

Chapitre 1

Généralités : concepts et définitions

1.1. Ecologie :

C'est le biologiste allemand Ernst Haeckel (1834 – 1919) qui, en 1866, a proposé le terme d'« **écologie** » pour désigner une nouvelle science des relations des organismes avec leur environnement. L'écologie ne constitue qu'une partie de l'ensemble très vaste des sciences de l'environnement et n'en représente, en fait, que la part biologique.

C'est un terme provenant du grec "Oikos" et qui signifie maison (sciences de l'habitat) et logos qui signifie discours, science qui étudie les conditions d'existence des êtres vivants (animaux et végétaux) en fonction du milieu naturel où ils vivent.

Elle examine les interactions entre les organismes individuels, les populations, les communautés et les écosystèmes, ainsi que les processus écologiques qui régissent ces interactions. **L'objectif ultime** de l'écologie est de comprendre le fonctionnement des écosystèmes et d'aider à préserver et gérer durablement les ressources naturelles pour le bien-être des êtres vivants et de la planète dans son ensemble.

1.2. Système :

Un système (du grec *systema*, ensemble constitué de plusieurs parties regroupées et combinées) est un groupement comportant des parties, qui sont en interaction les unes avec les autres.

Par rapport à l'être vivant, on utilise souvent une autre notion : l'**écosystème** (système écologique). Il faut entendre par là une **unité naturelle** partiellement biologique et physico-chimique plus ou moins bien délimité au sein de l'ensemble des organismes et de leur espace de vie. Elle est composée de deux éléments en interaction constante :

1.2.1. Le biotope: Le milieu physique (sol, eau, air, climat) avec ses propriétés physico-chimiques.

1.2.2. La biocénose: L'ensemble des êtres vivants (plantes, animaux, micro-organismes) qui peuplent ce milieu.

Exemples:

Une forêt, un étang, un récif corallien et une prairie sont des types d'écosystèmes ou de biomes, qui se distinguent par leur environnement et les organismes qui y vivent. Les forêts et les prairies sont des écosystèmes terrestres, tandis que l'étang est un écosystème d'eau douce.

Le récif corallien est un écosystème marin d'une grande biodiversité (**Fig. 1.1**).

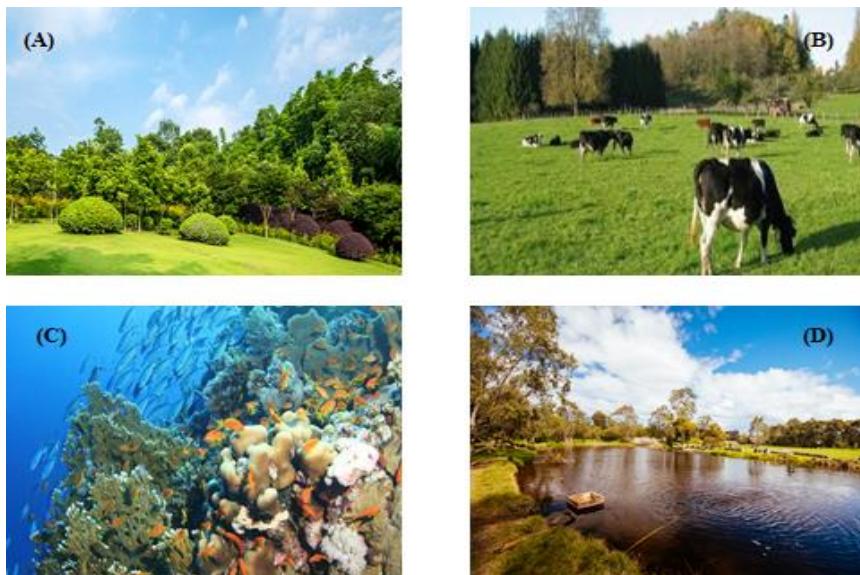


Figure 1.1 : (A) Une forêt, (B) une prairie, (C) un récif corallien et (D) un étang.

Dans un écosystème, le biotope conditionne la biocénose, et la biocénose modifie le biotope (ex: les arbres influencent l'humidité et la composition du sol).

1.3. Environnement:

L'environnement définit l'ensemble des éléments naturels, physiques, chimiques, biologiques et sociaux qui entourent un organisme vivant ou une communauté. Il englobe l'ensemble des conditions et des influences externes qui attirent les êtres vivants, y compris les humains, ainsi que les interactions complexes entre ces éléments.

Les actions exercées sur les êtres vivants peuvent être réparties selon différents points de vue, par exemple :

- Influences dues à des facteurs abiotiques (sans vie telles que l'air, l'eau, le sol, le climat, la géologie) ou biotiques comprenant les organismes vivants, telles que les plantes, les animaux, les micro-organismes et les communautés écologiques.
- Influences naturelles ou anthropogéniques (Homme)
- Influences climatiques, chimiques, mécanique.

Souvent, on parle de **biosphère** (du grec bios, vie ; du latin sphaira, sphère, globe terrestre) à la place d'environnement et on pense alors à l'ensemble des zones de la terre

peuplées par des organismes vivants, êtres humains, animaux, plantes, microorganismes, c'est-à-dire l'atmosphère jusqu'à environ 25 km d'altitude, les mers jusqu'à 10 km de profondeur et la croûte terrestre jusqu'à environ 3 km de profondeur. Mais quelles que soient les limites prises en compte, l'environnement est de toute façon un système complexe, dans lequel **le sol, l'eau, l'air, le monde des animaux et des plantes**, ainsi que **le climat** en sont les composants majeurs (**Fig. 1.2**).

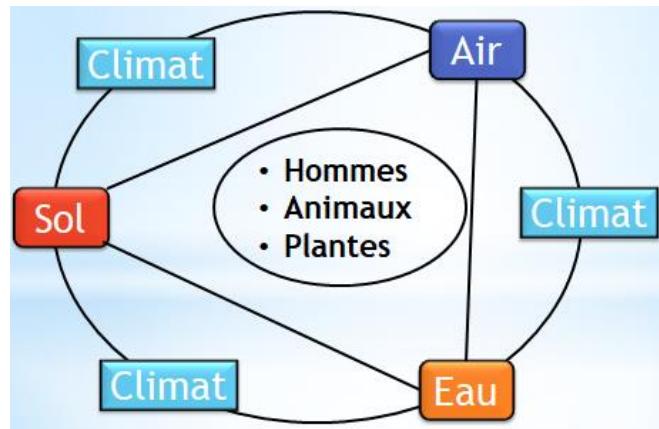


Figure 1.2 : Composants majeurs de l'environnement.

Les quatre sphères environnementales sont : l'hydrosphère (eau), l'atmosphère (air), la lithosphère (sol) et la biosphère (**Fig. 1.3**).

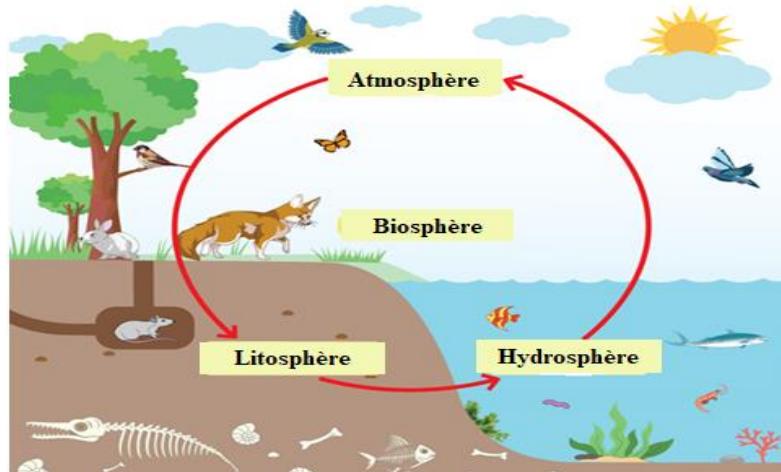


Figure 1. 3 : Les quatre sphères environnementales.

L'atmosphère : est l'enveloppe gazeuse qui entoure la terre. Elle nous protège des rayons UV du soleil, régule la température de la planète (effet de serre), permet la respiration des êtres vivants et est le siège de la météo et du climat.

L'hydrosphère: est l'ensemble des réservoirs d'eau sur terre, sous toutes ses formes, tels que les océans, les mers, les lacs, les rivières, les glaciers (cryosphère), les eaux souterraines et la vapeur d'eau dans l'atmosphère. Elle est essentielle à toute forme de vie, régule le climat, participe au cycle des nutriments et est le milieu de vie de nombreux écosystèmes.

La lithosphère (ou Géosphère) : est la partie solide et rigide de la terre. Sa composition est La croûte terrestre et la partie supérieure du manteau. Elle comprend les roches, les minéraux, les sols (pédosphère), les montagnes et les fonds océaniques. Elle fournit les supports et les nutriments pour la vie végétale, les ressources minérales et énergétiques, et constitue la base physique des écosystèmes terrestres.

La biosphère : est l'ensemble des êtres vivants et des écosystèmes de la planète. Elle concerne tous les organismes : plantes, animaux, champignons, bactéries, etc., ainsi que les milieux qu'ils habitent (forêts, océans, etc.). Elle interagit avec les trois autres sphères pour créer et maintenir les conditions propices à la vie. Elle joue un rôle clé dans les cycles biogéochimiques (comme le cycle du carbone et de l'oxygène).

1.4. Interdépendance : C'est le principe selon lequel tous les éléments d'un écosystème (vivants et non-vivants) sont liés et dépendent les uns des autres pour leur survie et leur équilibre. C'est le "moteur" de l'écosystème.

1.4. Chimie de l'environnement:

La chimie de l'environnement constitue une jeune discipline au sein de la chimie, c'est la science qui décrit les phénomènes chimiques de l'environnement. Elle étudie les sources, les réactions, le transport et les effets des espèces chimiques naturelles ou synthétiques dans l'air, l'eau et le sol. Elle étudie également l'influence de l'activité humaine sur l'ensemble de l'environnement. Au cœur de la chimie de l'environnement, on trouve donc les propriétés des composés, leur répartition dans l'environnement et les connaissances qu'on peut en déduire sur les processus complexes se situant entre origines et effets.

1.5. L'homme et l'environnement:

À l'origine, l'homme est un organisme vivant comme un autre, dépendant intégralement de son écosystème pour :

Sa subsistance: air, eau, nourriture.

Son bien-être: paysages, climat, ressources pour se loger et se vêtir.

Sa santé: de nombreux médicaments sont dérivés de plantes et d'organismes naturels.

Cette dépendance rappelle que l'homme n'est pas extérieur à la nature, mais en fait pleinement partie.

Il influence son environnement et réciproquement : l'homme utilise l'environnement et le transforme à travers l'économie, la technique, etc. ; ainsi il crée son espace vital et assure des besoins (**Fig. 1.4**).

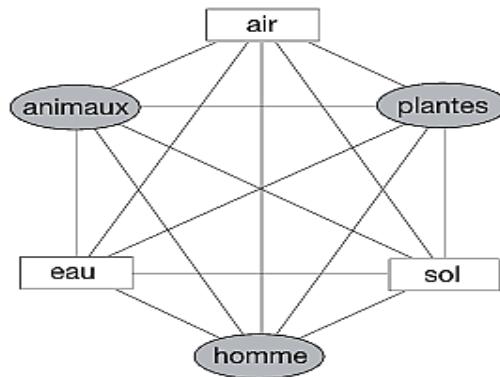


Figure 1. 4: Interactions entre l'homme et l'environnement.

En aménageant le territoire, l'homme modifie son environnement naturel : il détruit parfois des milieux de vie. L'action de l'homme sur son environnement est si profonde et multiforme qu'elle définit une nouvelle ère géologique : l'**Anthropocène**. Comment l'homme peut agir sur son environnement ?

1.5.1. La transformation des terres et des paysages:

C'est l'impact le plus visible et direct.

1.5.1.1. L'urbanisation et l'artificialisation des sols:

- **Comment?**

Construction de villes, de routes, de zones commerciales, de parkings. Ces surfaces imperméabilisées empêchent l'infiltration de l'eau, modifient le ruissellement et créent des "îlots de chaleur".

- **Conséquences:**

Perte d'habitats pour la faune et la flore, augmentation des risques d'inondation, fragmentation des écosystèmes qui ne peuvent plus fonctionner normalement.

1.5.1.2. L'Agriculture intensive:

- **Comment ?**

Défrichement de vastes zones (déforestation), labour profond, monoculture, irrigation massive, drainage des zones humides.

- **Conséquences:**
 - ✓ Érosion des sols : Les sols à nu sont emportés par le vent et la pluie.
 - ✓ Appauvrissement et salinisation : Perte de fertilité et accumulation de sels due à une irrigation inadaptée.
 - ✓ Pollution des nappes phréatiques : Par les engrains (nitrates) et les pesticides.

1.5.1.3. La déforestation :

- **Comment ?**

Coupe rase pour l'agriculture (soja, élevage bovin), l'exploitation du bois ou les plantations de palmiers à huile.

- **Conséquences:**

- ✓ Perte de biodiversité : Les forêts tropicales abritent une immense partie des espèces terrestres.
- ✓ Perturbation du cycle de l'eau : Les arbres contribuent à l'évapotranspiration qui forme les pluies.
- ✓ Aggravation du changement climatique : Les arbres absorbent du CO₂ ; leur destruction relève ce CO₂ et réduit la capacité de la planète à l'absorber.

1.6.2. L'exploitation et l'épuisement des ressources:

L'homme puise dans les réserves naturelles plus vite qu'elles ne se renouvellent.

1.6.2.1. Les ressources en eau douce:

- **Comment ?**

Pompage intensif dans les nappes phréatiques pour l'agriculture, l'industrie et la consommation domestique. Construction de barrages qui modifient le débit des fleuves.

- **Conséquences:**

Assèchement de rivières et de lacs (ex: la mer d'Aral), affaissement des sols (subsidence), conflits d'usage pour l'eau (les demandes en eau dépassent les ressources disponibles).

1.6.2.2. Les ressources halieutiques:

- **Comment ?**

Surpêche par des techniques industrielles (chalutage de fond) qui ne laissent pas le temps aux populations de poissons de se reconstituer.

- **Conséquences :**

Effondrement des stocks de poissons, destruction des fonds marins, perturbation des chaînes alimentaires océaniques.

1.6.2.3. Les ressources minières et énergétiques fossiles:

- **Comment ?**

Extraction du charbon, du pétrole et du gaz par des mines à ciel ouvert, forages en mer, fracturation hydraulique (**La fracturation hydraulique** est une technique qui consiste à injecter un fluide à haute pression dans des roches profondes et peu perméables (comme le schiste) pour les fissurer (les fracturer) et ainsi libérer le gaz ou le pétrole qui y est piégé).

- **Conséquences :**

Destruction des paysages, pollution des sols et des eaux, émissions massives de gaz à effet de serre lors de la combustion.

1.6.3. La pollution : Altérer la qualité des milieux

L'homme rejette des substances nocives dans tous les compartiments de l'environnement.

1.6.3.1. La pollution de l'air :

- **Comment ?**

Émissions des industries, des centrales électriques et des véhicules (particules fines, oxydes d'azote, dioxyde de soufre). Émissions agricoles (ammoniac).

- **Conséquences :**

Pluies acides, smog urbain, problèmes respiratoires et cardiovasculaires chez les humains, changement climatique dû aux gaz à effet de serre (CO₂, méthane).

1.6.3.2. La pollution de l'eau :

- **Comment ?**

Rejets industriels (métaux lourds, solvants), rejets agricoles (nitrates, phosphates, pesticides), eaux usées domestiques, déversements de pétrole.

- **Conséquences :**

Eutrophisation (prolifération d'algues qui étouffent la vie aquatique), contamination de l'eau potable, mort de la faune et de la flore aquatiques.

1.6.3.3. La pollution des sols :

- **Comment ?**

Utilisation de pesticides et d'engrais de synthèse, infiltration de polluants de l'air et de l'eau, accumulation de déchets (décharges).

- **Conséquences :**

Stérilisation des sols, contamination de la chaîne alimentaire, perte de biodiversité souterraine (vers de terre, micro-organismes).

1.6.3.4. La pollution par les déchets :

- **Comment ?**

Production de déchets ménagers, industriels et électroniques. Rejet massif de plastiques dans l'environnement, notamment dans les océans.

- **Conséquences :**

"Continents" de plastique dans les océans, ingestion par les animaux marins qui en meurent, fragmentation en microplastiques qui contaminent toute la chaîne alimentaire.

1.6.4. Les modifications biologiques directes :

L'homme agit directement sur le vivant.

1.6.4.1. Introduction d'espèces invasives :

- **Comment ?**

Transport volontaire ou accidentel d'espèces hors de leur habitat naturel (ex: rat, chat, moustique-tigre, plante jacinthe d'eau).

- **Conséquences :**

Ces espèces, sans prédateurs naturels, prolifèrent et entrent en compétition avec les espèces locales, menaçant leur survie et déséquilibrant les écosystèmes.

1.6.4.2. La génétique et l'agriculture :

- **Comment ?**

Sélection génétique des plantes cultivées et des animaux d'élevage pour le rendement.

- **Conséquences :**

Appauvrissement de la diversité génétique (perte des variétés anciennes), rendant les cultures plus vulnérables aux maladies et aux changements climatiques.

1.6.4.3. La chasse et le braconnage :

- **Comment ?**

Surexploitation d'espèces sauvages au-delà de leur capacité de renouvellement.

- **Conséquences :**

Disparition d'espèces emblématiques (comme le dodo, le tigre de Tasmanie) et menace d'extinction pour beaucoup d'autres (éléphants, rhinocéros).

1.6.5. L'impact global et indirect : Le changement climatique

C'est la conséquence ultime et synergique de nombreuses actions précédentes.

- **Comment ?**

Les émissions massives de Gaz à Effet de Serre (GES) dues à la combustion des énergies fossiles, à la déforestation et à l'agriculture intensive modifient la composition de l'atmosphère.

- **Conséquences:**

- ✓ Réchauffement planétaire avec fonte des glaciers et des calottes polaires.
- ✓ Montée du niveau des mers, menaçant les populations côtières.
- ✓ Modification du régime des précipitations, entraînant sécheresses et inondations plus intenses.
- ✓ Acidification des océans due à l'absorption du CO₂, menaçant les organismes à coquille (coraux, plancton).

1.6.6. Des actions favorables :

1.6.6.1. La création de stations d'épuration :

Face aux dommages environnementaux causés par le rejet des déchets dans la nature, l'homme a construit des stations d'épuration pour traiter les eaux usées après leur utilisation.

Le traitement des eaux usées suit plusieurs étapes : les déchets solides sont d'abord éliminés par dégrillage (pour les matières les plus grossières), dessablage (pour les particules lourdes) et déshuilage (pour les matières légères). Ensuite, la pollution organique dissoute est éliminée grâce à l'action de bactéries spécialisées qui digèrent ces substances et les transforment en boues. Ces boues sont ensuite récupérées dans un décanteur pour être valorisées. Ce processus permet finalement de restituer à l'environnement une eau épurée.

1.6.6.2. Le recyclage des déchets solides :

Face aux enjeux environnementaux, la loi encadre strictement l'élimination des déchets dangereux pour les écosystèmes (sol, air, eau, faune et flore). Les déchets triés sont ainsi orientés vers des filières spécialisées où ils sont soit valorisés, soit traités de manière appropriée.

Le recyclage des déchets représente une double opportunité : il permet à la fois des économies substantielles de matières premières et une contribution active à la protection de l'environnement. Illustrons cette démarche par deux exemples concrets :

- ✓ Les batteries automobiles fournissent aujourd'hui près de la moitié du plomb recyclé

- ✓ Les résidus agricoles issus de l'élagage et de l'entretien des espaces verts, qui représentent un volume considérable, sont transformés par broyage en compost naturel, utilisable comme fertilisant agricole.

1.6.6.3. La création de réserves naturelles :

Les forêts ont subi d'importantes modifications dues à l'action de l'homme. C'est pourquoi ont été créées des réserves naturelles. Ces territoires délimités sont réglementés en vue de la sauvegarde de l'ensemble des espèces animales et végétales qui y vivent. La chasse y est, bien sûr, interdite.

1.7. Impact et pollution de l'environnement :

1.7.1. Impact :

On entend par impact environnemental, l'ensemble de tous les facteurs qui perturbent l'environnement. De telles perturbations environnementales ont lieu, quand l'environnement naturel – l'état « normal » – est influencé par des interventions :

1.7.1.1. Physiques : comme le rayonnement (magnétique, énergétique...), la chaleur et le bruit.

1.7.1.2. Chimiques: comme les substances chimiques médicaments, pesticides, engrains, combustion....

1.7.1.3. Biologiques: comme la modification génétique (Organismes Génétiquement Modifiés OGM...).

1.7.1.4. Technologiques: comme les constructions (digue, barrage hydroélectriques...), l'extraction massive de matières premières (minéral, pétrole, gaz...) et transport.

1.7.2. Pollution :

La pollution peut être définie comme l'introduction de toute substance sous forme solide, liquide, gazeuse ou énergétique (son, chaleur ou radioactivité) dans l'environnement à un rythme plus rapide qu'elle ne peut être dispersée, diluée, décomposée, recyclée ou stockée sous une forme inoffensive. L'Organisation de Coopération et de Développement Economiques (OCDE) définit la pollution comme le rejet de substances et de chaleur dans des milieux environnementaux (air, eau ou terre) dont la nature, l'emplacement ou la quantité produisent des substances indésirables.

1.7.2.1. Causes actuelles de pollution :

- Pollution liée à la production et à l'utilisation d'énergie.
- Pollution d'origine industrielle.

- Les déchets solides.
- Pollutions d'origine agricole.

1.7.2.2. Classification des pollutions :

Les polluants appartenant à des classes différentes peuvent avoir des effets voisins.

Il existe 3 grands groupes de polluants :

A. Les polluants de nature physique

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

B. Les polluants de nature chimique

- Les hydrocarbures liquides
- Les détersifs et tensioactifs
- Les plastifiants
- Les phtalates
- Les pesticides
- Les matières eutrophisantes
- Les métaux lourds :
- Les médicaments et cosmétiques

C. Les polluants de nature biologique

- Toxines algales,
- Les germes pathogènes
- Les parasites.

1.8. Les substances présentes dans l'environnement :

1.8.1. Notions de base :

On définit les substances comme les éléments chimiques et leurs composés, qu'ils soient à l'état naturel ou obtenus par un procédé de production. Cette définition inclut les additifs nécessaires à la stabilité du produit, ainsi que les impuretés issues de la fabrication, mais exclut les solvants qui peuvent être séparés sans altérer la stabilité ou la composition de

la substance. Les préparations, quant à elles, désignent des mélanges ou solutions constitués d'au moins deux substances.

Dans le domaine de l'environnement, les termes « substance » et « composé » sont souvent considérés comme synonymes. On parle ainsi indifféremment de substances ou de composés acceptables pour l'environnement. La notion de substance chimique englobe, elle, l'ensemble des composés issus de procédés chimiques, qu'ils aient été élaborés en laboratoire ou dans l'industrie.

Les pollutions environnementales peuvent être classées en trois catégories :

La pollution liée à la consommation de l'espace vital ;

La pollution physique ;

La pollution causée par des substances (**Fig. 1.5**).

Ces différentes formes de pollution peuvent se superposer et interagir partiellement.

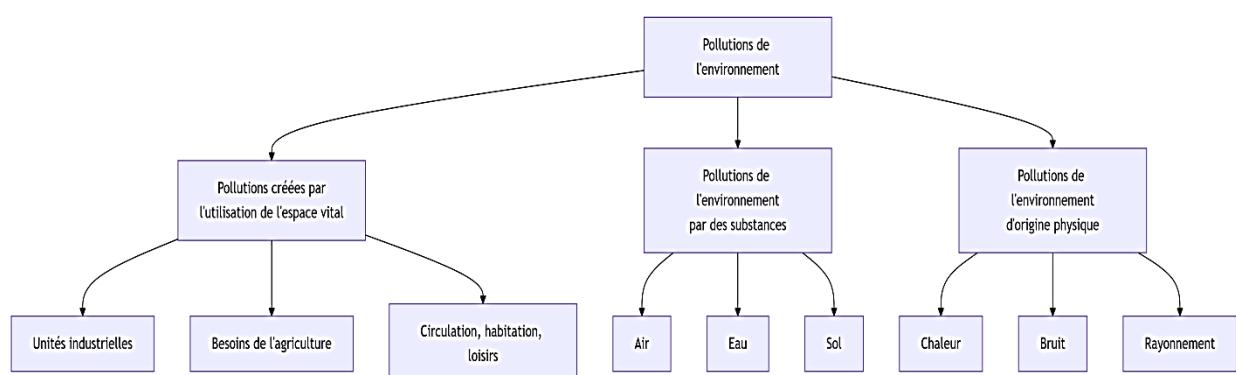


Figure 1. 5 : Systématique des pollutions de l'environnement.

L'impact d'une substance sur l'environnement dépend de plusieurs facteurs : sa quantité, les voies par lesquelles elle pénètre dans les différents milieux (air, eau, sol), et ses interactions avec les êtres vivants (humains, animaux, plantes, micro-organismes). Pour exercer cet impact, les substances doivent en effet se répartir entre ces milieux avant d'entrer en contact avec les organismes.

Le transfert des composés d'un compartiment environnemental à un autre s'effectue par divers processus physico-chimiques, tels que les précipitations, la dissolution, la vaporisation, l'adsorption et la désorption (**Fig. 1.6**).

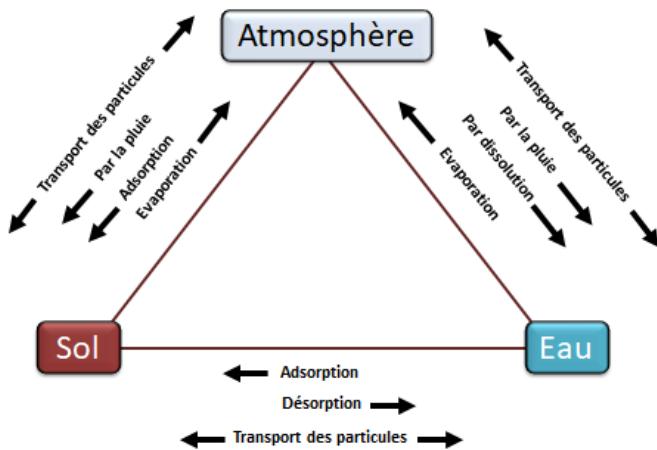


Figure 1.6 : Modèle simple concernant la répartition de substances entre les trois compartiments de l'environnement.

1.8.2. Propriétés physiques et chimiques :

1.8.2.1. Importance pour l'environnement :

Les propriétés physico-chimiques d'un composé permettent d'évaluer sa capacité à exercer un impact négatif sur l'environnement. Parmi celles-ci, la distribution de la substance entre les différents compartiments, air, eau, sol et êtres vivants, revêt une importance particulière, car elle conditionne directement sa nocivité potentielle. Cette distribution est déterminée à la fois par des paramètres intrinsèques au composé, tels que **sa solubilité** dans l'eau ou **sa pression de vapeur**, et par des caractéristiques des milieux environnants, comme **la température ou la structure du sol**.

1.8.2.2. Température, pression de vapeur :

La température et pression de vapeur Parmi les propriétés physiques d'un composé, plusieurs paramètres thermiques sont déterminants pour évaluer son comportement dans l'environnement. Le premier d'entre eux est la température de fusion – ou l'intervalle de fusion –, remplacée dans certains cas par la température de ramollissement. D'autres grandeurs importantes sont également prises en compte, telles que : la température de congélation, la température d'ébullition, le domaine d'ébullition, le point d'ébullition initial et la température de sublimation.

La pression de vapeur est un autre paramètre essentiel, qui renseigne sur la mobilité d'une substance. Elle correspond à la pression exercée par la phase gazeuse en équilibre (état saturé) avec un solide ou un liquide. Elle reflète la tendance d'un composé à passer à l'état gazeux : plus la pression de vapeur est élevée, plus l'évaporation est rapide.

1.8.2.2. Solubilité, répartition :

La solubilité des substances, notamment dans l'eau et les matières grasses, joue un rôle essentiel dans leur mobilité environnementale.

On définit la solubilité dans l'eau (S) comme la concentration maximale d'une substance pouvant être dissoute dans l'eau distillée, à une température donnée. Elle s'exprime généralement en kg/m^3 , g/L , mg/kg ou $\mu\text{g/kg}$. Une autre grandeur importante est la constante de Henry (K_H), qui décrit la solubilité physique d'un gaz dans l'eau. Elle régit la relation :

$$C(X) = k_H \cdot p(X)$$

où $C(X)$ est la concentration du gaz X dans l'eau (en mol/L) et $p(X)$ sa pression partielle (en bar). Plus la constante de Henry est faible, plus le gaz est volatil. Ainsi, les gaz dont et qui n'interagissent pas chimiquement avec l'eau sont généralement très volatils. On les retrouve donc en faible concentration dans les eaux de surface, car ils tendent à se disperser rapidement dans l'atmosphère.

1.8.2.3. Point d'éclair :

Le point d'éclair est une propriété physico-chimique essentielle pour évaluer le risque lié aux substances inflammables ou explosibles. Il correspond à la température la plus basse à laquelle un liquide émet suffisamment de vapeurs pour former, au contact de l'air, un mélange inflammable pouvant s'enflammer sous l'effet d'une source externe, telle qu'une flamme ou une étincelle. Ce paramètre est largement utilisé dans la réglementation relative au stockage et au transport des matières dangereuses.

1.8.3. Transport, dispersion :

Le transport environnemental des substances, également appelé dispersion ou mobilité, désigne leur déplacement depuis leur lieu d'émission initial vers d'autres compartiments de l'environnement. Ce processus conditionne leur propagation et leur impact potentiel. Les substances sont introduites soit de manière localisée (rejets industriels dans l'air ou eaux usées), soit de façon diffuse (émissions multiples comme les terpènes émis par les arbres ou le plomb issu des véhicules). Leur dispersion dépend essentiellement de leurs propriétés physico-chimiques, pression de vapeur, solubilité, points de changement d'état et de leur stabilité chimique. Les composés stables persistent suffisamment longtemps pour se propager largement, contrairement aux substances à durée de vie courte. Les principaux vecteurs de transport sont l'atmosphère et le cycle hydrologique (eaux de surface et souterraines), auxquels s'ajoutent le rôle des organismes vivants et des activités humaines. À

l'inverse, le sol constitue un milieu peu propice au transport, agissant plutôt comme un réservoir.

1.8.4. Persistance :

La persistance désigne la capacité d'une substance à subsister dans l'environnement sans être dégradée par des processus naturels. Initialement appliquée aux pesticides, cette notion concerne particulièrement les composés organiques, bien que les substances inorganiques comme les sels de métaux lourds soient naturellement persistantes. On distingue une persistance volontaire, essentielle pour certaines applications (comme la longévité des peintures ou la stabilité des tensioactifs durant leur stockage), d'une persistance non souhaitée, lorsque la substance persiste au-delà de son utilité, comme dans le cas du DDT (dichlorodiphényltrichloroéthane). Certains produits de dégradation, tels que le DDE (dichlorodiphényldichloroéthène) issu du DDT, peuvent s'avérer plus toxiques et persistants que le composé initial, créant ainsi une persistance secondaire ou tertiaire. Cette distinction est fondamentale pour évaluer l'impact environnemental des substances et concevoir des composés à durée de vie contrôlée.

1.8.5. Décomposition

La décomposition environnementale désigne la transformation des substances en composés plus simples par des processus biologiques, chimiques ou physiques. S'opposant directement à la notion de persistance, elle peut survenir via deux voies principales : la décomposition biologique, réalisée par des microorganismes et leurs enzymes lors de leur métabolisme, et la décomposition non biologique, incluant l'hydrolyse et diverses oxydations (avec O_2 , ozone ou radicaux OH^-). Lorsque la décomposition est complète et conduit à des composés inorganiques simples comme CO_2 , H_2O , NH_4^+ , NO_3^- , H_2S , PO_4^{3-} , on parle de minéralisation. La vitesse et les produits de décomposition dépendent de multiples facteurs : nature du composé, milieu environnemental, type d'énergie disponible (rayonnement UV, chaleur) et partenaires réactionnels. Ces mécanismes de décomposition jouent un rôle essentiel en agissant comme "puits" naturels pour de nombreuses substances dans l'environnement.

1.8.6. Accumulation

L'accumulation environnementale désigne le processus par lequel des substances, qu'elles soient naturelles ou anthropiques, se concentrent dans certains compartiments de l'écosystème à des niveaux supérieurs à ceux de leur environnement immédiat ou de la nourriture. Ce phénomène survient lorsque les organismes, dépourvus de mécanismes d'élimination

efficaces, absorbent et retiennent ces substances jusqu'à atteindre un état de saturation - un équilibre dynamique où absorption et désorption s'équilibrent. Le temps nécessaire pour atteindre cet équilibre varie considérablement, de quelques heures à plusieurs années, selon la substance et l'organisme concerné. On distingue principalement l'accumulation biologique (dans les organismes vivants) et géologique (dans les sols ou sédiments), auxquelles s'ajoute l'accumulation atmosphérique où les substances se fixent sur les poussières. À l'inverse, lorsque la concentration diminue dans un compartiment, on parle d'appauvrissement.

1.8.7. Durée de vie des substances :

Les différentes substances ont des durées de vie dans la biosphère qui sont extrêmement variables.

1.8.7.1. Les polluants primaires: sont directement émis par des sources de pollution : CH₄ : année, CO : mois, SO₂ : jours à mois, Ozone : quelques jours, COV: heures à jours, Aérosols : 1-10 µm : minute à jours, Aérosols : 1µm jours à semaines.

1.8.7.2. Les polluants secondaires : ne sont pas émis, mais qui résultent de la transformation physico-chimique des polluants primaires au cours de leur séjour dans l'atmosphère.

1.8.8. Ecotoxicologie :

L'écotoxicologie, qui est la science de la distribution des substances chimiques et de leurs effets sur les écosystèmes, dans le cas où il y a des dommages créés de façon directe ou indirecte. Elle étudie la nature et les mécanismes des effets nocifs (toxiques) des substances sur les êtres vivants.