

UNIVERSITÉ HAMMA LAKHDAR ELOUED

# **Environnement et pollution**

---

Note de cours

Mme. Bouafiane

**Niveau Master I: Production végétale**

**2021/2022**

## **Programme des cours :**

1. Approfondissement des connaissances d'écologie fondamentale
  - 1.1. Facteurs écologiques abiotiques
  - 1.2. Facteurs écologiques biotiques (relations inter- et intra-spécifiques)
  - 1.3. Notions d'écologie du paysage
2. **Synécologie**
3. **Cycles biogéochimiques**
  - 3.1. Les cycles des principaux éléments (le carbone, l'azote, le phosphore, le soufre)
  - 3.2. Le cycle de l'oxygène par le bilan local de la photosynthèse
4. **La pollution**
  - 4-1- Pollution de l'air
  - 4-2- Pollution des sols
  - 4-3- Pollution de l'eau
  - 4-4- Par type ou agents polluants
  - 4-5- Pollution par les pesticides
5. **Effets des différents types de polluants**
  - 5.1. Environnement
  - 5.2. Santé
6. **Recherche des sources, causes ou responsabilités**
7. **Mesures et rôle des indicateurs**
8. **Techniques et méthodes de remédiations**

## Partie-I- Ecologie générale

### 1. Définitions

- **Ecologie** : c'est l'étude des milieux et les conditions d'existence des êtres vivants, et les relations des organismes avec leur environnement et entre eux.
- **Environnement** : c'est l'un des objets d'étude de l'écologie. En effet, le concept d'environnement désigne le cadre naturel (biotope) dans lequel les organismes (biocénose) interagissent.
- **Ecosystème** : C'est un système biologique formé par deux éléments indissociables, la biocénose et le biotope.
  - **Biocénose** : st l'ensemble des organismes qui vivent ensemble (zoocénose, phytocénose, microbiocénose, mycocénose...).
  - **Biotope** : est le fragment de la biosphère qui fournit à la biocénose le milieu abiotique indispensable. Il se définit également comme étant l'ensemble des facteurs écologiques abiotiques (substrat, sol «édaphotope», climat « climatope ») qui caractérisent le milieu où vit une biocénose déterminée.
- **Individu** : est un spécimen d'une espèce donnée.
- **Population** : un groupe d'individus de la même espèce occupant un territoire particulier à une période donnée.
- **Biodiversité** : désigne la variabilité des organismes vivants (génétique et spécifique), et la variabilité des écosystèmes présents sur Terre qui forment la biosphère (terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques) ; elle comprend la diversité au sein des espèces et entre les espèces ainsi que celle des écosystèmes

### 2. Facteurs écologiques abiotiques (de milieu) :

#### 2.1. Facteurs climatiques

Les éléments du climat qui jouent un rôle écologique sont nombreux. Les principaux sont la température, l'humidité et la pluviosité, l'éclairement et la photopériode. D'autres, comme le vent et la neige, ont une moindre importance, mais ils peuvent dans certains cas avoir un rôle non négligeable.

##### 2.1.1. La lumière :

L'ensoleillement c'est la durée pendant laquelle le soleil a brillé. L'éclairement a une action importante non seulement par son intensité et sa nature (longueur d'onde) mais aussi par la durée de son action (photopériode).

Elle a un rôle important sur les plantes verte ou les végétaux chlorophylliens, elle permet d'assurer leur autotrophie. La photosynthèse se déroule en effet sous l'action de la lumière.

**a. Suivant leur exigence en lumière**, les végétaux sont classés en :

- **Plantes héliophile** ce sont des plantes de pleine lumière, leur croissance est maximale sous de forts éclairements.
- **Plantes sciaphiles** ce sont des plantes d'ombre comme les plantes de sous bois ou de la strate herbacées d'une forêt tel que la fougère.
- **Plantes photomésophile** sont des plantes intermédiaires, ces plantes peuvent vivre quelque soit l'intensité lumineuses, on peut les rencontrer dans le sous bois (ombre) ou exposées au soleil. Ex. le lierre rencontré en forêt et sur un tronc d'arbre (ombre) ou sur les façades des maisons exposé à la lumière.

**b. Le photopériodisme** : c'est l'alternance du jour et de la nuit elle concerne la durée de l'éclairement ou la quantité de lumière reçue par les végétaux. Le phototropisme est déterminant pour la floraison. La lumière influe sur la reproduction des végétaux, certaines plantes ne fleurissent pas si elles ne sont pas soumises à des jours longs. Selon les besoin des plantes, on distingue :

- **Les plantes indifférentes** : elles n'ont aucune exigence en lumière pour la floraison, il leur faut 4 à 5 h pour élaborer la matière organique nécessaire à leur métabolisme.
- **Les plantes des jours courts ou plantes nyctipériodiques** : la photopériode pour ces plantes ne doit pas dépasser 12 – 15h selon les espèces, ce sont les plantes de l'automne, elles sont appelées les.
- **Les plantes des jours longs ou plantes héméropériodiques** : ce sont des plantes qui fleurissent l'été, ces plantes ne rentrent en floraison que si la photopériode dépasse un seuil de 12h. Ce sont les plantes qui fleurissent l'été, ces plantes nécessitent en effet, d'importantes quantités de lumière pour élaborer suffisamment de matière organique afin de fleurir.

c. **Action de la lumière sur l'anatomie des feuilles** : à l'intérieur de la même espèce, les feuilles sont différentes selon qu'elles se sont développées à la lumière ou à l'obscurité. Une feuille de hêtre exposée à la lumière est épaisse et dure, son épiderme supérieur est couvert d'une cuticule importante, les feuilles développées à l'ombre sont molles et mince

### 2.1.2. la température

La température est l'élément du climat le plus important étant donné que tous les processus métaboliques en dépendent. Des phénomènes comme la photosynthèse, la respiration, la digestion suivent la loi de van't Hoff qui précise que la vitesse d'une réaction est fonction de la température. La grande majorité des êtres vivants ne peut subsister que dans un intervalle de températures comprise entre 0 et 50°C en moyenne. Les températures trop basses ou trop élevées déclenchent chez certains animaux un état de dormance (quiescence) appelé estivation ou hibernation. Dans les deux cas, le développement est quasiment arrêté.

### 2.1.3. humidité

L'eau représente de 70 à 90% des tissus de beaucoup d'espèces en état de vie active. L'approvisionnement en eau et la réduction des pertes constituent des problèmes écologiques et physiologiques fondamentaux. En fonction de leurs besoins en eaux, et par conséquent de leur répartition dans les milieux, on distingue :

- ♣ **Des espèces aquatiques** qui vivent dans l'eau en permanence (ex : poissons) ;

- ♣ **Des espèces hygrophiles** qui vivent dans des milieux humides (ex : amphibiens) ;

- ♣ **Des espèces mésophiles** dont les besoins en eau sont modérés et qui supportent des alternances de saison sèche et de saison humide;

- ♣ **Des espèces xérophiles** qui vivent dans les milieux secs où le déficit en eau est accentué (espèces des déserts).

### 2.1.4. le vent

Le vent assure la pollinisation chez les plantes à fleur dites alors anémophiles et la dissémination des graines ou de fruits non charnus, on parle alors d'anémochorie, tel que les graines ailées (avec aile) des gymnospermes.

Le vent peut aussi avoir un effet indirect, soit en asséchant l'air et augmentant les températures dans le cas des vents chauds, ou abaissant les températures dans le cas des vents froids.

### **2.1.5. Neige**

C'est un facteur écologique important en montagne. La couverture de neige protège le sol du refroidissement. Sous un mètre de neige, la température du sol est de  $-0,6^{\circ}\text{C}$ , alors qu'elle est de  $-33,7^{\circ}\text{C}$  à la surface.

## **2.2. Facteurs édaphiques**

### **2.2.1. Propriétés physique de sol**

#### **2.2.1.1. Texture :**

La texture du sol est définie par la grosseur des particules qui le composent : graviers, sables, limons, argiles.

Sur le plan biologique, la granulométrie intervient dans la répartition des animaux et des eaux souterraines. Nombreux organismes tels que les vers de terre préfèrent les sols limoneux ou argilosableux, tout comme quelques espèces de coléoptères qui préfèrent les sols argileux et/ou limoneux, présentant une teneur élevée en éléments fins et qui ont la faculté de retenir l'eau nécessaire, contrairement aux éléments grossiers qui permettent une dessiccation trop rapide du sol.

#### **2.2.1.2. Structure :**

La structure est l'organisation du sol. Elle se définit également comme étant l'arrangement spatial des particules de sables, de limons et d'argiles. On distingue principalement trois types de structures :

- Particulaire : où les éléments du sol ne sont pas liés, le sol est très meuble (sols sableux).
- Massive : où les éléments du sol sont liés par des ciments (matière organique, calcaire) durcies en une masse très résistante discontinue ou

continue (sols argileux). Ce type de sol est compact et peu poreux. Il empêche cependant, les migrations verticales des animaux sensibles à la température et à l'humidité et ainsi en interdisent l'existence.

- Fragmentaire : où les éléments sont liés par des matières organiques et forment des agrégats (Assemblage hétérogène de substances ou d'éléments qui adhèrent solidement entre eux) de tailles plus ou moins importantes. Cette structure est la plus favorable à la vie des êtres vivants, car elle comporte une proportion suffisante de vides ou de pores qui favorisent la vie des racines et l'activité biologique en général, en permettant la circulation de l'air et de l'eau.

### **2.2.1.3. Porosité :**

C'est le pourcentage de pores dans un sol, elle règle la circulation de l'air et de l'eau et de beaucoup d'animaux tels que les vers de terre. Un sol compact est peu poreux, le manque d'O<sub>2</sub> empêche le développement des organismes vivants sauf les espèces anaérobies. Ce sont des sols asphyxiants pour les racines des végétaux

## **2.2.2. Propriétés chimique de sol**

### **2.2.2.1. Acidité de sol « pH » :**

Le pH du sol est la résultante de l'ensemble de divers facteurs pédologiques. En effet, la solution du sol contient des ions H<sup>+</sup> provenant de :

♣ L'altération de la roche mère

♣ L'humification de la matière organique (synthèse d'acide humique)

♣ L'activité biologique

♣ L'effet des engrais acidifiants Le pH dépend également de la nature de la couverture végétale et des conditions climatiques (température et pluviosité) :

- les pH basiques (supérieurs à 7,5) caractérisent les sols qui se développent sur une roche mère calcaire. On les rencontre généralement dans les climats secs ou saisonnièrement secs et sous une végétation présentant des feuilles à décomposition rapide.

- Les pH acides (entre 4 et 6,5) se rencontrent beaucoup plus sous les climats humides et froids favorables à une accumulation de la matière organique. Ils caractérisent les forêts de conifères. Ils se forment surtout sur les roches siliceuses et les roches granitiques.
- Les organismes vivants tels que les Protozoaires supportent des variations de pH de 3,9 à 9,7 suivant les espèces : certaines sont plutôt acidophiles alors que d'autres sont basophiles. Les neutrophiles sont les plus représentées dans la nature.

#### 2.2.2.2. Composition chimique de sol

Les divers types de sols ont des compositions chimiques très variées. Les éléments les plus étudiés en ce qui concerne leur action sur la faune et la flore sont les chlorures et le calcium.

Les sols salés, ayant des teneurs importantes en chlorure de sodium, ont une flore et une faune très particulière. Les plantes des sols salés sont des halophytes. En fonction de leurs préférences, les plantes sont classées en calcicoles (espèces capables de supporter des teneurs élevées en calcaire), et calcifuges (espèces qui ne supportent que de faibles traces de calcium).

**3. Facteurs écologiques biotiques :** Les interactions biotique ente les organismes vivants se devisent en deux groupes :

- **Interactions interspécifiques (Homotypiques):** elles s'exercent entre individus d'espèces différentes.
- **Interactions intra-spécifiques (Hétérotypiques) :** elles s'exercent entre les individus d'une même espèce, à l'intérieur de la même population.

**3.1. Compétition :** c'est une interaction entre (deux individus de la même espèce ou deux espèces voisines) , qui cherchent et exploitent la même ressource qui est présente dans le milieu en quantité limitée.

**3.2. Prédation :** elle peut être définit comme la consommation de tout ou une partie d'un individu qui est la proie par un autre individu qui est le prédateur.

**3.3. Amensalisme :** C'est une interaction dans laquelle une espèce est éliminée par une autre espèce qui secrète une substance toxique. Dans les interactions entre végétaux, l'amensalisme est souvent appelé allélopathie. Exemple : Le Noyer



rejette par ses racines, une substance volatile toxique, qui explique la pauvreté de la végétation sous cet arbre.

- 3.4. Commensalisme :** c'est une association entre deux organismes vivants d'espèces différentes, l'une est une espèce commensales qui tire un bénéfice ou un avantage de cette association et l'autre est une espèce hôte qui ne tire ni avantage ni inconvénient.
- 3.5. Symbiose :** c'est une interaction dans laquelle les deux espèces trouvent un avantage. Ex.- symbiose plante-bactérie pour la fixation de l'azote atmosphérique.

#### 4. Notions d'écologie du paysage

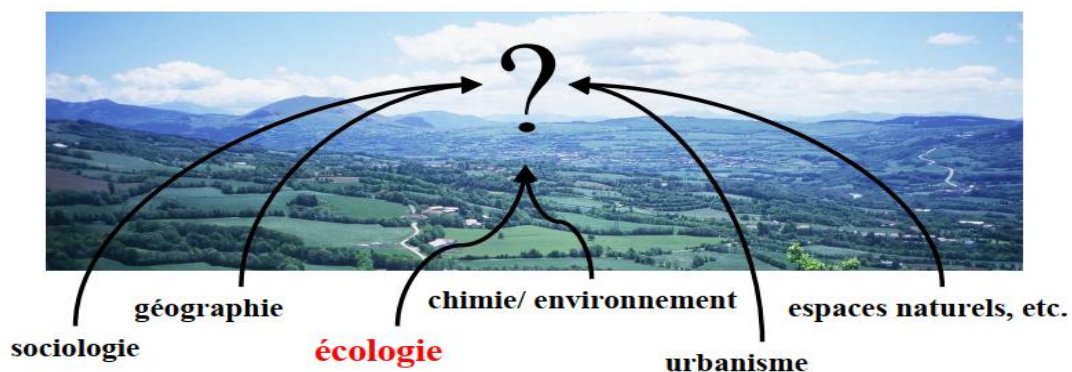
Etymologiquement, le mot « paysage » réfère à l'agencement des traits, des caractères, et de formes d'un « pays » ou portion de l'espace terrestre.

En écologie « le paysage est un niveau d'organisation des systèmes écologiques, supérieur à l'écosystème ; il se caractérise essentiellement par son hétérogénéité et par sa dynamique gouvernée pour partie par les activités humaines » (Baudry & Burel 1999).

Le paysage est alors défini comme une portion de territoire hétérogène, composée d'ensembles d'écosystèmes en interaction et est considéré comme un niveau d'organisation des systèmes écologiques, supérieur à l'écosystème.

Avant d'être objet d'étude en écologie, le paysage a été utilisé dans de nombreuses disciplines : architecture, littérature, géographie à la fois concept et réalité spatiale, le paysage se positionne comme un objet commun à de multiples préoccupations...

### Le paysage, un objet partagé...



**Partie- II-****I. Synécologie (Structure et fonctionnement des écosystèmes)**

La synécologie, ou écologie des communautés, est une discipline de l'écologie qui étudie les rapports entre populations de types différents de la *biocénose*, c'est-à-dire de l'ensemble des organismes de tout type d'un écosystème.

**1. Flux d'énergie :**

- a. Source de l'énergie :** L'énergie solaire constitue la source essentielle de la matière sur Terre. Environ 30% de cette énergie solaire est immédiatement réfléchi vers l'espace sous forme de lumière, 20% environ est absorbée par l'atmosphère terrestre. La plus grande partie des 50% restants est absorbée par la terre elle-même et transformée en chaleur.
- b. Circulation de l'énergie :**
  - Une partie de l'énergie absorbée sert à l'évaporation des eaux des océans et à la formation des nuages qui, à leur tour, donnent la pluie et la neige.
  - L'énergie solaire, combinée à d'autres facteurs est aussi responsable des mouvements de l'air et de l'eau qui participent à l'établissement de différents types de climats sur toute la surface terrestre.
  - Les plantes vertes et d'autres organismes photosynthétiques captent moins de 1% d'énergie solaire. Ces êtres transforment cette énergie en énergie chimique, électrique et mécanique utilisée par ces mêmes organismes (dits autotrophes) et par tous les autres êtres vivants, dits hétérotrophes, et assurant ainsi leur nutrition et donc leur survie et leurs diverses activités.
- c. Circulation d'énergie pour les êtres vivants :** l'énergie est la capacité d'accomplir un travail. Ce travail peut être produit au niveau de la cellule (synthèse de molécules, déplacement des organites d'un endroit à un autre, transport de substances, etc.), du tissu, de l'organe, de l'individu, du peuplement, de la communauté, de l'écosystème et de la Biosphère.

Tout être vivant doit, donc, recevoir de l'énergie parce qu'il en dépense pour différentes fonctions :

- i. La maintenance :** entretien de l'organisme ou métabolisme basal et activités courantes (mouvements).

- ii. La croissance de l'organisme (augmentation en taille, en poids et en volume).
- iii. La reproduction : production de gamètes et de graines.
- iv. L'accumulation de réserves glucidiques et lipidiques. Il y a donc un flux d'énergie d'un niveau trophique à un autre.

## 2. Réseaux trophiques :

Se définit comme l'ensemble des relations alimentaires entre espèces au sein d'un écosystème, par lesquelles l'énergie et la matière circulent.

### a. Chaîne alimentaire :

Une chaîne alimentaire est une suite d'êtres vivants reliés par une relation alimentaire et énergétique. Chacun des organismes constitue un maillon de la chaîne alimentaire. Il y a échange d'énergie de l'un à l'autre des organismes mais également des pertes.

### b. Niveaux trophiques :

C'est le rang qu'occupe un être vivant dans une chaîne alimentaire. Chaque maillon de la chaîne correspond à un niveau trophique. On retrouve les niveaux suivants : les producteurs, les consommateurs et les décomposeurs

- i. **Producteurs** : C'est l'ensemble des végétaux chlorophylliens (autotrophes) qui vont fixer l'énergie de la lumière solaire (photosynthèse). En moyenne 1 à 5% de l'énergie solaire qui est captée par les plantes.
- ii. **Consommateurs** : Ce sont les hétérotrophes, ils dépendent des autres êtres vivants pour se nourrir. Ils ne peuvent synthétiser leur propre nourriture. On distingue plusieurs catégories de consommateurs selon le régime alimentaire :
  - **Les herbivores** : ce sont les consommateurs des végétaux.
  - **Les saprophages** : consomment des végétaux et des animaux morts, leur rôle est en quelque sorte de recycler la matière organique avant d'être déminéralisée par les décomposeurs. Il existe plusieurs types de saprophages :
    - **Les détritivores** : consomment les débris végétaux et animaux.
    - **Les coprophages** : se nourrissent des excréments de divers animaux : ce sont surtout des insectes.

- **Les nécrophages** : se nourrissent de cadavres : ce sont des oiseaux et des insectes.
- **Les carnivores** : se nourrissent d'autres animaux dont ils vont digérer la matière organique ; on les appelle aussi les prédateurs : on en distingue trois catégories :
  - **Prédateurs de premier ordre** : qui mangent les herbivores : (chacal, lion, etc.).
  - **Prédateurs de 2<sup>o</sup> ordre** qui mange les prédateurs de 1<sup>o</sup> ordre (serpents, etc.).
  - **Prédateurs de 3<sup>o</sup> ordre** : (les rapaces qui mangent les serpents, etc.).

### iii. Décomposeurs :

Ils décomposent la matière organique des cadavres et redonnent aux plantes les sels minéraux essentiels à la photosynthèse. Ex. : Bactéries et champignons.



### 3. Stratégies adaptatives

Tout être vivant est caractérisé par ses capacités d'adaptation qui assurent sa survie, sa pérennité et sa reproduction. Cette adaptation de l'organisme aux conditions du milieu se fait grâce à trois modes : le comportement, la physiologie et la morphologie.

- a. **adaptation physiologique** : Ces adaptations sont en liens direct avec des changements du métabolisme des organismes. Certains organes commencent à fonctionner de manière différente quand certains changements s'opèrent dans l'environnement. Les deux adaptations physiologiques les plus connues sont l'hibernation et l'estivation.
- b. **adaptation morphologique** : Ce sont les structures externes des animaux qui leur permettent une meilleure adaptation à leur environnement. Comme changements morphologiques notables, par exemple, les ailettes des animaux aquatiques ou le pelage dense des animaux qui vivent dans des régions froides. Cependant, les adaptations morphologiques les plus attractives sont le camouflage et le mimétisme.
- c. **adaptation comportementale** : Ces adaptations amènent les animaux à développer certains comportements qui permettent la survie de l'individu et de l'espèce. Fuir devant un prédateur, se cacher, chercher un refuge ou chercher des aliments nutritifs sont tous des exemples d'adaptations comportementales. Ex : **la migration**. La migration permet aux animaux de fuir de leur environnement lorsque les conditions climatologiques deviennent trop dures.

Chaque organisme possède des capacités différentes à s'adapter à un ou plusieurs milieux. On parle de valence écologique. Une espèce qui supporte de faible variation de milieux est une espèce sténoèce alors qu'une espèce qui peut supporter de fortes variations est dite euryèce. La sensibilité des espèces à un facteur (température,...) dépend non seulement du lieu d'origine de l'espèce mais aussi du stade de développement (les jeunes étant généralement plus sensibles que les adultes).

### 4. Niches écologiques :

La niche écologique, elle se définit comme étant la position que l'organisme occupe dans son environnement, comprenant les conditions dans lesquelles il est trouvé, les ressources qu'il utilise et le temps qu'il y passe. Les organismes peuvent changer de niche quand ils se développent.

Ex. : Les Crapauds communs *Bufo bufo*.

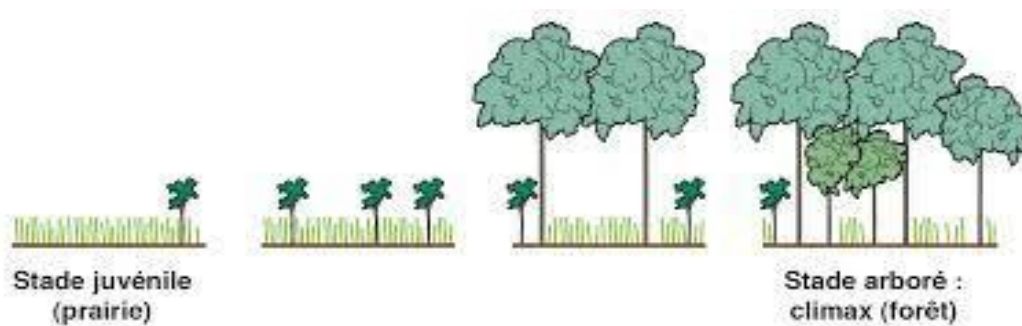
C'est le rôle global et l'ensemble des interactions entre la grenouille et son milieu. La niche écologique de la grenouille est de se nourrir d'insectes, de fournir du sang aux insectes piqueurs, de servir de repas au raton laveur, de fertiliser l'eau de son étang par ses excréments et d'être décomposé par les micro-organismes à sa mort.

## 5. Evolution des biocénoses

Une biocénose, comme une population ou un individu, présente à un moment donné une biomasse déterminée ; cette biomasse se modifie au cours des temps. Le changement de biomasse pendant l'unité de temps est généralement un indice de la productivité de la biocénose.

En absence d'intervention humaine, la biocénose d'un écosystème donné évolue progressivement vers un stade terminal, une biocénose stable en équilibre avec le milieu. Ce stade terminal d'évolution s'appelle le **climax**. La biocénose climax reste identique à elle-même pendant une durée qui correspond à plusieurs vies humaines. Si dans un milieu, qui a déjà été peuplé, on élimine tous les êtres vivants, on constate une apparition des successions secondaires qui conduisent à un climax mais qui est différent de celui qui existait primitivement. Ce nouveau climax est souvent désigné par le terme **subclimax**. Il existe aussi des successions qui ne se terminent pas par un climax final, ce sont des séries destructives comme ce qu'on observe dans les cadavres d'animaux. Des larves s'y forment mais évoluent négativement et finissent par disparaître.

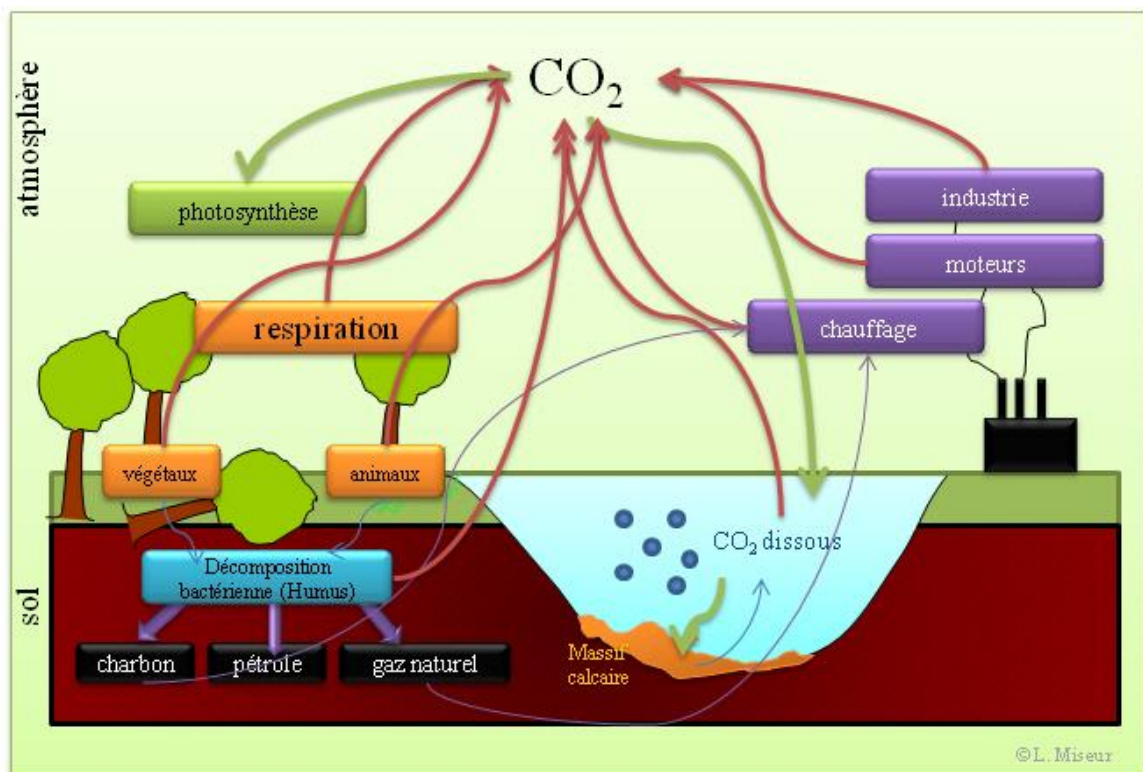
**Le climax** est en principe la biocénose la plus complexe la plus stable et la plus "diversifiée" d'une succession dynamique primaire.



## II. Cycles biogéochimiques

### 1. Cycle de carbone

Le cycle du carbone c'est le déplacement du carbone, sous ses diverses formes, entre la surface de la Terre, son intérieur et l'atmosphère. Les principaux mécanismes de l'échange de carbone sont **la photosynthèse, la respiration** et **l'oxydation**. Un transfert a lieu entre les organismes vivants, l'atmosphère, la terre et l'eau. Au cours des millions d'années, le cycle du carbone a concentré de grandes quantités de carbone dans la roche-mère, principalement sous forme de calcaire, et dans les combustibles fossiles. On se représente le cycle du carbone sous forme de quatre réservoirs ou bassins interconnectés : l'atmosphère, la biosphère terrestre, les océans et les sédiments. Le taux d'échange de carbone entre les réservoirs est appelé flux. Ces réservoirs sont soit des sources de carbone soit des puits de carbone. Les puits de carbone absorbent le carbone d'une autre partie du cycle du carbone alors que les sources de carbone libèrent du carbone. Par exemple, les plantes vertes absorbent le carbone de l'atmosphère et sont considérées comme un puits de carbone. Une usine qui libère du carbone dans l'atmosphère est considérée comme une source de carbone.



**Fig.** Cycle de carbone.

## 2. Cycle d'azote

Le cycle de l'azote est un cycle biogéochimique qui décrit la succession des modifications subies par les différentes formes de l'azote (diazote, nitrate, nitrite, ammoniac, azote organique (protéines)). L'atmosphère est la principale source d'azote, sous forme de diazote, puisqu'elle en contient 78 % en volume.

Des processus sont nécessaires pour transformer l'azote atmosphérique en une forme assimilable par les organismes. L'azote atmosphérique est fixé par des bactéries présentes dans le sol, telles qu'*Azobacter vinelandii*, grâce à une enzyme, la nitrogénase. Certaines de ces bactéries, comme *Rhizobium*, vivent en symbiose avec des plantes, produisant de l'ammoniac et puisant des glucides. L'ammoniac peut aussi provenir de la décomposition d'organismes morts par des bactéries saprophytes sous forme d'ions ammonium  $\text{NH}_4^+$ .

Dans les sols bien oxygénés, des bactéries transforment l'ammoniac en nitrite  $\text{NO}_2^-$ , puis en nitrates  $\text{NO}_3^-$ , au cours du processus de **nitrification**. Les végétaux absorbent grâce à leurs racines les ions nitrate  $\text{NO}_3^-$  et, dans une moindre mesure, l'ammoniac présent dans le sol, et les incorporent dans les acides aminés et les protéines. Les végétaux constituent ainsi la seule source d'azote assimilable par les animaux.

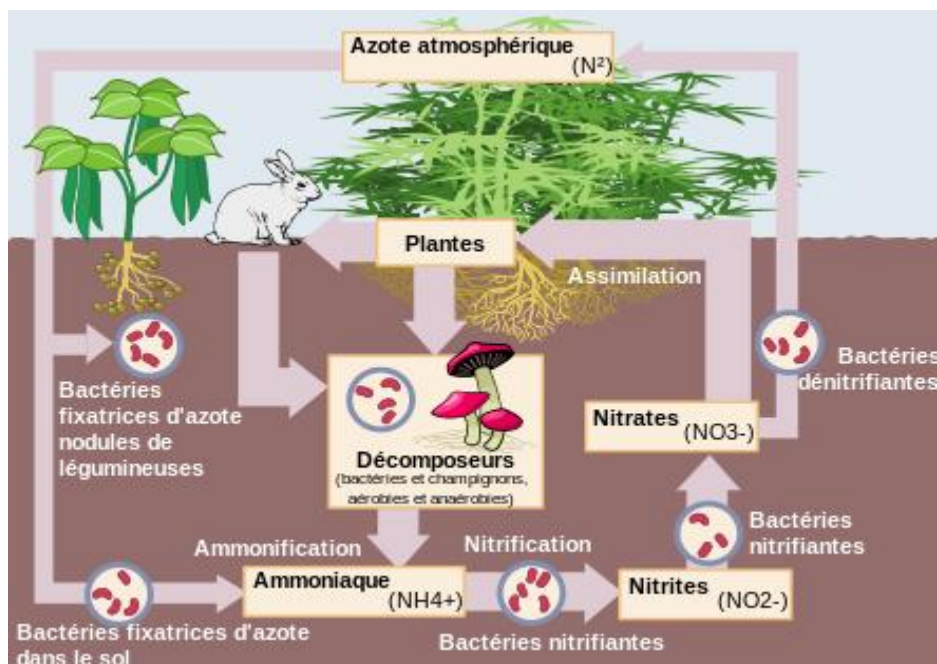


Fig. Cycle d'azote.



### 3. Cycle phosphore

Dans la Terre primitive, tout le phosphore se trouvait dans les roches ignées. C'est par l'altération superficielle de ces dernières sur les continents que le phosphore a été progressivement transféré vers les océans.

Le cycle du phosphore ne possède pas de composante gazeuse, du moins en quantité significative, et par conséquent n'affecte pratiquement pas l'atmosphère. Il se distingue aussi des autres cycles par le fait que le transfert de phosphore (P) d'un réservoir à un autre n'est pas contrôlé par des réactions microbiennes comme l'azote.

Pratiquement tout le phosphore en milieu terrestre est dérivé de l'altération des phosphates de calcium des roches de surface, principalement de l'**apatite**. Bien que les sols contiennent un grand volume de phosphore, une petite partie seulement est accessible aux organismes vivants. Ce phosphore est absorbé par les plantes et transféré aux animaux par leur alimentation. Une partie est retournée aux sols à partir des excréments des animaux et de la matière organique morte. Une autre partie est transportée vers les océans où une fraction est utilisée par les organismes benthiques et ceux du plancton pour sécréter leur squelette; l'autre fraction se dépose au fond de l'océan sous forme d'organismes morts ou de particules et est intégrée aux sédiments. Ces derniers sont transformés progressivement en roches sédimentaires par l'enfouissement; beaucoup plus tard, les roches sont ramenées à la surface par les mouvements tectoniques et le cycle recommence.

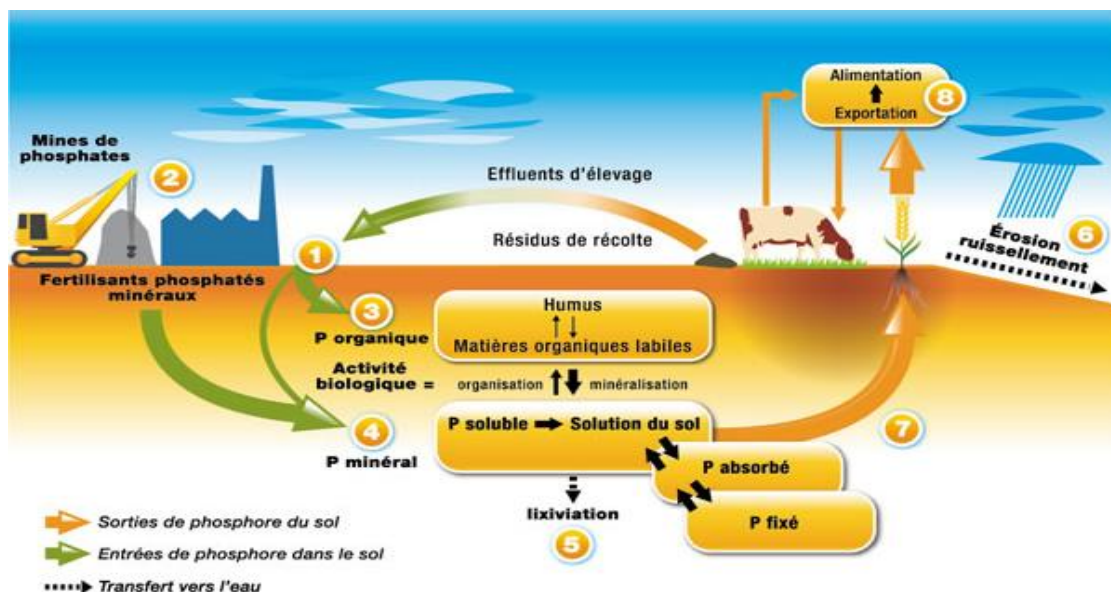


Fig. Cycle de phosphore.

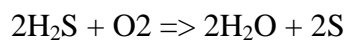
#### 4. Cycle de soufre

Le soufre est présent en petite quantité dans les organismes sous forme notamment d'acide aminés méthionine et cystéine. Le soufre et les liaisons sulfures sont importantes pour le métabolisme fonctionnel de nombreux champignons et être vivants.

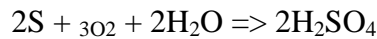
- La fermentation anaérobie du soufre permet de convertir les composés organiques du soufre en H<sub>2</sub>S. Alors que d'autres bactéries aérobies peuvent oxyder H<sub>2</sub>S en soufre et en acide sulfurique :

Simple oxydation-réduction :

- bactérie du soufre comme *Beggiatoa* ou *Thiothrix* :



- Protobactériaceae comme *Thiobacillus thiooxidans* qui oxydent le soufre en acide sulfurique :



- Réaction de photosynthèse dans les *Rhodothiobacterales* de la même façon que pour les *Chlorothiobacterales* (ou bactéries du soufre vertes), le soufre élémentaire est formé en premier :  $2\text{H}_2\text{S} + \text{CO}_2 \Rightarrow (\text{CH}_2\text{O})^* + \text{H}_2\text{O} + 2\text{S}$  avec de l'énergie lumineuse.

Le soufre produit est stocké selon les espèces dans la cellule ou les sécrétions des bactéries. Il sera converti plus tard en acide sulfurique.

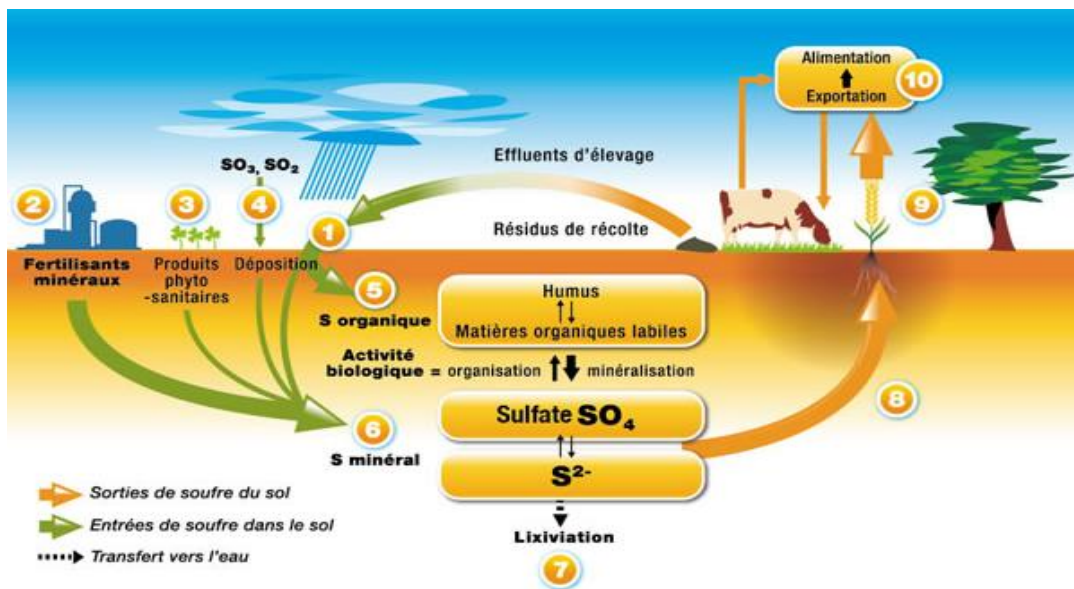


Fig. Cycle de soufre.

## 5. Le cycle de l'oxygène par le bilan de la photosynthèse

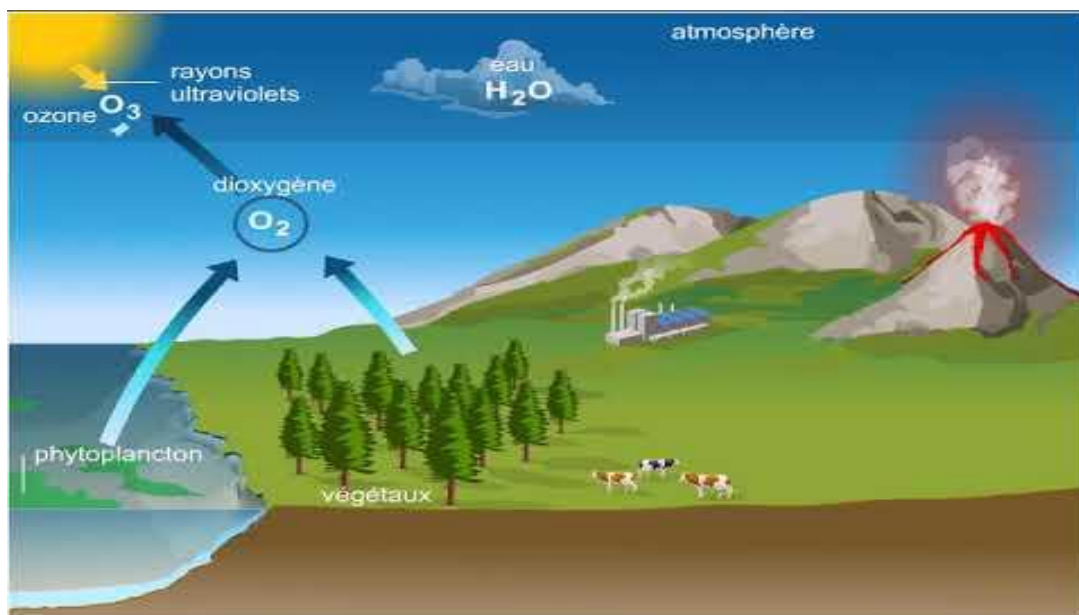
L'oxygène est le deuxième élément en importance sur notre planète (après l'azote). Les réserves en oxygène sont très dans l'atmosphère.

Les étapes du cycle de l'oxygène :

1. Lors de la photosynthèse, les organismes captent le gaz carbonique et à l'aide de l'énergie solaire, il le dissocie en carbone. Ils utilisent ce carbone pour la formation des composés organiques et ils rejettent l'oxygène dans l'atmosphère.
2. L'oxygène rejeté dans l'atmosphère peut être transformée en ozone ( $O_3$ ) pour assurée une protection contre les ultraviolets.
3. Les organismes vivants sur la planète utilisent l'oxygène disponible dans l'atmosphère (respiration, oxydation, milieux aquatiques).

### La photosynthèse et le cycle de l'oxygène

La majeure partie de l'oxygène utilisable sur la terre provient de la photosynthèse. Comme mentionné plus haut, ce processus vital est la façon dont les plantes absorbent l'énergie du soleil pour l'utiliser. Cependant, **une fois que la plante a fini d'utiliser cette énergie, elle rejette généralement des produits dans l'atmosphère**. Le plus souvent, cela se fait sous forme d'oxygène, ce qui permet de renouveler constamment les niveaux d'oxygène de la Terre.



**Fig.** Cycle d'oxygène.

### **Partie- III- La pollution et les effets des différents types de polluants**

#### **I- La pollution**

La pollution est toute modification **anthropogénique** d'un écosystème (air, eau ou le sol) se traduisant par un changement de concentration des constituants chimiques naturels, ou résultant de l'introduction dans la biosphère de substances chimiques artificielles, d'une perturbation du flux de l'énergie, de l'intensité des rayonnements, de la circulation de la matière ou encore de l'introduction d'espèces **exotiques** dans une biocénose naturelle.

*Les polluants* : sont des substances naturelle ou issue des activités humaines qui, lorsqu'elle est présente en quantité trop importante dans l'environnement, peut avoir des effets nocifs sur les êtres vivants.

#### **1. Pollution de l'air (atmosphérique)**

##### **1.1.Définition :**

**Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) :**

« Lorsqu' une ou plusieurs substances ou des mélanges de substances polluantes sont présents dans l'atmosphère dans des quantités ou sur une période telles qu'ils sont dangereux pour les hommes, les animaux, les plantes ou les biens, qu'elles contribuent à leur mise en péril ou nuisent à l'activité ou au bien-être des personnes »

**Selon les réglementations algérienne**, le Loi n° 83-03 du 05-02-1983 relative à la protection de l'environnement Art. 32. a donné la définition suivante à la pollution atmosphérique :

« On entend par pollution atmosphérique, au sens de la présente loi, l'émission dans l'atmosphère de gaz, de fumées ou de particules solides ou liquides, corrosifs, toxiques ou odorants, de nature à incommoder la population, à compromettre la santé ou la sécurité publique ou à nuire aux végétaux, à la production agricole et aux produits agro alimentaires, à la conservation des constructions et monuments ou au caractère des sites. »

**1.2.Les polluants atmosphériques :** Sont des substances gazeuses ou particulaires introduites par les activités humaines dans l'atmosphère ou naturellement présentes

dans cette dernière mais dont la concentration est accrue par suite de diverses sources technologiques. Les principaux polluants atmosphériques sont :

- le dioxyde de soufre :  $\text{SO}_2$
- le monoxyde de carbone :  $\text{CO}$
- le dioxyde d'azote :  $\text{NO}_2$
- l'ozone :  $\text{O}_3$
- les particules ( $\text{PM}_{10}$ )
- le benzène :  $\text{C}_6\text{H}_6$
- le plomb :  $\text{Pb}$
- les hydrocarbures aromatiques polycycliques : 6 (HAP)
- le cadmium :  $\text{Cd}$
- l'arsenic :  $\text{As}$
- le nickel :  $\text{Ni}$
- le mercure :  $\text{Hg}$

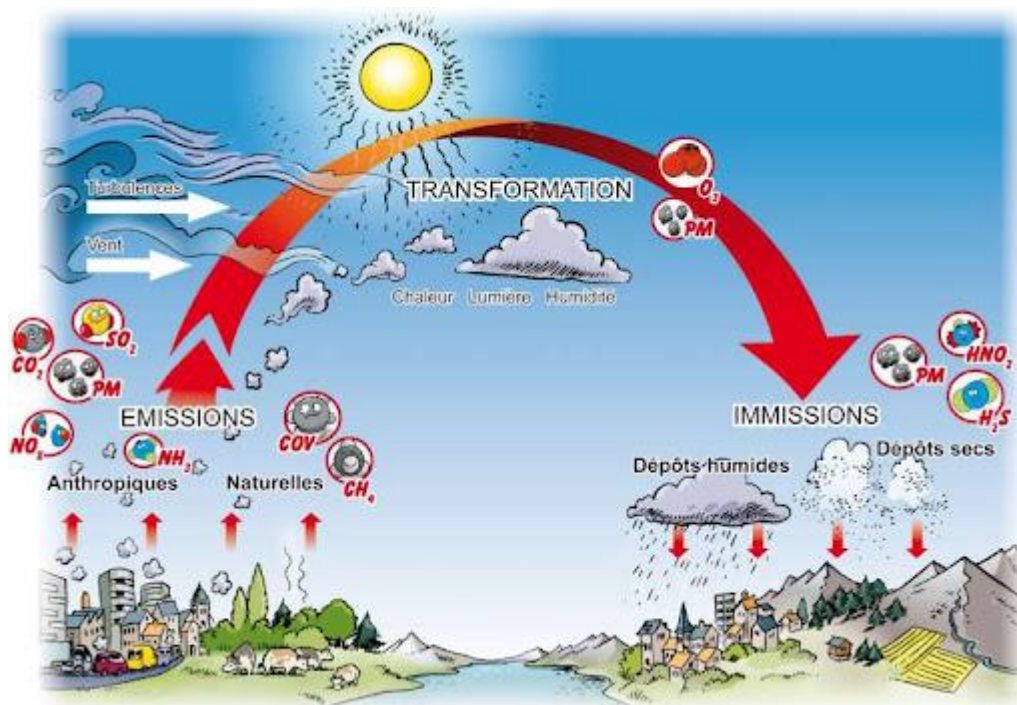


Figure- Cycle de pollution de l'air.

## 2. Pollution des sols

### 2.1. Définition

La pollution du sol peut être à l'origine de différentes sources. Cette pollution peut apparaître de différentes manières. Une grande partie des composées, qui ont des

influences sur les sols et sur les organismes qu'ils contiennent, provient directement de l'air ou arrivent avec les précipitations. La pollution du sol est consécutive à l'utilisation massive d'engrais ou de pesticides qui peuvent avoir plusieurs impacts sur l'environnement en s'infiltrant dans les sols et la nappe phréatique qui peut contaminer aussi la culture. Les contaminations du sol peuvent être diffuses ou ponctuelle. La pollution du sol peut être d'origine agricole, industrielle ou microbienne.

## **2.2. Les polluants de sol**

- Les métaux lourds (arsenic, chrome, cuivre, cadmium, mercure, nickel, plomb, zinc...)
- Les hydrocarbures (essences, fioul, huiles...)
- Les solvants chlorés ou aromatiques
- Les produits phytosanitaires (pesticides, herbicides).

## **3. Pollution de l'eau (aquatique)**

### **3.1. Définition**

On appelle pollution de l'eau toute modification des caractéristiques de l'eau ayant un caractère gênant ou nuisible pour les usages humains, la faune ou la flore. Au cours de son utilisation, l'eau s'appauvrit ou s'enrichit de substances de toutes sortes, ou change de température. Les pollutions qui en résultent se retrouvent dans le milieu naturel (cours d'eau, mer). La pollution de l'eau survient lorsque des matières sont déversées dans l'eau qui en dégrade la qualité. La pollution dans l'eau inclut toutes les matières superflues qui ne peuvent être détruites par l'eau naturellement.

### **3.2. Les polluants de l'eau**

- les pesticides
- les matières organiques
- le phosphore
- les nitrates
- les rejets médicamenteux et industriels

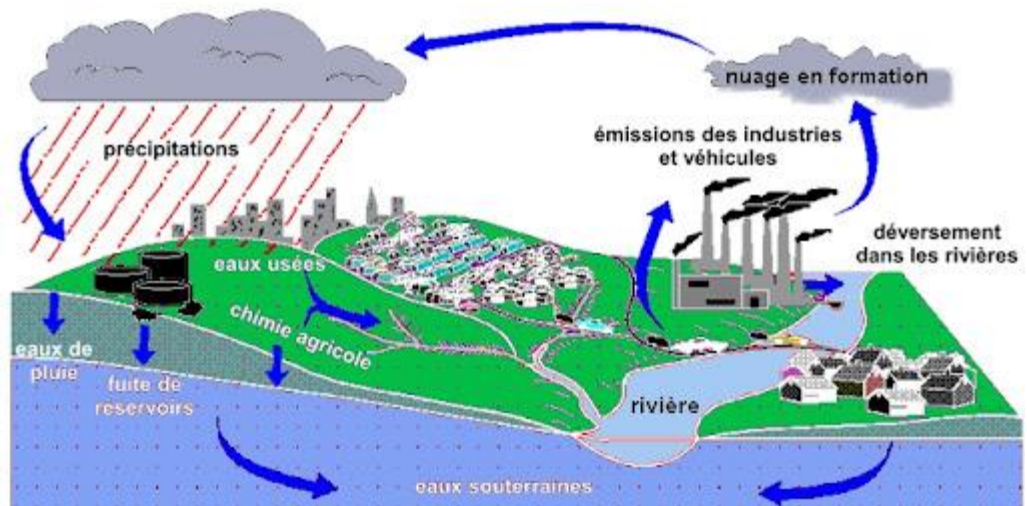


Figure – Cycle pollution de l'eau

#### 4. Type de pollution

Selon le type de polluant, on peut classer la pollution en trois catégories :

##### 4.1. Pollution physique

- *La chaleur:*
- *Pollution radioactive*
- *Le bruit*
- *La pollution lumineuse*

##### 4.2. Pollution chimique

- *Les hydrocarbures liquides*
- *Les plastifiants*
- *Les pesticides*
- *Les matières eutrophisantes*
- *Les métaux lourds*
- *Les médicaments et cosmétiques*

##### 4.3. Pollution biologique

- *toxines algales*
- *les germes pathogènes*
- *les parasites*

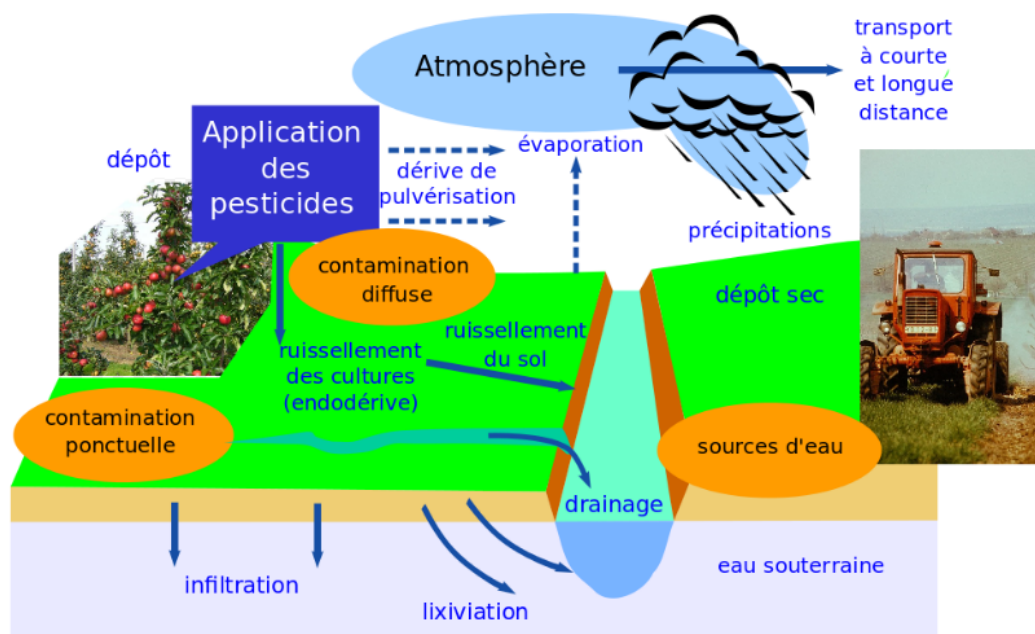
## 5. Pollution par les pesticides

### 5.1. Définition

Les pesticides, appelés encore biocides, sont des substances toxiques minérales ou organiques de synthèse ou naturelles destinées à protéger les végétaux contre les ravageurs, les mauvaises herbes (herbicides), les champignons phytopathogènes (fongicides) ou bien les insectes nuisibles aux cultures (insecticides). Ils sont utilisés en quantité considérable depuis + de 50 ans.

### 5.2. Application et devenir des pesticides

Les matières actives phytosanitaires sont appliquées le plus souvent sous la forme de liquides pulvérisés sur les plantes et/ou sur le sol. Dès qu'ils ont atteint le sol ou la plante, les pesticides commencent à disparaître : ils sont dégradés ou sont dispersés. Les matières actives peuvent se volatiliser, ruisseler ou être lessivées et atteindre les eaux de surface ou souterraines, être absorbées par des plantes ou des organismes du sol ou rester dans le sol.



**Figure-** Cycle des pesticides dans l'environnement.

### 5.4. Exposition aux pesticides

L'exposition de l'homme aux pesticides relève de trois types de voies : **orale** (alimentation), **respiratoire** (air) et **cutanée**.



Le **degré d'exposition** varie en fonction de sa **durée**, de son **intensité** et de sa **fréquence**. Il varie aussi en fonction des caractéristiques du produit (**propriétés physico-chimiques**) et de sa **concentration** dans le compartiment de l'environnement. Selon l'OMS, la principale source d'exposition pour la population est **l'alimentation**. Cependant, l'utilisation de pesticides dans les habitations, pour les animaux domestiques et dans les jardins, est loin d'être négligeable, malgré la quasi-absence de mesures pour la quantifier.

## II- Effets des différents types de polluants

Polluant	Sur la santé	Sur l'environnement
<b>Composés organiques volatils (COV)</b>	Les effets sont divers selon les polluants et l'exposition. Ils vont de la simple gêne olfactive et une irritation, à une diminution de la capacité respiratoire. Le benzène est un composé cancérigène reconnu.	Les COV contribuent au phénomène des pluies acides qui attaquent les végétaux.
<b>Dioxyde de carbone (CO2)</b>	Il n'a pas d'effet connu sur la santé.	L'augmentation de la concentration en CO2 accroît sensiblement l'effet de serre et contribue à une modification du climat planétaire.
<b>Polluants organiques persistants (POP) Incluant les dioxines, les HAP, les pesticides,...</b>	De fortes concentrations de POPs ont des effets carcinogènes reconnus sur la santé. Perturbateurs endocriniens, ils interviennent dans les processus hormonaux et les perturbent,	Les POPs résistent à la dégradation biologique, chimique et photolytique et persistent dans l'environnement. Par ailleurs, ils sont caractérisés par une

	malformations congénitales, capacité reproductive limitée, développement physique et intellectuel affecté, système immunitaire détérioré.	faible solubilité dans l'eau et une grande solubilité dans les lipides ce qui cause une bioaccumulation dans les graisses des organismes vivants et une bioconcentration dans les chaînes trophiques.
<b>Azote (nitrates, nitrites), Phosphore</b>	Nitrates : empoisonnement du sang chez les nourrissons par blocage de l'hémoglobine interdisant le transport de l'oxygène (maladie bleue). - Nitrites : cancers à long terme chez les adultes (même à faible concentration) si associés à certains pesticides	Eutrophisation des milieux aquatiques par excès de matières nutritives pour les végétaux (algues) et conduisant à l'asphyxie des milieux - Toxicité de l'ammoniaque et des nitrites pour la faune aquatique
<b>Pollution organique</b>	Favorise le développement d'organismes pathogènes pour l'Homme	Asphyxie du milieu par consommation de l'oxygène dissous, mort des poissons - Stimulation de la production végétale (eutrophisation) et accumulation de boues - Faiblement biodégradable
<b>Métaux</b>	Troubles respiratoires, digestifs, nerveux ou cutanés.	Non biodégradables, bioaccumulables

	- Arsenic, Nickel et Chrome sont également considérés comme cancérigènes.	
<b>Pesticides</b>	Les plus toxiques : les insecticides - Effets reprotoxiques (malformations, stérilité, troubles de la reproduction), mutagènes et cancérogènes	Substances très dangereuses pour les milieux aquatiques - Polluants organiques persistants - S'adsorbent sur les matières en suspension et s'accumulent dans certains compartiments (sédiments, matières organiques, chaîne alimentaire).

## **Partie-IV- Sources, indicateurs et techniques de remédiassions des pollutions**

### **1. Sources de la pollution**

#### **a. Naturelle**

Les polluants sous différentes forme (gaz, particules), ils sont émis dans l'environnement par :

- les **volcans**, qui envoient dans l'atmosphère d'énormes quantités de gaz et de particules ;
- les **plantes** qui produisent des pollens, dont certains peuvent entraîner des allergies ;
- l'**érosion** qui produit des poussières. Transportées par le vent, elles peuvent parcourir de très longues distances
- le contact de l'eau avec les gisements minéraux peut, par érosion ou dissolution, générer des concentrations inhabituelles en métaux lourds, des décharges sous-marines d'hydrocarbures.

#### **b. Les pollutions générées par les activités humaines**

- **Origine urbaine** : les rejets domestiques, les eaux de lavage collectif et de tous les produits dont se dégagent les habitants d'une agglomération....
- **Origine agricole** : aux cultures (pesticides et engrais) et à l'élevage (fumiers et purins).
- **Origine industrielle** : Le développement accéléré des techniques industrielles modernes a engendré une pollution très importante, notamment des rejets industriels rejetés par les entreprises en quantités variables...

### **2. Indicateurs de pollution**

#### **a. les bio-indicateurs de pollution**

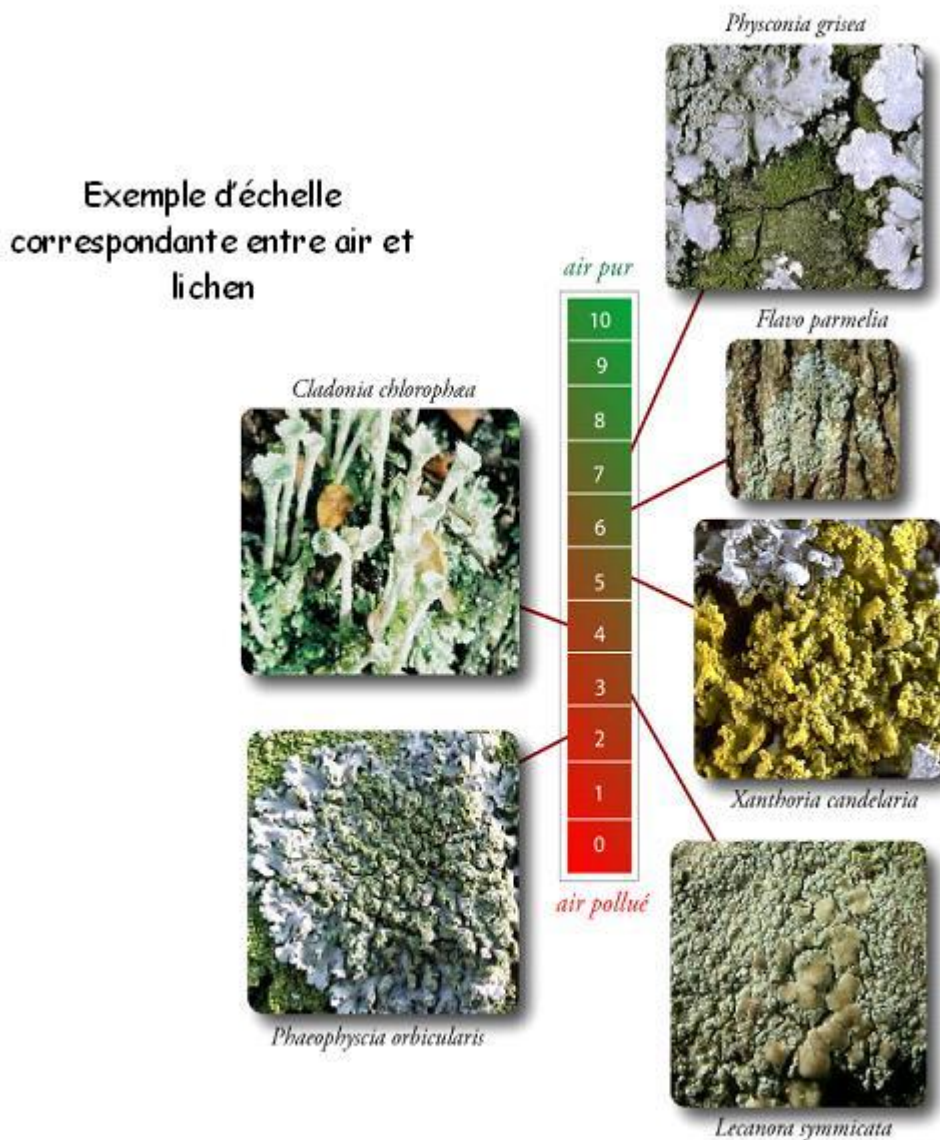
Se sont des organismes vivants, végétaux ou animaux qui font l'objet de mesure permettant d'indiquer la présence ou les effets des polluants. Exemple : Lichens, truite, abeille.

Le principe des bio-indicateurs est d'observer les effets biologiques ou éco systémiques, au niveau de l'individu et/ou de populations ou écosystèmes (à l'échelle de la biosphère ou de grands biomes éventuellement). Ces effets doivent être mesurables via l'observation de divers degrés d'altérations morphologiques, comportementales, tissulaires ou physiologiques (croissance et reproduction), conduisant dans les cas extrêmes à la mort de ces individus ou à la disparition d'une population.

**Exemple :**

**Les lichens** : se sont des organismes symbiotique se développent sur divers substrats (sol, écorces, toits, pierres, etc). Ils réagissent à des doses très faibles de certains polluants (acides notamment). Chaque espèce de lichen résiste à un taux spécifique de pollution. Quelques espèces profitent d'un enrichissement de l'air en azote. L'observation de populations de lichens permet ainsi de suivre l'évolution de certaines pollutions au fil du temps.

En forêt, la disparition des lichens peut indiquer des taux élevés de dioxyde de soufre, la présence de fongicides dans la pluie, ou de polluants à base de soufre et d'azote.



**b. Techniques de mesures de pollution**

1. *dans l'eau* : Il existe plusieurs façons de mesurer la pollution de l'eau. Mais dans la pratique, on retient 4 critères globaux qui sont fréquemment utilisés dont :

a. **Le pH de l'eau** : Le niveau de pH de l'eau est un bon indicateur pour caractériser son niveau de pollution. En milieu naturel et selon la nature du terrain, une eau propre et viable possède généralement un pH oscillant entre 6 et 8. Une mesure en deçà ou au-delà de cette fourchette (trop acide ou trop basique) signifierait que le milieu est certainement pollué.

b. **La demande biochimique en oxygène** : Également appelée DBO5, la demande biochimique en oxygène se mesure sur 5 jours. Il s'agit de contrôler durant ce laps de temps l'oxygène consommé par les micro-organismes responsables de la biodégradation des matières organiques présentes dans l'eau. De cette consommation, on peut extrapoler la quantité de matières organiques qui y est présente. La DBO5 s'exprime en mg d'oxygène consommé pour un litre d'eau et varie en temps normal entre 2 et 20 mg/l.

c. **La concentration de matières en suspension totale** : Les matières en suspension totale désignent toutes les particules flottantes présentes dans l'eau, qu'elles soient d'origines organiques ou minérales. L'existence de ces particules dans l'eau causant une prolifération bactériennes, une baisse de la température de l'eau et de sa concentration en oxygène (moins de lumière signifie moins de photosynthèse). On quantifie la concentration de matières en suspension totale à l'aide d'un simple filtre.

d. **La demande chimique en oxygène** : (DCO) permet d'avoir une idée assez précise de la quantité de matières organiques concentrée dans l'eau. La DCO est un paramètre chimique. Sa mesure se fait dans un milieu acide où l'on rajoute un oxydant à un échantillon d'eau afin d'en mesurer la quantité consommée. Le résultat de cette mesure représente l'oxygène nécessaire pour oxyder l'ensemble de la matière organique présente dans l'échantillon. La DCO s'exprime également en mg/l : une valeur supérieure à 10 mg/l est considérée comme synonyme de pollution par des matières organiques.

ii. *Dans l'air* :

1. **Mesure du dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)** : L'analyseur utilisé pour mesurer le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) utilise la méthode de la fluorescence ultraviolet (UV)

où les molécules de dioxyde de soufre ( $SO_2$ ) sont excitées sous l'action d'un rayonnement UV intense et constant :  $SO_2 + UV \rightarrow SO_2^*$ .

2. **Mesure des oxydes d'azote ( $NO_x$ ) :** La technique utilisée pour mesurer les concentrations en oxydes d'azote est basé sur la *chimiluminescence*, qui est une émission d'énergie lumineuse résultant d'une réaction chimique. Elle est utilisée pour la mesure du monoxyde d'azote ( $NO$ ) car il réagit avec l'ozone ( $O_3$ ).  $NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2 + photons$ .
3. **Mesure de l'ozone ( $O_3$ ) :** cette technique est basée sur l'absorption UV (Ultraviolet). L'ozone présent dans l'air ambiant possède une bande d'absorption dans l'ultraviolet (longueur d'onde de 254 nanomètres). Dans l'analyseur, l'air ambiant est d'une part exposé à une lampe UV centrée sur 254 nanomètres et d'autre part, filtré de l'ozone qu'il contient.
4. **Mesure du monoxyde de carbone ( $CO$ ) :** est basé sur l'absorption InfraRouge (IR). La méthode utilisée pour déterminer le monoxyde de carbone est la corrélation infrarouge par filtre gazeux. Le faisceau émis par la source infrarouge traverse alternativement une cellule remplie de  $CO$  et une cellule neutre puis la chambre de mesure contenant l'échantillon et enfin, un filtre interférentiel placé avant le détecteur.

### iii. Dans le sol :

1. **Les analyseurs portables de composés organiques volatils :** Ces appareils permettent de réaliser un dosage total des COV gazeux à la surface du sol ou dans le sol si couplé avec un montage permettant de récupérer les gaz du sol (canne à gaz ou pénétrromètre).
  2. **Les tests colorimétriques :** Il existe actuellement, différents tests colorimétriques qui diffèrent selon le type de composés à analyser et la sensibilité souhaitée (par exemple pour dosages de produits pétroliers, BTEX, HAP).
- ### 3. Techniques de remédiassions
- a. **Physique :** consistent soit à immobiliser les polluants, soit à apporter de l'énergie par voie thermique, mécanique ou électrique pour les dégrader ou les extraire.
  - b. **Chimique :** mettent en jeu un réactif pour dégrader ou extraire la pollution. Il s'agit par exemple d'oxydation, de réduction, de lavage par solvants.

- c. **Biologique** : Ces techniques exploitent les propriétés d'un organisme vivant pour réaliser l'opération de dépollution. Ce sont des techniques de décontamination (extraction ou dégradation du contaminant) ou d'assainissement (réduction des risques). L'organisme vivant utilisé peut être un microorganisme (bactérie, champignon), un végétal (algue, plante, arbuste, arbre), un végétal complexe formé de l'association symbiotique d'un champignon et d'une algue, voire un animal (lombric, vers de terre). Cet organisme vivant agit sur le composé polluant par absorption, accumulation, digestion, transformation, dégradation, évapotranspiration, etc., pour le rendre moins toxique, l'extraire, l'immobiliser ou le diluer considérablement.