaseux, vase). Les galets et les graviers peuvent être rangés dans l'une ou l'autre catégorie suivant les mouvements dont ils sont agités : un fond de galets dans un endroit calme sera l'équivalent d'un substrat dur, à ceci près que les interstices entre les galets ménageront des espaces propres à être peuplés, alors que de pareils galets remués par les vagues auront la valeur d'un substrat meuble.

Bien que les végétaux ne puissent en principe vivre que sur le fond, puisqu'ils ont besoin de lumière, certaines algues unicellulaires s'y enfoncent quelque peu. Ainsi des algues bleues peuvent forer la pellicule superficielle des roches calcaires et des diatomées peuvent vivre dans les premiers millimètres de l'épaisseur des fonds sableux, si du moins leurs grains sont suffisamment grossiers pour laisser pénétrer dans leurs interstices un éclaircissement suffisant. Alors que presque toutes les Phanérogames marines vivent enracinées dans les fonds meubles, la plupart des Algues se fixent sur des substrats rocheux, ou encore les unes sur les autres (épiphytisme).

Une part importante de la faune benthique vit à la surface du substrat ; les espèces qui mènent ainsi une vie « épigée » constituent ce qu'on appelle l'épifaune (figure 1,2). Ces animaux, dits *épibiontes*, se répartissent en formes à mobilité élevée, ou vagiles, en formes sédentaires.

À l'opposé de cet ensemble de la faune épigée, on trouve tout un ensemble de formes endogées (endofaune), c'est-à-dire qui se logent dans l'intérieur du substrat et qui sont, évidemment, foreuses lorsque celui-ci est dur et fousseuses lorsqu'il est meuble.

Pour la collecte de la nourriture, on peut distinguer sommairement deux grandes catégories, les macrophages et les microphages, suivant que la taille des proies est relativement importante par rapport à celle de l'espèce considérée, ou qu'il s'agit au contraire de proies microscopiques.

Pour la reproduction, deux procédés sont possibles, la multiplication asexuée et la reproduction sexuée (Encyclopédie, 2005).

Partie 2

*La deuxième partie du cours concerne les milieux lenticques : lacs, étangs, mares, etc...
C'est l'occasion d'examiner les problèmes de circulation d'eau sous les différentes latitudes et de préciser la structure et le fonctionnement des biocénoses qui y sont développées.*

Partie 2 : Milieux lenticques
Chapitre 1 : Lacs

Partie 2 : Milieux lenticques

Introduction

En écologie, on désigne sous le nom d'eaux stagnantes, ou dormantes, des étendues d'eau douce au courant très faible ou nul : mares, étangs, lacs, marais avec eau libre et chenaux calmes.

La distinction des différents types de plans d'eau ne se base pas uniquement sur leur taille, mais également sur la richesse des eaux.

Les eaux stagnantes sont classées selon leur taille et leur profondeur.

Les eaux stagnantes sont classées en plusieurs types selon :

- Le profil des berges et la morphologie des fonds,
- L'éclairement, la granulométrie et la nature des sédiments,
- La minéralisation et le pH des eaux
-

Chapitre 1 : Lacs

Les lacs sont des dépressions de l'écorce terrestre remplies d'eau. Ils sont de tailles très variables et sont répartis sur toute la surface du globe. On désigne sous ce terme un ensemble d'écosystèmes aquatiques, généralement d'eau douce, occupent le fond d'une dépression ou d'un bassin géologique sans communication directe avec la mer (à la différence des lagunes).

On en trouve à toutes les altitudes aussi bien en haute montagne (le lac Titicaca au Pérou est situé à 3 812 m au-dessus de la mer) qu'au niveau de la mer ou même en dessous (le niveau de la mer Morte est à -394 m d'altitude). Le plus profond est le lac Baïkal, qui, avec ses 1 637 m de profondeur, n'en est pas moins situé à 457 m d'altitude, tout comme le lac de Côme et de nombreux lacs de Norvège qui occupent d'anciens fjords et dont le fond est au-dessous du niveau de la mer. Quant au plus grand, certains, considérant la définition et la situation actuelle des lacs, le verront

Partie 2 : Milieux lenticques
Chapitre 1 : Lacs

dans la mer Caspienne, d'autres dans le lac Supérieur, tandis que d'autres encore n'hésiteront pas à donner à la mer Noire ou même à la Baltique le statut de lac au même titre que le Maracaïbo (Venezuela).

Plus de quarante lacs naturels dans le monde ont une superficie supérieure à 4 000 km² et une quarantaine ont une profondeur qui dépasse trois cents mètres. Dans les régions où un même phénomène géologique a provoqué l'apparition d'un grand nombre de cuvettes remplies, on parle de familles de lacs : ainsi la Scandinavie compte des dizaines de milliers de lacs dus à des phénomènes glaciaires ; de même le Michigan; la Rift Valley en Afrique comporte une chaîne de lacs, cette fois d'origine tectonique (lacs Malawi, Tanganyika, Mobutu et Turkana); la mer Morte est de cette famille (Encyclopédie Universalis, 9).

La durée de vie des lacs est variable. Les plus anciens sont d'origine tectonique (lac Tanganyika, lac de Prespa) et peuvent exister depuis l'ère tertiaire. La plupart ont un régime hydrologique positif et sont comblés peu à peu par les sédiments apportés par leurs affluents. Leur vie est de l'ordre de la dizaine, voire de la centaine de millénaires. Le Léman, à la vitesse à laquelle il se comble, peut exister encore quelque quarante millénaires si d'autres phénomènes géologiques ne viennent accélérer ou ralentir sa disparition. Il y a dix mille ans, le lac Tchad était dix fois plus grand qu'actuellement et sa durée de vie est essentiellement fonction de la pérennité des apports du Chari qui lui fournit chaque année 95 p. 100 de ses besoins en eau (Gaujoux, 1995).

On désigne sous le terme de lac, un ensemble d'écosystèmes aquatiques, généralement d'eau douce, occupant le fond d'une dépression ou d'un bassin géologique sans communication directe avec la mer, à la différence des lagunes. La différence entre les lacs et d'autres types d'écosystèmes lenticques similaires tels les étangs tient moins à leur surface qu'à leur profondeur. Les lacs possèdent une profondeur suffisante pour présenter une zonation verticale, celle-ci est marquée par une stratification thermique qui se traduit par la présence d'une région superficielle dite epilimnétique et d'une zone profonde ou hypolimnétique. Cette zonation verticale

Partie 2 : Milieux lenticques
Chapitre 1 : Lacs

concerne aussi la pénétration de la lumière laquelle n'atteint généralement par les couches profondes qui sont de ce fait, ophtiques et donc dépourvues de végétaux autotrophes. La turbidité des eaux y est souvent forte, par suite de la lumière et de la remise en suspension du matériel du fonds, plus ou moins floкулés dès que le vent provoque la turbulence des eaux (Ramade, 1979).

1. Classification

Les classifications des lacs sont basées sur : la nature de la cuvette, la taille de la cuvette et de la profondeur des eaux qui permettent de distinguer trois types de lacs (Ramade, 1982). Un lac est une grande étendue d'eau, Il est généralement douce, entourée par les terres, leurs eaux possèdent un renouvellement très lent « écosystème lentique ».

La profondeur, le volume et la superficie des lacs sont plus variable.

La classification des lacs peut se faire sur le type d'événement géologique qui a présidé à leur formation.

Les lacs peu profonds

L'influence du vent présente une homogénéisation de la température et de la lumière.

Lacs profonds

Par l'influence du vent, l'eau et les espèces subissent la même température sauf que la lumière n'arrive pas jusqu'aux parties profonds.

Lacs très profonds

Dans ce cas les 2/3 de la partie haute du lac va être influencé par le vent pour subir une température et un taux de la lumière mais le 1/3 qui reste au fond n'est influencé ni par la température ni par la lumière. C'est une partie totalement stagnante où on rencontre les espèces benthiques. Certains lacs comme celui de lac

Partie 2 : Milieux lenticques
Chapitre 1 : Lacs

Tonga (Wilaya d'El Taref) sont des bassins fermés, c'est-à-dire, que leurs effluents ne communiquent pas avec la mer (Baaloudj et *al.*, 2008).

Les plus nombreux appartiennent à des bassins ouverts, communiquant directement avec les océans ou les mers (Fig. 11).



Fig. 11: lac Tonga

2. Étude hydrologique

À l'origine la limnologie était définie comme l'« **océanographie des lacs** ». Elle est généralement classée comme une subdivision de l'hydrologie qui appartient au domaine de la géographie.

D'une façon générale, peuvent être différenciées à court terme des actions dominantes (variations de niveaux, intensité des courants de surface et de subsurface) et des actions secondaires, ou très lentes ou très rapides, mais ayant pratiquement toujours une certaine périodicité (dénivellations périodiques, clapotis, courants de fond). À long terme, les actions dominantes sont d'ordre physique et biologique (Germain et Seguey, 1975).

2.1 Variations de niveau

Partie 2 : Milieux lenticques
Chapitre 1 : Lacs

Les précipitations jouent un rôle à la fois direct et indirect : direct par la dilution des eaux de surface et les apports chimiques dus à l'eau de pluie ; indirect par un accroissement du débit des affluents. Ces deux rôles se conjuguent pour entraîner des variations de niveau appréciables et qui frappent les riverains et utilisateurs des lacs. Dans le grand lac du Cambodge, ces variations atteignent dix mètres ; dans le Léman, elles étaient de trois mètres avant la régularisation à Genève du débit du Rhône. Les installations portuaires doivent souvent être aménagées en conséquence et ce n'est pas une des moindres préoccupations des ingénieurs (Encyclopédie Wikipédia, 2004).

2.2 Ondes et courants

Le vent, par son action à la surface des eaux, provoque des courants, brasse les couches superficielles qui, par friction, entraînent les eaux profondes en un mouvement plus lent, certes, mais durable, dont le résultat est un échange de substances nutritives ; un certain équilibre s'instaure entre les différents étages discernables dans la masse d'eau. Par sa force, le vent apporte également de l'énergie au lac, énergie immédiatement utilisée pour produire des dénivellations apériodiques qui rompent l'horizontalité des eaux de surface et les « montent sous le vent ». Quand celui-ci s'arrête, le retour à l'équilibre s'effectue par des balancements successifs ou seiches, sorte de marées rapides qui, découvertes dans le lac Léman par Fatio de Duillier en 1730, puis étudiées systématiquement par F. A. Forel en 1910, ont été observées depuis dans tous les lacs et mers du globe (Vivier, 1998).

Les variations locales du champ de pression atmosphérique sont aussi la cause primaire de telles seiches.

Cette période peut être de quelques minutes dans les petits lacs à plusieurs heures dans les plus grands : dans le lac de Joux (Jura), la période est de 12 minutes 15 secondes, dans le Léman de 73 minutes 30 secondes, dans le lac Érié de 786 minutes.

L'amplitude des seiches varie de quelques millimètres à plusieurs mètres. Leur rôle sur la zone littorale et sur l'exploitation des lacs est parfois considérable du fait

Partie 2 : Milieux lenticques
Chapitre 1 : Lacs

qu'elles induisent des ondes internes beaucoup plus lentes mais d'amplitude bien plus importante, ayant des répercussions sur la répartition de la flore et de la faune (Germain et Seguey, 1975).

D'autre part, la viscosité de l'eau varie avec la température. Les vents, en déplaçant les masses d'air à la surface de l'eau, provoquent par friction des vagues d'abord et des courants de dérive ensuite qui, de proche en proche, entraînent la masse d'eau. La stratification thermique provoque, elle, un gradient de densité, et les courants seront de plus en plus faibles en profondeur tout en intéressant toujours la totalité des couches d'eau. Comme en mer, la rotation de la Terre (force de Coriolis) dévie ces courants. De tels phénomènes ont été décelés dans les grands lacs africains, américains, asiatiques et même dans des lacs de la taille du Loch Ness, du lac de Constance ou du Léman (Encyclopédie Universalis, 2005).

Un système complexe de courants s'instaure ainsi dans les lacs à toutes profondeurs ; la répartition des sédiments apportés par les affluents, celle des substances nutritives pour les organismes et celle même de ces organismes en dépendent.

- Zonation thermique

La densité de l'eau, prise comme unité à 4°C et 760 millimètres de mercure varie avec la température, la salinité et la pression. L'eau est d'autant plus lourde qu'elle a une température voisine de 4°C à pression normale. Le soleil, en réchauffant une masse d'eau par le dessus, provoque ainsi une stratification thermique dans les eaux dormantes des lacs et ce n'est qu'en profondeur que la température reste basse en saison chaude, si les vents ne viennent contribuer à brasser les couches ainsi différenciables :

- Épilimnion près de la surface, à la température variable saisonnièrement (donc plus ou moins épaisse);

Partie 2 : Milieux lenticques
Chapitre 1 : Lacs

- métalimnéen ou couche de transition caractérisée par une forte variation de température avec la profondeur (thermocline);
- Hypolimnion ou couche profonde à température basse et aux mouvements de convection lents (Gaujous, 1995).

Quand les couches profondes d'un lac sont régulièrement renouvelées au cours des périodes de circulation thermique qui alternent avec celles de stratification, il y a holomicticité. Les lacs situés en régions tempérées et à altitude moyenne ont deux périodes de circulation alternant avec une stratification thermique directe et une stratification thermique inverse ; ils sont dits dimictiques. Ceux où chaque année n'alterne qu'une période de stratification et une période de circulation sont dits monomictiques. Les lacs thermomonomictiques n'ont qu'une période de stratification thermique d'eau chaude et les psychromonomictiques n'ont qu'une période de stratification thermique d'eau froide, c'est le cas des lacs de montagne ou de hautes latitudes qui gèlent l'hiver et dont l'eau ne dépasse pas 4°C en saison « chaude ».

Il existe des lacs oligomictiques dont les eaux se mélangent très peu et des lacs polymictiques où, au contraire, il n'y a que de courtes et aléatoires périodes de stratification thermique (lacs de plaine en région tropicale). En fonction des facteurs qui, directement ou non, freinent ou provoquent le mouvement et la stratification des eaux, tous les termes de passage existent, variables également dans le temps, entre ces divers types de lacs. La profondeur et l'orientation de la cuvette lacustre jouent, d'ailleurs, un grand rôle dans la « réceptivité » des lacs à ces causes de fluctuations hydrologiques (Gaujous, 1995).

Quand elle devient permanente, comme dans certains lacs à basses latitudes, la stratification thermique entraîne une méromicticité ou blocage des couches profondes par maintien toute l'année d'un gradient de densité (lac Tanganyika). Ce blocage peut être aussi lié à l'existence d'un gradient de salinité trop accusé pour que le refroidissement saisonnier provoque un mélange des couches profondes et de surface. C'est le cas de lacs riches en sels en profondeur (lac Tokke en Norvège). Dans ces couches profondes bloquées, la vie est encore possible parfois, mais le plus souvent

elle est réduite à une activité bactérienne de reminéralisation de la matière organique qui se sédimente lentement (mer Morte, lac Kivu), (Encyclopédie Wikipédia, 2004).

3. Étude géomorphologique

3.1 Origine et permanence

L'eau d'origine atmosphérique est en grande partie absorbée par les couches de surface (nappe phréatique) puis, ressortant par les sources, s'écoule dans des vallées, s'étale dans tout creux de l'écorce terrestre (définition étymologique du mot lac), constitue des étangs, voire des lacs de barrage, des réservoirs si l'homme arrête par ses œuvres cet écoulement naturel.

Quand les apports sont importants et réguliers, l'évaporation faible et le sous-sol imperméable, l'écoulement vers un point bas qui est souvent la mer est de règle (exoréisme). Mais le globe terrestre est riche d'exceptions : près du quart des terres émergées est constitué de bassins endoréiques, sans communication avec les océans (au moins directement) ; les points bas de ces bassins recèlent souvent des lacs, là où le jeu des apports et des pertes s'équilibre plus ou moins. En Australie comme en Afrique ou en Amérique du Nord, de tels bassins existent. Ailleurs, les apports sont trop faibles, l'évaporation trop intense ou le sol trop perméable pour permettre l'existence de lacs permanents (bilan hydrologique négatif).

Dans l'histoire géologique de ces régions, des lacs ont pu exister au hasard des variations du climat. La situation, telle qu'elle se présente aujourd'hui, n'est, en effet, que le reflet de ce jeu aux règles multiples. Très rares sont les lacs véritablement permanents à l'échelle des temps géologiques. Cependant, les phénomènes en cause (érosion, sédimentation, variations climatiques) sont assez lents à l'échelle de la vie humaine pour qu'on puisse considérer un lac, un fleuve comme un élément permanent de son environnement (Faurie et *al.*, 2003).

Partie 2 : Milieux lentiques

Chapitre 1 : Lacs

Nombre de lacs doivent leur origine au barrage naturel d'une dépression longitudinale, soit par des dépôts de glaciers (moraines), soit par des coulées volcaniques, soit par des alluvions, soit par suite de mouvements tectoniques. D'autres remplissent des dépressions produites par la dissolution de la roche en place ou son usure; c'est le cas au pied des grandes chutes d'eau ; ces lacs n'apparaissent alors que lors du retrait de l'eau fluviale. Ils peuvent aussi avoir une origine mixte, combinant plusieurs de ces phénomènes. Mais la plupart des grands lacs du monde remplissent de vraies dépressions, qu'elles soient profondes comme le Baïkal ou plates comme le lac Tchad.

Plus rares sont les lacs dus à l'action du vent, de la mer, ou encore à l'évolution d'une rivière. Dans les régions à vents réguliers et à sol sableux, régions souvent arides, se constituent des dunes entre lesquelles l'eau peut s'accumuler (Asie centrale, Afrique du Nord, dans la province du Kanem au Tchad). La formation de cordons littoraux au bord de la mer, ou même des lacs, entraîne la formation de nouveaux lacs (lacs d'Hourtin, de Lacanau dans les Landes françaises; nombreux lacs dans le Massachusetts et le Minnesota).

La coalescence de deux méandres d'une rivière constitue un lac en forme de fer à cheval ; le détournement partiel du lit entraîne la formation de *lônes* (terme consacré le long du Rhône) : quand la rivière déborde, elle laisse après l'inondation des noues (*backwaters* en anglais), qui évoluent parfois en lacs temporaires ou en marécages semi permanents. Ces noues ressemblent beaucoup à certaines mares de plaine ou de forêt ou à certaines « délaissées » de lacs près de l'embouchure d'un affluent à fort débit solide. On peut en rapprocher les lacs plats servant de régulateurs à certains fleuves, tel le grand lac du Cambodge alimenté par le Mékong. Il en est de même du complexe qui, dans la boucle du Niger, constitue un véritable delta intérieur de 19 450 km², alternativement inondé et exondé, dans lequel on reconnaît des lacs plus ou moins temporaires (lac Débo, lac Walado) (Pérès *et al.*, 1976).

3.2 Morphologie et sédimentation

La morphologie d'une cuvette lacustre est préfigurée par son origine même. Cependant, l'eau et ce qu'elle apporte en arrivant dans cette cuvette contribuent à lui donner un caractère propre. Au niveau de la zone littorale, les vagues et les courants sapent les berges et entraînent plus loin des matériaux qui vont se sédimenter dans les baies abritées ou vers le large dans les zones plus calmes et profondes. Il se constitue ainsi progressivement des rivages rocheux où l'érosion est prédominante et des rivages où les sédiments constituent une « beine » littorale d'érosion, à faible profondeur. Plus loin encore, un « talus », dont la pente est en grande partie déterminée par la granulométrie du matériau transporté par les courants littoraux, assure la continuité du fond jusqu'à la plaine centrale ; celle-ci se comble plus ou moins lentement grâce aux matériaux allochtones ou autochtones qui s'y déposent inexorablement.

Les matériaux allochtones sont soit grossiers, surtout au voisinage des embouchures d'affluents à cours rapide (ils se sédimentent en fonction du débit de ces affluents et la fréquence des apports est liée à celle des crues), soit plus fins, plus ou moins « classés » allant même jusqu'à constituer des vallées d'alluvions, souvent improprement appelées canyons (par exemple, ceux du Rhin dans le lac de Constance et du Rhône dans le Léman) ; ils servent de couloir d'avalanche à des matériaux plus grossiers (sables) qui parfois les encombrant lors de « crues » exceptionnelles. S'ils sont autochtones, les sédiments sont inorganiques ou organiques et leur dépôt est souvent saisonnier (Ramade, 1982). Dans un lac, l'ensemble de ces dépôts provoque un comblement progressif, horizontalement hétérogène. Les remaniements et les tassements ajoutent à cette hétérogénéité spatiale des sédiments lacustres.

Les fluctuations saisonnières de la sédimentation provoquent souvent la formation de « varves », alternances de couches claires et foncées qui, comme au lac de Zurich, ont permis de dater les événements principaux des périodes récentes du lac. Ces varves, que l'on retrouve dans de nombreux lacs assez profonds et à mode autochtone de dépôt des sédiments, constituent des indicateurs paléolimnologiques. Les informations qu'elles apportent s'ajoutent à celles qui peuvent être tirées de

Partie 2 : Milieux lenticques
Chapitre 1 : Lacs

l'étude chimique, physique et biologique des fonds lacustres et contribuent puissamment à reconstituer les paysages anciens de notre planète. Ce sont d'excellents enregistreurs des variations climatiques et des « greniers » à graines, pollens et autres restes d'organismes qui s'y fossilisent aisément en même temps que les squelettes, frustules, oogones et parties chitineuses ou encore silicifiées de végétaux et d'animaux aquatiques.

L'ordre de grandeur de la vitesse de sédimentation dans un lac, quoique très variable, est souvent de l'ordre du millimètre par an (Ramade, 1982).

4. Etude biologique

Pour mieux comprendre les liens existants entre organismes lacustres, il faut en bien connaître les particularités écologiques liées elles-mêmes à leurs exigences physiologiques. Tout organisme, pour exister, doit trouver tout au long de sa vie des conditions propices à son développement et pouvoir se reproduire. Il doit également vivre en « bonne entente » avec ses voisins aux exigences similaires, dont il se nourrit partiellement ou encore auxquels il sert de nourriture.

L'eau est un filtre à radiations : les rayonnements de courtes longueurs d'onde en traversent aisément de grandes épaisseurs, tandis que les infrarouges sont arrêtés par quelques centimètres. Les organismes photosynthétiques, tributaires de l'apport en énergie radiante d'origine exosphérique, ont donc une distribution verticale liée à cette pénétration sélective des rayonnements dans l'eau. Le débit solide (en suspension) des eaux courantes et toutes les autres causes de variations de la turbidité des eaux naturelles gênent cette pénétration et influent donc sur la distribution à la fois horizontale et verticale des organismes (Germain et *al*, 1975).

L'étude des biocénoses lacustres s'apparente à celle des organes (et de leurs fonctions) d'un organisme pluricellulaire qui, pour le limnologue, serait le lac tout entier. Comme n'importe quel organe, les biocénoses, qu'elles soient planctoniques, benthiques, nectoniques, pleustoniques, peuvent être étudiées anatomiquement (taxinomie des éléments constitutifs) et physiologiquement (développement, vieillissement, transferts,

Partie 2 : Milieux lenticques
Chapitre 1 : Lacs

etc.). Le temps joue, dans l'étude de ces phénomènes, un rôle d'une importance primordiale, car chaque espèce se développe, évolue à une vitesse différente, passe par des stades définissables écologiquement (écophases), vit parfois simultanément avec d'autres dans le milieu (par exemple nauplies et copépodites de Copépodes, femelles et mâles de Rotifères, alevins et adultes de Poissons, etc.). Chaque écophase de chaque espèce a sa place dans la biocénose qui la concerne et les individus qui la composent changent en vieillissant d'écophase et parfois même de biocénose (cas des insectes). Le brochet (*Esox lucius*) a une écophase œuf benthique, une autre vésiculée périphytonique et anorexique, une écophase alevin jeune microphage et déjà nectonique, tandis que l'écophase adulte en fait un prédateur parfois redoutable et cette fois nettement nectonique (l'écophase adulte devient anorexique en période de reproduction) (Germain et Seguy, 1975).

4.1 Domaine pélagique

Comme dans la mer, le domaine pélagique est celui qui caractérise le mieux le milieu lacustre, même si, parfois, il ne joue pas le rôle essentiel dans sa physiologie. Il comporte deux importantes catégories d'organismes : ceux qui peuvent se libérer de plusieurs contraintes du milieu, tels les poissons, et constituent le necton ; ceux qui, végétaux ou animaux, subissent plus ou moins totalement ces contraintes et constituent le plancton (Boudifa, 1993).

Dans ce domaine se trouvent également des organismes qui vivent toujours, ou de préférence, à la surface de l'eau, soit dessus, soit dessous ; ils forment une biocénose très particulière appelée pleuston, à laquelle viennent se joindre les micro-organismes formant un film à la surface de l'eau appelé neuston.

La qualité et la densité du plancton dépendent à la fois des facteurs abiotiques ci-dessus mentionnés (pénétration de la lumière, température, etc.) et de facteurs biotiques, nutritionnels ou concurrentiels. La variété des types de lac et la nécessité d'y définir des zones géographiques particulières ont fait parler de limnoplacton pour le

Partie 2 : Milieux lenticques

Chapitre 1 : Lacs

vrai plancton pélagique lacustre tandis que l'héléoplancton se développe dans les zones peu profondes ainsi que dans les microlacs que sont les mares et quelques étangs. L'haliplancton est sténotope et ne vit que dans les eaux salées continentales et le tychoplancton comprend les organismes accidentellement planctoniques. Tout un vocabulaire de spécialistes s'ajoute à ces quelques exemples destinés à montrer combien peuvent être variées les biocénoses planctoniques (Ramade, 1979).

Les organismes du phytoplancton sont généralement des algues dont la biologie, quoique variable selon les espèces, permet des développements saisonniers. Leurs exigences différentes font qu'elles peuvent à la fois survivre ensemble durant une longue période (individus rares) et se développer considérablement selon les fluctuations du milieu. Si les facteurs abiotiques liés aux phénomènes périodiques d'ordre astronomique jouent un rôle important dans cette succession, dans bien d'autres cas, ils ne jouent qu'un rôle secondaire par rapport aux phénomènes aperiodiques ou aux facteurs biotiques dépendant eux-mêmes et directement du développement des populations. Par exemple, dans les eaux riches en phosphore se développent des *Scenedesmus* (Chlorophycées) ; dès que la teneur en phosphore a baissé par piégeage biologique, elles sont remplacées par des *Dinobryon* (Chrysophycées) ; des Cyanophycées comme *Anabaena* ou des Chlorophycées comme *Pediastrum* sécrètent dans le milieu une substance organique à la fois stimulante pour leur propre croissance et inhibitrice de la reproduction de la plupart des autres espèces. Ainsi naît une « fleur d'eau », formée par le développement exagéré (bien que non anarchique) d'une algue au point de colorer le milieu et d'être extraite : dans certains petits lacs du Tchad, comme du Mexique, le développement en masses, en certaines périodes de l'année, d'une Cyanophycée (*Oscillatoria*, groupe des *Spirulina*) permet à l'homme de l'exploiter comme source non négligeable de vitamines et de protéines. Dans le Sud-est asiatique, ces spirulines sont récoltées comme nourriture complémentaire pour des animaux domestiques (canards, notamment).

La densité du phytoplancton est très variable. Sa stratification, liée à la nécessité d'avoir à sa disposition une source d'énergie lumineuse suffisamment efficace, est une

Partie 2 : Milieux lentiqes
Chapitre 1 : Lacs

des curiosités les plus importantes de la limnologie ; on différencie une zone *euphotique* et une zone *oligophotique* où les organismes photosynthétiques peuvent prospérer ou au moins survivre, et une zone *aphotique* où la lumière utile ne pénètre pratiquement pas. Dans la zone euphotique se situe une profondeur pour laquelle le résultat de la photosynthèse est contrebalancé par celui de la respiration des mêmes organismes et des organismes animaux présents (profondeur de compensation). La zone supérieure, ou *trophogène*, représente la seule partie du lac où le « piégeage » effectif de l'énergie solaire amorce les processus de transfert de cette énergie qui se perd en mouvements, chaleur et métabolismes divers (Arrignon, 1991).

Le phytoplancton sert de nourriture à de nombreux éléments du zooplancton. Celui-ci, qui comprend aussi bien des Rotifères et divers Crustacés (Branchiopodes, Copépodes) que des larves d'Insectes (*Chaoborus*) ou de Mollusques (*Dreissena*), des Méduses (*Craspedacusta*) ou des Protozoaires, requiert une nourriture adéquate et en quantité suffisante à tous les stades de croissance et pour chaque écophase.

Le lien existant entre végétaux et animaux est extrêmement complexe car il varie constamment dans le temps. Les principaux facteurs de cette variation sont les courants, de dérive ou de seiches, les ondes internes, les variations de température parfois subséquentes, les variations de lumière et la répartition hétérogène de la nourriture (Arrignon, 1962).

Le recyclage permanent des matériaux nécessaires au développement des organismes planctoniques (bien que d'intensité variable) est une des caractéristiques essentielles des milieux aquatiques lacustres où tous les phénomènes vitaux (sécrétion, excrétion, respiration, alimentation) interfèrent : les déchets des animaux servent d'alimentation aux bactéries ; les produits secondaires de la photosynthèse des uns sont indispensables à d'autres (oxygène) ; les sécrétions de tous modèlent le milieu, stimulent les uns et inhibent le développement de beaucoup. Les phytophages planctoniques auront ainsi tendance à vivre dans les couches d'eau supérieures, mais leur phototropisme souvent négatif les oblige à ne monter en surface que la nuit ; des

Partie 2 : Milieux lenticques
Chapitre 1 : Lacs

migrations nycthémerales se dessinent, ajoutant encore à la variabilité qualitative et quantitative du plancton en un lieu donné d'un lac.

4.2 Domaine benthique

Les organismes qui, par leur conformation, leurs besoins nutritionnels ou leur haptotropisme (de *haptos*, qui adhère), sont liés au fond, quelle que soit sa nature, constituent une communauté, le *benthon* (on dit parfois, improprement, benthos).

Comme pour le plancton, on a distingué plusieurs sortes de benthon suivant que les organismes préfèrent vivre sur ou dans le substrat (épibenthon, endobenthon). Les principaux représentants du benthon lacustre – à part quelques exceptions comme la mousse *Thamnium alopecurum*, qui vit par soixante mètres de profondeur dans le Léman – sont des animaux : Vers Oligochètes et Turbellaires, Mollusques, larves d'Insectes Diptères (Chironomides). Ils contribuent avec les bactéries à donner au domaine benthique son utilité. Les sédiments de fond des lacs sont le plus souvent constitués de boues, de vases en cours de dépôt et dont une partie se fossilise. Sur ce fond vivent également des organismes ayant de nombreuses affinités avec la faune souterraine (par exemple, des Isopodes comme *Asellus cavaticus* ou des Amphipodes comme les *Niphargus*). La répartition hétérogène des sédiments entraîne, bien sûr, une variation importante aussi bien qualitative que quantitative dans la répartition de tous ces organismes animaux (et bactériens) (Faurie *et al.*, 2003).

4.3 Domaine littoral

Quand, remontant des fonds lacustres, on atteint la zone où les végétaux vasculaires font leur apparition, on découvre un domaine très différent, donnant à première vue, à l'œil exercé, une idée de richesse et de diversité.

Le domaine littoral, par son hétérogénéité, est en effet bien plus spectaculaire que les précédents. On y distingue pourtant vite un certain ordonnancement des organismes. Les plantes, fixées sur le fond, avec ou sans rhizomes, constituent une ceinture zonée de végétation.

Partie 2 : Milieux lentiques

Chapitre 1 : Lacs

Aux plus grandes profondeurs apparaissent des *Charas* quand l'eau est riche en sels de calcium, des *Isoetes* quand elle est acide, des *Litorella*, des *Nitella*, etc...

Par moindre profondeur se développent les nénuphars, potamots, cératophylles et myriophylles. Autour de ces plantes, comme sur tout autre substrat encombrant les rivages, vit une biocénose très particulière, le biotecton, constitué à la fois d'un feutrage organique, à dominance bactérienne, de matériaux floкулés, d'algues (Diatomées, surtout), protistes, vers (Nématodes, notamment), microcrustacés... Réduite à sa partie fixée sur les tiges et feuilles végétales plus ou moins en décomposition, elle est souvent appelée *périphyton* (Péres et al., 1976).

Le rôle de ce biotecton est considérable, car, quantitativement, bien qu'il représente une biomasse relativement faible, sa productivité est élevée. Il contribue, par ailleurs, à bloquer les particules en voie de floculation et participe ainsi, indirectement mais activement, au comblement des lacs.

Entre la végétation, sur et sous les cailloux, dans le sable quand il y en a, vivent également des communautés animales importantes, dont les fluctuations dans le temps sont souvent influencées par les variations de niveaux et les vagues. La biocénose propre au sable est dénommée *psammon* (Ramade, 1979).

4.4 Autres communautés lacustres

Le découpage d'un environnement est toujours artificiel. Quelles que soient l'hétérogénéité du milieu et la diversité des organismes qui composent les biocénoses, l'unité d'un lac *est*. Une communauté particulièrement importante pour l'homme, qui l'exploite parfois, concerne les trois domaines : c'est le necton, noté dans le domaine pélagique parce que là il démontre mieux ses possibilités de déplacements. Dans le domaine benthique, il est moins connu et, cependant, d'assez nombreux Poissons y sont presque strictement inféodés : lottes, ombles chevaliers (*Salvelinus*), poissons plats de certains lacs tropicaux, etc. Dans le domaine littoral, à la diversité s'ajoute une sédentarité que les pêcheurs amateurs connaissent bien (Arrignon, 1976).

Partie 2 : Milieux lenticques
Chapitre 1 : Lacs

Il ne faut pas oublier que les surfaces d'eau libre sont des refuges ou des gîtes d'étapes pour les oiseaux d'eau migrateurs ; ceux-ci contribuent, par leurs excréta, à l'enrichissement chimique du milieu ; par leur prédation, parfois sélective, à certaines modifications au moins quantitatives des faunes, et par les possibilités de rétention sur leur corps (plumes, pattes) d'œufs de durée, de kystes, etc., à une dispersion continue dans le temps d'organismes plus ou moins eurytopes. De nombreuses Algues, des Rotifères et des Crustacés voient ainsi leur répartition se modifier et il faut trouver là une raison, sinon la raison, de la panmixie de ces groupes d'organismes (Encyclopédie Universalis, 2005).

4.5 Endémisme des flores et faunes lacustres

Seuls quelques lacs sont très anciens. C'est pourquoi l'endémisme lacustre n'est pas très fréquent. Cependant, le cas des Amphipodes du lac Baïkal, comme celui des Isopodes du lac d'Ohrid, est à signaler. Dans le Tanganyika, des Mollusques endémiques existent, et certaines Éponges ne sont connues à l'heure actuelle que dans quelques lacs argentins. Des Poissons également peuvent évoluer différemment dans des lacs voisins et être ainsi le point de départ d'une sorte d'endémisme « ponctuel », très intéressant du point de vue génétique des populations. C'est le cas des Corégones de la région alpine.

Enfin, on trouve dans la zone tropicale des espèces qui ne s'étendent pas vers les zones tempérées ou froides, et réciproquement, et dont l'aire de distribution, si large soit-elle, est limitée à une portion de continent ; sans que ce soient des formes vraiment endémiques, elles caractérisent un certain nombre de milieux aquatiques géographiquement et climatiquement proches (Ramade, 1982).

4.6 Évolution trophique et productivité

Le milieu lacustre évolue sous l'effet d'actions physiques et biologiques périodiques et apériodiques, à court et à long terme. La matière organique s'entasse au fond, où s'accumulent, par ailleurs, les produits minéraux exogènes (sédiments, poussières) ou endogènes (calcaires lacustres, silice par exemple). Dans les régions

Partie 2 : Milieux lenticques

Chapitre 1 : Lacs

tempérées et subtropicales, le cycle des saisons fait réapparaître, chaque année, les mêmes phénomènes avec la même intensité, jusqu'au moment où des espèces influencées par les fluctuations climatiques laissent la place à d'autres moins « difficiles », plus prolifiques, qui accéléreront l'évolution de la masse, soit localement (baies en zone littorale, herbiers des hauts fonds), soit dans son ensemble (Arrignon, 1976).

Pour classer les lacs en fonction de leur capacité à produire plus ou moins vite de la matière organique, on a introduit la notion de *trophie* ; mais, depuis que les mécanismes de la production en milieu aquatique sont mieux connus, cette notion ne permet plus que de situer qualitativement les lacs les uns par rapport aux autres à un moment donné (dans le temps géologique), alors qu'il faudrait pouvoir mesurer leur vitesse propre d'évolution.

On parle ainsi d'*oligotrophie* quand un lac ne possède qu'une quantité insuffisante de matériaux de base destinés à fabriquer de la matière organique. Ce sont souvent des lacs « jeunes » ou situés dans des régions cristallines. Ils sont parfois profonds et, leur productivité étant faible, leurs caractéristiques physiques sont essentiellement une forte transparence, une teneur en oxygène relativement élevée, à toutes les profondeurs et en toutes saisons, et des sédiments pauvres en matière organique en voie de décomposition (Ramade, 1982).

Dans certains lacs, la matière organique s'est accumulée lentement, mais sa nature est telle que le recyclage de ses produits de décomposition est lent. Ils sont donc oligotrophes, au sens strict du terme, mais leurs eaux sont brunes et acides, leur transparence assez faible et leur fond tapissé de détritus organiques en voie de lente transformation ; on les dit *dystrophes*. Enfin, quand les matériaux de base (azote, phosphore, carbonates, etc.) sont abondants, la productivité élevée des eaux entraîne une série de modifications profondes du milieu qui le rend eutrophe. Un lac *eutrophe* a généralement une faible transparence par suite de l'abondance de ses éléments planctoniques ; ses eaux sont suroxygénées en surface le jour et désoxygénées en profondeur, pendant au moins la saison chaude (période de stratification). Les

Partie 2 : Milieux lenticques
Chapitre 1 : Lacs

sédiments du fond, riches en matière organique, sont le siège d'une activité bactérienne intense, tandis que leur faune y est réduite à quelques espèces adaptées (*Chironomus*).

Tous les termes de passage existent entre ces différents états « trophiques » et l'on parle parfois de mésotrophie, de myxotrophie, etc., pour distinguer ces états intermédiaires. L'évolution « trophique » d'un lac est généralement lente et inexorable à l'échelle du siècle, voire du millénaire. Les variations de climat jouent un rôle important sur la vitesse de cette évolution et même sur son sens. Si l'homme est un des agents principaux de l'introduction des substances qui, nutritives, sont « piégées » par les organismes producteurs de matière organique, il y a pollution chronique (chaque humain riverain d'un lac y apporte annuellement 5 kg d'azote et 1 kg de phosphore sous forme de déchets) et détérioration de l'équilibre initial de la masse d'eau. Tous les lacs sont appelés ainsi à évoluer et peu à peu à disparaître si les phénomènes géologiques (d'origine tectonique le plus souvent) et climatiques ne les rajeunissent pas.

La dépendance étroite constatée entre facteurs bioclimatiques à longue et à courte période et facteurs de productivité dans les lacs donne un caractère assez aléatoire à toute tentative d'apprécier à court terme la capacité de production, voire d'exploitation d'un lac particulier. Il n'existe actuellement que trop peu d'exemples où, par voie directe, il a été possible de mesurer le flux d'énergie caractérisant, à chaque niveau trophique, sa productivité. Un immense champ d'investigation est ouvert en ce domaine et si l'homme veut utiliser rationnellement ses plans d'eau, il doit faire un énorme effort de recherches scientifiques et techniques pour y parvenir. La tendance à utiliser les lacs comme fosses de décantation et de rejet des déchets de ses activités est vivement combattue. À une eutrophisation naturelle due au mode même de fonctionnement du système dynamique qu'ils représentent, l'homme a ajouté une eutrophisation qu'il ralentit actuellement. Ainsi, le lac d'Annecy, victime d'une surutilisation au XX^e siècle, est redevenu un lac oligotrophe (ou presque) après construction d'un égout collecteur périphérique, qui conduit en aval de son bassin

Partie 2 : Milieux lentiques
Chapitre 1 : Lacs

versant (et vers une station d'épuration) la quasi-totalité des déchets d'origine humaine produits sur ses rives (Arrignon, 1991).

4.7 Autres collections d'eaux dormantes

De la flaque d'eau de surface (ou souterraine) aux grands lacs, tous les intermédiaires existent ; le moindre fossé humide toute l'année, le moindre bassin en eau, le plus petit étang abritent des biocénoses plus ou moins caractéristiques et réagissant aux fluctuations des facteurs externes de manière similaire à celles qui peuplent des portions de grands lacs ; de la même façon, les lagunes, malgré leurs liens avec la mer, ont une individualité d'eaux continentales (Encyclopédie Wikipédia, 2004).

Chapitre 2 : Étangs et marais

Il s'agit d'un plan d'eau, continental, peu profond d'origine naturelle ou anthropique.

L'étang est un écosystème particulier très sensible aux pollutions (notamment l'eutrophisation liée aux nitrates).

La faune et la flore qu'il abrite contiennent des espèces spécifiques, dont certaines sont protégées.

Par définition, un étang est un réservoir d'eau vidangeable et fait de main de l'homme. Quand il n'est plus exploité, ni vidangé, il évolue vers un état d'équilibre qui l'apparente à un lac. Par suite de ses caractères propres et notamment de sa faible profondeur (en général 1 à 2 m), des facteurs y jouent un rôle moins important que dans un lac et d'autres voient leur action grossie. Ainsi, la stratification thermique y est moins nette, moins durable par suite d'une prise aux vents différente, et d'une profondeur moyenne moindre. La faible profondeur rend actifs jusqu'à la surface les phénomènes qui modèlent le fond. L'existence des étangs, liée à celle de l'homme, est également conditionnée par la présence de fonds imperméables, le plus souvent argileux ou marneux recouverts parfois de sables généralement siliceux. La flore phanérogamique y trouve le moyen de se développer en ceintures caractérisées, depuis les *Carex* du bord de l'eau jusqu'aux nénuphars, en passant par les roseaux (*Phragmites*), joncs et scirpes, potamots et autres plantes fixées (Ramade, 1982).

La turbidité des eaux y est souvent forte par suite de la remise en suspension des matériaux du fond, plus ou moins floкулés, dès que le vent provoque la turbulence des eaux. Le développement considérable à certaines époques d'espèces phytoplanctoniques a le même effet. Les processus physico-chimiques sont accélérés : la faible profondeur permet un transfert plus rapide des produits de décomposition bactérienne dans la zone euphotique trophogène. Enfin, les étangs sont le plus souvent utilisés comme réservoirs à poissons et l'homme y introduit des engrais choisis et en

Partie 2 : Milieux lenticques
Chapitre 2 : Etangs et marais

retire de la nourriture ou des produits de consommation, soit par pêche directe, soit lors des vidanges qui modifient le milieu (en l'améliorant, parfois).

La production annuelle des étangs va de quelques dizaines de kilogrammes de poissons à l'hectare (pêche extensive) à quelques kilogrammes par mètre carré (pisciculture intensive).

Les marais sont à la limite entre milieu terrestre et milieu aquatique. Ils ont en commun avec le premier un sol hydromorphe et des échanges physico-chimiques rapides, soit avec l'atmosphère, soit avec les horizons inférieurs, et avec le second la flore et les dépôts de sédiments quand ils sont remplis d'eau.

Ce sont des milieux intermédiaires entre les milieux strictement aquatiques et les milieux terrestres. Les marais sont une étendue d'eau dans lequel la profondeur d'eau est faible, avec une végétation très particulière.

Des processus bactériens intenses y provoquent souvent des formations plus ou moins localisées de bitumes qui s'étalent en taches d'huile dans les zones d'eau libre protégées, entre les touffes de *Carex*, scirpes, renouées, roseaux couvrant parfois de grandes surfaces. Les marais ne sont que le cas extrême d'une zone littorale abritée d'étangs ou de lacs laissés à l'abandon (Faurie et *al*, 2003).

Ces milieux peuvent être aménagés. Les marais sont parfois asséchés, soit pour devenir d'excellentes terres à culture, soit pour éviter les ennuis que leur voisinage occasionne (moustiques, brumes, humidité résiduelle, « miasmes »). Cependant, leur rôle microclimatique est indéniable et ce sont des portions de nature qui servent de refuges à de très nombreux organismes utiles (dont les oiseaux migrateurs). Dans leur aménagement, un juste équilibre doit donc être calculé entre l'intérêt à court et à long terme de leur maintien et celui de leur destruction partielle ou totale (Ghodbani et Amokrane, 2013).

Partie 2 : Milieux lenticques
Chapitre 2 : Etangs et marais

Les marais correspondent à un terrain, en général bas-fond, détrempé, voire couverte en permanence par des eaux stagnantes peu profondes, envahi par la végétation aquatique (fig. 12). Un tel milieu est également appelé marécage.



Fig. 12: Les marais de la Mékhada (est algérien), (Baaloudj, 2020)

Les étangs ont plusieurs modes d'utilisation. Lieux de baignade ou plans d'eau destinés à la navigation de plaisance, ils sont aussi utilisés par les pêcheurs à la ligne pour leur sport favori. Mais leur aspect esthétique ne doit pas faire oublier que ce sont avant tout des « champs » à poissons, de véritables usines à fabriquer des protéines animales. Leur exploitation, florissante dans certains pays, est malheureusement freinée dans d'autres par la concurrence entre les différentes sources de protéines animales disponibles (viandes, poissons marins ou lacustres). Dans les contrées à moyens de communication difficiles et où l'eau est abondante (zone équatoriale) ainsi que dans les pays centraux d'Europe et d'Afrique, les étangs font l'objet de soins tout particuliers. Il en est de même dans les régions à très forte densité de population telles que la Hollande ou l'Indonésie), où la nécessité de protéines fait oublier le phénomène de concurrence. L'élevage des poissons en étangs est la base même de la pisciculture, qui s'accompagne parfois d'autres activités d'élevage (canards) ou de culture (riz) (Ramade, 1979).

Chapitre 3 : Mares et milieux temporaires

La mare est une étendue d'eau temporaires ou permanentes, de faibles importance et profondeur.

Dans une mare, l'eau reste au même endroit, sans s'écouler, l'eau stagne.

La mare abrite une vie animale et végétale très variée.

Elle retient les eaux de pluie et empêche les inondations.

Les mares sont de très petits lacs naturels ou artificiels, où la végétation littorale est soit presque nulle, soit au contraire très développée. De profondeur variable, une mare est parfois temporaire, la disparition de l'eau étant due soit à une infiltration lente, soit à l'évaporation (sous les climats arides). Rien ne particularise spécialement une mare par rapport à un lac, si ce n'est la taille et le caractère astatique de ce milieu. C'est dans les mares que se développent le mieux certaines espèces d'Algues ou de Crustacés au point que les unes forment des fleurs d'eau, les autres une biomasse plus ou moins exploitable (mares à phyllopoies, fosses à daphnies). Des mares très pauvres de forêt sur terrains siliceux aux mares de fermes riches en matières organiques d'origine animale, tous les intermédiaires existent, et c'est un milieu de choix pour l'étude expérimentale des phénomènes aquatiques (et de leur mécanisme d'action).

Ces derniers s'y trouvent à la fois à la taille de l'homme et de ses possibilités de mesures dans le temps et dans l'espace et ils sont le plus souvent simplifiés par la dominance nette, quoique temporaire, d'un nombre très réduit d'espèces, souvent même d'une seule. C'est par l'étude de ces milieux temporaires qu'a été notamment mis en évidence le rôle considérable des stades de repos sur la renaissance de la vie dans les milieux aquatiques. Le sédiment desséché, craquelé même (fentes de dessiccation) d'une mare temporaire recèle, en effet, des spores d'Algues, des œufs de durée de Rotifères et de Phyllopoies, des éphippies de Cladocères, des œufs et des copépodites de Copépodes Cyclopoies, des kystes d'Harpacticides, de Protistes, de Tardigrades, toute une vie qui n'attend que l'eau pour se développer, croître, se reproduire, parfois à une vitesse incroyable (quelques jours, voire quelques heures).

Partie 2 : Milieux lenticques**Chapitre 3 : Mares et milieux temporaires**

Ces milieux servent ainsi de réservoirs à une flore et à une faune plus ou moins cosmopolites, voire ubiquistes. Ils contribuent au maintien un peu partout sur les continents de cette flore et de cette faune et permettent leur dispersion (Arrignon, 1991).

Chapitre 4 : Lagunes et Salines

Les lagunes sont des étendues d'eau généralement peu profondes, saumâtres à salées en fonction des liaisons directes avec la mer, alimentées par les eaux de la mer et de ruissellement, séparées de la mer par une bande de terre : sable/cordon littoral. Les lagunes sont des lacs peu profonds en communication plus ou moins importante avec la mer et qui, de ce fait, en subissent constamment l'influence. Une lagune, on distingue essentiellement deux types de milieux : celui qui subit en permanence l'influence des apports marins (lagune « vivante ») et celui qui évolue de manière autonome (lagune « morte »). Le premier de ces milieux s'apparente à un milieu littoral, tandis que le second est la lagune proprement dite. Du point de vue hydrologique, la lagune vivante possède avec quelque retard un régime strictement marin (flux, reflux, parfois houles), tandis que la lagune morte ne se trouve que sous l'influence des vents locaux, précipitations et apports continentaux qui, progressivement, en font soit un milieu en voie de dessalure, soit au contraire en sursalure continue suivant l'importance de l'évaporation. Oxygène et pH sont déterminés par la végétation de fond (quand il y en a), tandis que phosphore et silice sont davantage influencés par le plancton (Gaujous, 1995).

Les lagunes sont des écosystèmes aquatiques situés en zone littorale, et possèdent une communication directe avec la mer.

Le faible renouvellement de leurs eaux favorise l'évaporation et donc une salinité dont le taux est variable mais souvent important.

Dans les conditions morphologiques et hydrodynamiques qui règnent dans une lagune, il y a remise en suspension de manière subcontinue des éléments qui ont tendance à se déposer. Une lagune, vivifiée régulièrement par les apports marins, est, comme tout lac, un piège à substances nutritives. Sa concentration en sels utiles y est inversement proportionnelle à la profondeur. La lagune s'enrichit ainsi par rapport à la mer voisine et, bien que le nombre des espèces soit relativement réduit, celles qui acceptent les conditions particulières de ce milieu forment d'importantes populations.

Partie 2 : Milieux lenticques
Chapitre 4 : Lagunes et Salines

Les éléments phytoplanctoniques sont de deux sortes : des espèces euplanctoniques, assez rares et se développant mal dans les conditions régnant en lagune, et des espèces tychoplanctoniques dont quelques-unes sont très adaptées au milieu et s'y développent en masse. Elles servent de base à une chaîne alimentaire limitée, mais efficace du point de vue de la productivité. La répartition des animaux dépend de celle des éléments bioclimatiques ci-dessus énumérés (notamment l'oxygène) et de celle des organismes qui leur servent de nourriture (Faurie et *al.*, 2003).

Plusieurs espèces marines euryhalines (Mollusques et surtout Crustacés) trouvent dans les lagunes des conditions propices, sinon à tous les stades de leur croissance, du moins à certains d'entre eux. Cette constatation donne à l'étude des lagunes une importance considérable en aquaculture (moules, huîtres, crevettes, par exemple).

Les lagunes sont également exploitées à des fins touristiques (navigation de plaisance facilitée par l'absence de grandes houles) et elles sont le refuge de choix pour les navires marchands, là où la mer est hostile et l'accès à la lagune aménagé (lagune Ebrié, par exemple, où se situe le port d'Abidjan en Côte-d'Ivoire). Venise est un des exemples les plus élaborés d'utilisation de ce type très particulier de lac (Ramade, 1979).

Les salines appartiennent aux catégories des zones humides continentales, et correspondent à une Sebkhia ou un lac salé saisonnier (fig. 13)



Fig.13: Salines d'Arzew, (wilaya d'Oran), (Mehtougui, 2019)

Chapitre 5 : Chotts, Dayas et Sebkhass

Ce sont des lacs salés ou des cuvettes endoréiques fermées de faible profondeur, situées à l'intérieur des terres. Ils comprennent une ceinture de végétation à base de plantes supportant différents taux de salinité (salsolacées), et au centre un plan d'eau de forte à très forte salinité appelé sebkhha dans certain région (fig. 14a ; b). On trouve aussi les Dayas ou plans d'eau caractérisés par une faible salinité, alimentés principalement par la remontée de la nappe et par les eaux de pluie (Moussa, 2006).



Fig.14a : La sebkhha d'oum el bouaghi

La frange Nord-ouest et les hautes plaines steppiques se caractérisent par des plans d'eau salés tels que les chotts, les sebkhha et les dayas.



Fig.14b : La grande sebkhha d'Oran (Mehtougui, 2019)

Partie 3

La troisième partie du cours s'intéresse aux milieux lotiques (fleuves, rivières, ruisseaux) notamment aux caractéristiques abiotiques (débit, substrats, etc.) et aux biocénoses particulières qui s'y maintiennent.

Partie 3 : Milieux lotiques

Introduction

Partie 3 : Milieux lotiques

Introduction

On désigne par cours d'eau tout écoulement d'eau entre une source et une embouchure avec un débit à module supérieur à zéro. Ce flux d'eau est souvent continu mais il peut être temporaire sur une assez longue durée. Le lieu de cet écoulement est un chenal, généralement naturel. S'il est artificiel, on emploie plutôt le terme « canal ».

Un cours d'eau peut être souterrain. Il existe quelques cours d'eau sans source.

La longueur d'un cours d'eau peut être difficile à mesurer avec précision; elle dépend de l'identification de sa source, de celle de son embouchure et de la mesure de la longueur entre la source et l'embouchure. En conséquence, les mesures de longueur de nombreux cours d'eau ne sont que des approximations. En particulier, la longueur du Nil et de l'Amazone (afin de savoir lequel est le plus long fleuve du monde) fait débat depuis plus d'un siècle.

Un long cours d'eau possède généralement plusieurs affluents. Parmi les nombreuses sources de ceux-ci, celle qui est située le plus loin de l'embouchure est généralement considérée comme étant la source du cours d'eau, maximisant ainsi sa longueur.

En pratique, l'affluent dont la source est la plus lointaine ne donne pas toujours son nom au cours d'eau. Par exemple, la source la plus lointaine du système du Mississippi est celle de la Jefferson, un affluent du Missouri, lequel est lui-même un affluent du Mississippi. Cependant un autre affluent — plus court — est identifié comme étant le Mississippi.

En outre, il peut être difficile de savoir où commence un cours d'eau lorsque celui-ci débute par des ruisseaux saisonniers, des marais ou des lacs changeant fréquemment de superficie.

Chapitre 1 : Classification / typologie

2.1. Ruisseau :

Ce sont de petits cours d'eau, ni très large ni très long, alimenté par des sources d'eau naturelles, souvent affluent d'un étang, d'un lac ou d'une rivière. C'est la taille plus que le débit qui fait la différence entre un ruisseau et une rivière.

2.2. Torrent :

Ce sont des cours d'eau au débit rapide et irrégulier, situé sur une pente plus ou moins prononcée. On trouve les torrents sur des terrains accidentés ou en montagne. Lors d'orages ou de pluies violentes, les torrents peuvent connaître des crues très brutales (rapides dans le temps) et très importantes (en volume). Principalement, on applique ce terme aux cours d'eau de montagne, au lit rocheux et encaissé.

2.3. Oued :

Le terme Oued (synonymes wadi, arroyo) d'origine arabe désigne un cours d'eau temporaire dans les régions arides ou semi-arides. Son écoulement dépend des précipitations et il peut rester à sec pendant de très longues périodes (Fig. 15).



Fig. 15: Oued Seybouse (Wilaya de Guelma)

2.4. Ravine :

Désigne les cours d'eau des îles tropicales, se jetant dans la mer, et pouvant connaître des débits extrêmement importants à la suite de fortes pluies. Leur lit peut être très large.

2.5. Rivière :

C'est un cours d'eau naturel faiblement ou moyennement important recevant de l'eau d'autres cours d'eau (les affluents), qui se jette dans un fleuve, dans la mer ou parfois dans un lac.

Au sens général du mot, rivière est synonyme de cours d'eau. C'est, du moins, le langage de la navigation et du droit. Les géographes, au contraire, ont coutume de distinguer les fleuves, qui se jettent dans la mer par une embouchure en forme d'estuaire ou de delta, et les rivières, qui se jettent en un point appelé confluent dans un fleuve ou dans une autre rivière, ou encore dans un lac.

En outre, lorsque le cours d'eau a une allure impétueuse, que sa pente excède, en moyenne, 0,05 m à 0,06 m par mètre, on l'appelle plus spécialement torrent. Si son lit est peu large et son débit minime, c'est un ruisseau ou un ru.

2.6. Fleuve :

C'est un cours d'eau important, long et au débit élevé, comptant de nombreux affluents et se jetant dans la mer (ou parfois dans une mer intérieure). Les fleuves côtiers sont de petits cours d'eau se jetant directement dans la mer.

Chapitre 2 : Origine

La pluie, après sa chute, se divise en trois parties, variables avec la nature du sol (et d'autres facteurs tels que la température) :

L'une qui s'y infiltre,

L'autre qui ruisselle à sa surface,

La troisième qui s'évapore à nouveau ou est absorbée par la végétation.

C'est aux deux premières que les cours d'eau doivent naissance. Plus les terrains sont perméables, plus les eaux d'infiltration prédominent, plus les sources sont nombreuses et abondantes.

Si, au contraire, le sol est essentiellement imperméable, les cours d'eau se trouvent surtout formés par les *eaux de surface* ou *eaux sauvages*, qui descendent le long des versants des vallées, pour s'écouler par le thalweg, et les crues sont, en général, hautes et rapides.

Nombre de circonstances peuvent, d'ailleurs, modifier les effets de la constitution géologique du sol : une forte gelée, par exemple, peut rendre momentanément imperméables des terrains éminemment perméables, et la fonte subite, à la suite d'une forte pluie, de la neige qui les recouvre, déterminer une crue désastreuse.

Un cours d'eau est différent depuis sa source jusqu'à son embouchure. Il dévale des montagnes, des collines, s'étale dans les plaines, traverse des villes. Il change de pente, de forme, de vitesse, de largeur, de débit, avant de se jeter dans la mer. L'origine est la source. Parfois, ce sont de nombreux filets d'eau qui se rejoignent, coulent le long de la pente en ruisseaux ou torrents. Plusieurs ruisseaux se rejoignent et forment une rivière plus large, la pente est moins forte. Celle-ci, à son tour, reçoit d'autres cours d'eau. Elle se jette dans un fleuve. Enfin, le fleuve se jette dans la mer ou l'océan par une embouchure (Fustec et Lefeuvre, 2000).

Chapitre 3 : Caractéristiques

3.1. Amont et aval

La partie plus élevée du cours d'eau par-rapport à l'observateur s'appelle l'amont, la partie moins élevée s'appelle l'aval. Il faut se tourner dans le sens du cours d'eau (de l'amont vers l'aval) pour définir la rive droite et la rive gauche d'un cours d'eau

3.2. Lit

Le sillon dans lequel se maintiennent les eaux, en temps ordinaire, est le lit mineur. Les berges en sont les bords au-dessus de l'étiage. La portion de la vallée recouverte par les plus hautes eaux est le lit majeur.

Le lit désigne tout l'espace occupé, en permanence ou temporairement, par un cours d'eau. On distingue le lit majeur du lit mineur. Le lit mineur ou lit ordinaire désigne tout l'espace occupé, en permanence ou temporairement, par un cours d'eau. Ce dernier étant la zone limitée par les berges.

Le lit majeur, appelé aussi « plaine d'inondation » ou « lit d'inondation » est plus étendu que le lit ordinaire. Il est recouvert par des alluvions.

Le lit majeur est l'espace occupé par le cours d'eau lors de ses plus grandes crues.

3.3. Étiage

Le régime d'un cours d'eau est l'ensemble des phénomènes qui, se produisent dans ses états successifs. Ses deux éléments essentiels sont l'étiage, c.-à-d. le niveau des basses eaux normales en chaque point du cours d'eau, et le niveau des plus hautes eaux, c.-à-d. le niveau le plus élevé qui se soit produit lors des grandes crues. Le plus bas niveau observé porte plus spécialement le nom de plus bas étiage, celui correspondant aux basses eaux normales et fixé une fois pour toutes comme base des observations étant l'étiage proprement dit ou étiage conventionnel (Fustec et Lefevre, 2000).

Partie 3 : Milieux lotiques
Chapitre 3 : Caractéristiques

En hydrologie, l'étiage correspond statistiquement (sur plusieurs années) à la période de l'année où le débit d'un cours d'eau atteint son point le plus bas (basses eaux).

3.4. Crue

La crue est le fait qu'un cours d'eau déborde de son lit mineur, après de fortes pluies, une fracture terrestre en profondeur qui libère des nappes phréatiques ou la fonte des neiges.

3.5. Embouchure

Une embouchure est le lieu où un cours d'eau se jette dans un lac, une mer ou un océan. Les embouchures sont généralement des endroits de grande biodiversité car ils sont le lieu où les eaux douces et salées se mêlent pour former des eaux plus ou moins saumâtres et où les nutriments et les sédiments charriés par le cours d'eau se diluent et précipitent. L'embouchure peut prendre la forme d'un estuaire ou d'un delta. Les fleuves qui se jettent dans un océan où agissent les marées se terminent par un estuaire. Les fleuves qui se jettent dans une mer sans marée se terminent par un delta.

L'embouchure d'un cours d'eau peut être difficile à déterminer s'il possède un grand estuaire qui s'élargit graduellement dans l'océan, comme le Río de la Plata, le Saint-Laurent ou la Garonne (Fustec et Lefevre, 2000).

Certains cours d'eau, comme l'Okavango, n'ont pas d'embouchure : leur volume diminue progressivement et ils s'évaporent au bout du compte, ou s'infiltrent dans un aquifère ou sont détournés pour l'agriculture.

Le point où ces cours d'eau se terminent varie en suivant les saisons.

Un delta est un type d'embouchure qu'un cours d'eau peut connaître à l'endroit où il se jette dans un océan, une mer ou un lac. Un delta quand l'embouchure est composée en plusieurs bras. Un delta très connu est celui formé par le Nil lorsqu'il se jette dans la mer Méditerranée par deux bras : celui de Damiette et celui de Rosette.

Partie 3 : Milieux lotiques
Chapitre 4: Typologie des régimes

Un estuaire est la portion de l'embouchure d'un fleuve où l'effet de la mer ou de l'océan dans lequel il se jette est perceptible. Un estuaire quand l'embouchure est large.

3.6. Bassin versant

On appelle bassin versant d'un cours d'eau, tout espace géographique qui collecte les eaux. Le bassin versant est espace géographique limité par un contour à l'intérieur duquel l'eau précipitée se dirige vers un point donné d'un cours d'eau. Le bassin versant influe fortement sur la vie des écosystèmes aquatiques et exerce une influence considérable sur la qualité d'eau.

Chapitre 4 : Typologie des régimes

4.1. Débit

Le régime d'un cours d'eau ou régime fluvial est la variation du débit d'un cours d'eau dans une année, commandées essentiellement par son mode d'alimentation lié au climat. Les régimes sont simples quand ils présentent une seule alternance annuelle de hautes et de basses eaux. Les régimes sont dits complexes quand plusieurs phases hydrologiques se succèdent dans l'année.

Le débit est calculé à partir de la formule suivante:

$$Q = S \times V$$

$$Q = \text{débit en m}^3/\text{s},$$

$$V = \text{vitesse d'écoulement en m/s},$$

$$S = \text{section mouillée en m}^2.$$

Pour connaître le débit d'un cours d'eau, non seulement il faut mesurer la vitesse de l'eau sur une partie du cours d'eau dans laquelle l'eau coule en ligne droite mais également sa largeur moyenne et sa profondeur moyenne sur cette partie. Il est facile de mesurer de manière assez précise le débit en eau de petits et moyens cours d'eau par

Partie 3 : Milieux lotiques
Chapitre 4: Typologie des régimes

la méthode du flotteur. Pour commencer, on prépare le flotteur qui consiste en une petite bouteille d'une dizaine de cm de hauteur lestée et fermée de façon que seul le sommet de la bouteille soit visible quand elle est immergée. Il faut sélectionner un endroit du cours d'eau qui soit en ligne droite sur plus d'une dizaine de mètres et y placer deux lignes de repère espacées de 10 mètres. Il faut également disposer d'un chronomètre ou d'une montre avec trotteuse.

On commence par mesurer la vitesse de l'eau (V). On lâche le flotteur au milieu du cours d'eau un peu avant la première ligne de repère et on chronomètre exactement le temps (t), en seconde, nécessaire pour que le flotteur passe entre les deux lignes de repère.

On répète cette opération trois fois et on calcule le temps moyen (tm):

$$t_m = (t_1 + t_2 + t_3)/3$$

Si une des trois mesures est nettement différente des deux autres, il faut la remplacer par une quatrième mesure.

Exemple : $t_1 = 12 \text{ s}$; $t_2 = 24 \text{ s}$; $t_3 = 10 \text{ s}$, on remplace t_2 trop différent par $t_4 = 11 \text{ s}$.
On aura donc : $t_m = (12 + 10 + 11)/3 = 11 \text{ s}$.

Pour calculer la vitesse de l'eau, il faut diviser la distance parcourue par le flotteur par le temps moyen obtenu : $v = d/t_m$. Pour plus de justesse dans la suite de nos calculs, on multiplie la vitesse trouvée par un facteur de correction de 0,85. Donc :

$$V = v \times 0,85 = d/t_m \times 0,85$$

Ici, la distance parcourue est de 10 mètres et le temps moyen, 11 secondes. Ainsi, la vitesse de l'eau du cours d'eau (V) est de : $d/t_m \times 0,85 = (10 \text{ m}/11 \text{ s}) \times 0,85 = 0,77 \text{ m/s}$.

Il faut encore mesurer la largeur moyenne (lm) et la profondeur moyenne en son centre (pm) exprimées en mètre. Tous les deux mètres sur une longueur de dix mètres,

Partie 3 : Milieux lotiques
Chapitre 4: Typologie des régimes

on procède à la mesure de la largeur et de la profondeur au milieu du cours d'eau et on obtient :

$$- l_m = (l_1+l_2+l_3+l_4+l_5+l_6)/6$$

$$- p_m = (p_1+p_2+p_3+p_4+p_5+p_6)/6$$

Le débit du cours d'eau (D) se calcule en multipliant la vitesse de l'eau (V) par la largeur moyenne (l_m) et la profondeur moyenne (p_m) du cours d'eau:

$$D = V \times l_m \times p_m$$

Dans notre exemple, le débit du cours d'eau (D) est de $l_m \times p_m = 0,77 \text{ m/s} \times 0,22 \text{ m} \times 0,16 \text{ m} = 0,027 \text{ m}^3/\text{s}$. Le débit est donné en mètre cube par seconde. Pour obtenir un débit en litre par seconde, il suffit de multiplier le résultat par 1 000: $0,027 \text{ m}^3/\text{s} \times 1\,000 = 27 \text{ l/s}$.

4.2. Variations saisonnières

La répartition des débits selon les mois de l'année est le plus souvent. Le seul trait retenu pour une classification complète des régimes, tant les alternances habituelles de hautes et de basses eaux sont apparentes et ont de conséquences pour les utilisateurs.

4.3. Profil

En fonction de l'altitude relevée en différents points du cours d'eau (notamment à sa source et à son embouchure) et des distances qui séparent ces différents points, il est possible de représenter le profil du fleuve. Ce tracé permet de représenter la pente du fleuve.

4.4. Température d'un cours d'eau

Elle joue un rôle fondamental dans la dynamique des écosystèmes aquatiques : elle influe sur la distribution spatiale des organismes vivants, leur croissance, leur reproduction, leur comportement ou encore leur état sanitaire. Or le changement

Partie 3 : Milieux lotiques
Chapitre 4: Typologie des régimes

climatique va induire une modification du régime des précipitations et des températures des cours d'eau. Elle va ainsi impacter les milieux aquatiques et probablement modifier leur sensibilité aux pressions. Par exemple, certaines espèces exotiques, qui supportent des températures plus chaudes et des concentrations en oxygène plus faibles que les espèces autochtones, pourraient étendre leur aire de répartition.

Par ailleurs, les actions de l'homme impactent la température des cours d'eau: « urbanisation, l'agriculture, la construction de barrages » sont autant d'activités qui modifient le régime hydrologique et la morphologie des cours d'eau et, par conséquent, induisent des variations de température.

4.5. Oxygène dans un cours d'eau

La concentration en oxygène dissous est extrêmement variable suivant les milieux aquatiques. Si les eaux douces des lacs et des cours d'eau à grand débit sont largement oxygénées, surtout à basse de température, il n'en est pas même dans les eaux stagnantes ou les cours d'eau tropicaux.

Les bactéries intervenant dans la dégradation oxydative des déchets azotés consomment beaucoup d'oxygène (cycle de l'azote). Les végétaux aquatiques consomment également cet oxygène durant la phase nocturne de la photosynthèse. Les plantes aquatiques représentent une grosse source d'oxygène. Le jour, grâce à la photosynthèse, les plantes utilisent le carbone du dioxyde de carbone et libèrent l'oxygène. La concentration de l'oxygène dissous dans l'eau est un paramètre qui peut facilement subir une modification au cours de la période de conservation. C'est pourquoi la mesure de ce descripteur s'effectue généralement directement dans le cours d'eau au moyen d'un oxymètre.

4.6. Vitesses et types d'écoulement

Les vitesses d'écoulement de l'eau dans un secteur direct d'un cours d'eau ne sont pas constantes dans l'espace. La vitesse de l'eau dans une rivière varie depuis le fond jusqu'à la surface et depuis les berges jusqu'au milieu.

Partie 3 : Milieux lotiques
Chapitre 4: Typologie des régimes

De manière générale, elles varient aussi bien latéralement que verticalement en montrant une décroissance vers les berges d'une part (effet de freinage des berges) et vers le fond d'autre part (rugosité du lit - les graviers ayant un "effet de frein" plus important que les argiles).

Verticalement, les vitesses d'écoulement sont maximales juste sous la surface et minimales au contact avec le lit du cours d'eau.

Latéralement, les vitesses sont maximales au centre du cours d'eau et minimales au contact avec les berges.

Les vitesses varient donc non seulement dans le temps (étiage/crue) mais également dans l'espace.

4.7. Zonation des cours d'eau

- Le cours supérieur

L'eau provient de la pluie ou de la neige. Une partie s'infiltré dans le sol, forme des nappes d'eau souterraines. cette eau forme une source; elle devient un cours d'eau.

Il est peu profond et peu large. C'est un ruisseau. Pour certains, la pente est importante, le courant est fort, les cascades sont nombreuses. Ce sont les torrents.

Le fond est couvert de cailloux ou de graviers. L'eau frotte les berges du ruisseau. Elle arrache de la terre, des cailloux, des roches et les transporte. Plus loin, quand le courant sera plus calme, ces matériaux se déposeront au fond et formeront des bancs de sable, des îlots.

L'eau est froide, même en été. Elle est claire et riche en oxygène. Le courant rapide et la température basse favorisent cette oxygénation

Le cours moyen

L'eau est encore riche en oxygène, mais un peu plus chaud. Le cours d'eau grossit car d'autres rivières le rejoignent. Le fond est pierreux et, par endroits, sableux.

Partie 3 : Milieux lotiques
Chapitre 4: Typologie des régimes

Sur les bords, poussent des plantes qui ont besoin d'humidité. Selon la profondeur de l'eau et la rapidité du courant, différentes plantes s'installent. Elles fournissent des cachettes pour les animaux.

Le cours inférieur

La pente est faible, donc le courant est lent. Le fond est sablonneux, vaseux, l'eau est souvent trouble. Le fleuve décrit des courbes ou des méandres. Les matériaux transportés par l'eau se déposent et forment, selon les régions, des vasières, des marais, ... Le long des rives et sur l'eau, la végétation est très importante. Les plantes sont les mêmes que celles du cours moyen. Les poissons sont les mêmes que dans les lacs : brème, gardon, tanche.

4.8 Biodiversité

Quelques végétaux s'adaptent à ces conditions. Ils se situent de chaque côté du courant car celui-ci est moins fort près des rives. C'est le cas des renoncules aquatiques, du cresson, de quelques mousses et algues.

Comme les végétaux, certains animaux se sont adaptés pour résister au courant. Ils doivent aussi supporter la faible température de l'eau. Ce sont des poissons comme la truite, le saumon, le chabot, le vairon. Ils se reproduisent dans le cours d'eau, mais certains n'y restent pas toute leur vie. Les crustacés sont recouverts d'une carapace. Le gammare ressemble à une crevette, il se nourrit de détritus, il se cache entre les pierres. Leur présence est une indicatrice de la bonne qualité de l'eau. Le cincle, oiseau du Sud de la France. Il nage et marche au fond de l'eau pour capturer des insectes, des gammares. Pour cela, il produit une huile qui imperméabilise ses plumes. Cet oiseau est un indicateur de la qualité des eaux. S'il est absent, cela indique une certaine forme de pollution (Fustec et Lefeuvre, 2000).

Sur les berges, des arbres comme les aulnes et les saules retiennent la terre avec leurs racines. Certaines plongent dans l'eau. De nombreux poissons comme le goujon, le barbeau, le gardon, la perche, le brochet. vivent dans le courant.

Partie 3 : Milieux lotiques
Chapitre 4: Typologie des régimes

Des mammifères, comme le rat d'eau et le ragondin, peuplent les berges. La loutre de rivière se nourrit de poissons. C'est un animal nocturne très craintif; il est devenu extrêmement rare à cause de la chasse et des pollutions. Aujourd'hui, la loutre fait partie des espèces protégées.

De nombreux insectes vivent dans le cours moyen et le cours inférieur. Ils servent de nourriture aux poissons et aux oiseaux. Certains sont adaptés au milieu aquatique. Leur corps a des parties imperméables : elles sont recouvertes d'un produit gras qui repousse l'eau. Les perles volent mal. Elles ne s'éloignent jamais de la rivière. Leurs larves aquatiques sont très sensibles à la pollution. Malgré leurs grandes ailes, les demoiselles préfèrent se cacher dans les plantes les jours de vent. Leurs larves rampent à travers les plantes aquatiques. Des oiseaux vivent près des eaux courantes car la nourriture y est abondante. Le martin pêcheur, bleu et orange, fait son nid dans une galerie creusée dans la berge. Le grèbe fait le sien sur des plantes flottantes. Tous deux se nourrissent de poissons. D'autres, comme la bergeronnette des ruisseaux, se nourrissent d'insectes. L'embouchure sert souvent de point de repos pour les oiseaux migrants comme le pluvier (Ramade, 1979).

Glossaire

- **Limnologie** = Étude des lacs, réservoirs, étangs, lagunes
- **Potamologie** = Étude des fleuves, rivières, ruisseaux

- **Milieus lénitiques** = lacs, étangs, lagunes
- **Milieus lentiques** = réservoirs
- **Milieus lotiques** = fleuves, rivières, ruisseaux
- **Milieus astatiques** = mares temporaires

Glossaire

Alcalin

Capacité d'un milieu aqueux à réagir quantitativement avec des ions hydrogène.

Aquifère

Terrain perméable, poreux, permettant l'écoulement d'une nappe souterraine et le captage de l'eau.

Corrosivité

Propriété d'une eau à attaquer certains matériaux par une action chimique, physico-chimique ou biochimique.

Cycle de l'eau

Cycle naturel où l'eau s'évapore de la surface de la terre, en particulier des océans, vers l'atmosphère, y retourne sous forme de précipitations.

Déionisation

Élimination totale ou partielle des ions, particulièrement par l'emploi de résines échangeuses d'ions.

Déminéralisation

Diminution de la teneur de l'eau en substances chimiques minérales dissoutes, à l'aide d'un procédé physique, chimique ou biologique.

Désinfection

Traitement de l'eau destiné à éliminer ou à inactiver tous les agents pathogènes.

Dureté

Propriété acquise de l'eau qui se manifeste par une difficulté à former de la mousse avec du savon. La dureté représente la concentration de carbonate de calcium et de magnésium dans les eaux. Elle a pour conséquence l'entartrage de la plomberie et des appareils, ce qui fait augmenter le coût du chauffage de l'eau.

Eau alcaline

Eau dont le pH est supérieur à 7.

Glossaire

Eau bleue

Eau qui coule dans les rivières et les lacs, et se transforme en «eau verte», contenue dans les êtres vivants et la matière organique.

Eau continentale

Partie de l'hydrosphère constituée par les eaux de surface et les eaux souterraines.

Eau dystrophique

Eau pauvre en substances nutritives et contenant une grande quantité de substances humiques.

Eau dormante

Toute étendue d'eau qui ne présente aucun écoulement.

Eau hygroscopique

Eau absorbée par le sol aux dépens de l'humidité atmosphérique et formant une pellicule autour des particules solides du sol. Les végétaux ne peuvent l'absorber.

Eau interstitielle

Eau emprisonnée dans les interstices des roches.

Eau stagnante

Masse d'eau de surface au sein de laquelle il y a peu ou pas de courant et dans laquelle des changements de qualité défavorable peuvent survenir après une longue période de temps.

Eaux courantes

Eaux des ruisseaux, des rivières et des fleuves.

Eaux de surface

Ensemble des eaux courantes ou stagnantes à la surface du globe terrestre.

Glossaire

Ecosystème

Unité de base en écologie constituée d'un environnement physico-chimique et des plantes et des animaux qui y vivent (plancton, plantes aquatiques, poissons, insectes, etc.).

Etiage

Moment de l'année où le débit d'un cours d'eau est le plus faible (période d'étiage, débit d'étiage). Selon le type de cours d'eau, cette période peut intervenir en été, automne, hiver ou printemps.

Eutrophisation

Phénomène d'enrichissement des milieux aquatiques par des éléments minéraux nutritifs (phosphore). Il se caractérise par une prolifération d'algues et de plantes supérieures aquatiques. La décomposition de ces végétaux consomme de l'oxygène et c'est pourquoi leur prolifération conduit à une diminution de l'oxygène dans les couches profondes des eaux lacustres.

Faune benthique

Ensemble de la faune d'invertébrés vivant sur ou dans le fond du lac ou des rivières (mollusques, vers, larves d'insectes, etc.).

Frayère

Lieu de reproduction des poissons, où les oeufs se développent et éclosent.

Indice biologique (IBGN)

Indice mesurant la qualité biologique. L'analyse de la qualité biologique exprime les effets des dégradations chimiques et physiques du milieu sur les organismes aquatiques. Elle est basée sur l'observation de la diversité des communautés d'invertébrés (larves.

Glossaire

IBGN = Indice biologique global normalisé, exprimé sous forme de note allant de 1 à 20 et qui permet de classer les cours d'eau en 5 catégories.

Ozonisation

Addition d'ozone à une eau en vue d'une désinfection, d'une oxydation des matières organiques ou d'une élimination de goût et d'odeur désagréables.

Turbidité

Réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoute.

La turbidité se mesure en unités de turbidité néphélométrique (utn).

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

Arrignon J, 1962. Contribution à l'inventaire des marécages, tourbières et autres zones humides de l'Algérie. *Edition* Bacconnier. Alger. 102p.

Arrignon J, 1976. Aménagement écologique et piscicole des eaux douces. *Edition Lavoisier*, Paris : pp 52-63.

Arrignon J, 1991. Aménagement piscicole des eaux douces, Ed *Lavoisier*, Paris : pp 13-17.

Baaloudj A, 2008. Contribution à La Mise à Jour de l'Odonatofaune de l'Est Algérien. Thèse de magister, Guelma : 102 p.

Boudiffa H, 1993. Étude comparative du zooplancton de deux lacs de la région de Sidi Bel Abbès : lac Sidi Mohamed Benali et barrage Sarno. *Thèse de magister*, USTHB - Alger : 149p.

Dali Youcef N., 2005. Contribution a l'étude des polluants métallique dans la sédiment de Oued Tafna (Ouest Algerien). *Thèse de doctorat d'état en chimie. Université de Tlemcen. 198p*

DGF., 2001. Atlas des zones humides algériennes d'importance internationale. Encyclopédie Universalis 9, 2005 (Support numérique éducatif et scientifique).

Encyclopédie Wikipédia, 2004 (Support numérique éducatif et scientifique).

Faurie C. Ferrac C., Medorie P., Devaux J., Hempti J.L., 2003. Écologie approche scientifique et pratique, 5^{ème} édition .*Tec et Doc. Lavoisier* : 196-197.

FUSTEC E, et FROCHOT B., 1996. Les fonctions et valeurs des zones humides, Laboratoire de Géologie appliquée- *Paris VI, Lab. Ecologie-Dijon, Agence de l'Eau Seine-Normandie*, 134 p.

FUSTEC, E et LEFEUVRE, J.-C., 2000. Fonctions et valeurs des zones humides. *Dunod édition 2000, Paris*. 426 p.

Références Bibliographiques

Gaujous D, 1995. La pollution des milieux aquatiques, 2^{ème} édition technique et documentation. *Edition Lavoisier* : pp 15-70.

Germain et Seguy, 1975. La faune des lacs, des étangs et des marais. *Encyclopédie pratique du naturaliste. Tome XX, Paris* : 360p.

Ghodbani T., Amokrane K., 2013. La Macta un espace à protéger sur le littoral ouest de l'Algérie, *Revue PhysioGéo, Volume 7 ; 12-23*

Kerfouf A., Hamel L., Benabi F., Charif K., 2008. « Dynamique de la reproduction du zooplancton du lac Sidi M'hamed Benali ». *Revue d'Ecologie – Environnement, Numéro spéciale : Février 2008, (ISSN : 1112-5888): 65-71.*

Mehtougui F., 2019. Les zones humides de l'Ouest algérien : état des lieux et des connaissances. *Thèse Doctorat université de Sidi Bel Abbes*, 148p

Moussa K., 2006. Etude d'une Sebkhha : la Sebkhha d'Oran (Ouest algérien), *Thèse Doctorat université d'Oran*. 205p.

Pérès J.M., Fontaine M., Michel P., 1976. La pollution des eaux lacustres. *Editions Gantier Villars* :11-18.

Ramade, F, 1979. Eco toxicologie. *Editions Masson.* , France. : 228 p.

Ramade, F, 1982. Elément écologie appliquée. *Editions Mc Graw-Hill*: 452p.

Rodier. J, 1975. Analyse de l'eau naturelle, eau de mer et eau industrielle. *Edition Dunod*, 629 p

Rodier. J, 1984. Analyse de l'eau naturelle, eau de mer et eau industrielle. *Edition Dunod*, 1135 p

Vivier. P, 1998. Eutrophisation des lacs (structure, fonctionnement et évolution des lacs). 4^{ème} éditions, *Lavoisier*, Paris : 67-82.