

Chapitre 4 : Les grandes familles de toxiques dans l'environnement

1. Introduction :

Les toxiques dans l'environnement sont classés selon leur origine, leur mode d'action et leur impact sur les organismes vivants. Ils se retrouvent dans l'air, l'eau, le sol, les sédiments et même les tissus biologiques.

2. Les Grandes Familles de Toxiques dans l'Environnement :

Voici une présentation des principales familles de toxiques dans l'environnement, ainsi que leurs effets et sources.

2.1. Métaux Lourds : sont des éléments chimiques à densité élevée, qui sont souvent présents dans l'environnement à faible concentration mais peuvent avoir des effets toxiques à des niveaux plus élevés. Certains métaux lourds sont naturellement présents dans la croûte terrestre, mais leurs concentrations peuvent être accrues par des activités humaines comme l'exploitation minière, l'industrialisation et l'agriculture. En raison de leur persistance et de leur capacité à bioaccumuler dans les organismes vivants, ils posent un risque important pour la santé humaine, l'environnement et la biodiversité.

Types de Métaux Lourds et Éléments Traces Métalliques : Plomb (Pb), Mercure (Hg), Cadmium (Cd), Arsenic (As), Nickel (Ni), Zinc (Zn), Cuivre (Cu) :

-Plomb (Pb) :

- **Sources et Utilisation :** Industries (peintures, batteries), émissions de véhicules, contamination des sols, les canalisations, les carburants.

-Mercure (Hg) :

- **Sources et Utilisation :** Combustion de charbon, déchets industriels, systèmes thermomètres, amalgames dentaires, Thermomètres, appareils électroniques, amalgames dentaires.

-Cadmium (Cd) :

- **Sources et Utilisation :** Déchets industriels, batteries, fumées industrielles, produits agricoles, Batteries, peintures, plastiques.

-Arsenic (As) :

- **Sources et Utilisation :** Mines, usines de traitement du bois, contamination de l'eau potable. Traitement du bois, herbes médicinales, pesticides.

-Nickel (Ni) :

- **Sources et Utilisation :** Industries métallurgiques, fumées industrielles, pollutions automobiles, Fabrication d'acier inoxydable, batteries.

-Cuivre (Cu) :

- **Sources et Utilisation :** Activités minières, fumées industrielles, pollution agricole, Câbles électriques, alliages métalliques.

-Zinc (Zn) :

- **Sources et Utilisation :** Mines, industries métallurgiques, poussières industrielles, Galvanisation, alliages métalliques.

Pollution par les Métaux Lourds : Les métaux lourds peuvent polluer l'environnement sous diverses formes, notamment dans l'air, l'eau et les sols. Les métaux lourds peuvent se déposer dans les sols, pénétrer les nappes phréatiques, ou se retrouver dans les rivières et les océans. Leur bioaccumulation dans les organismes vivants en fait une source de pollution durable. Les métaux lourds sont toxiques à la fois pour les organismes aquatiques et terrestres. La toxicité dépend de plusieurs facteurs, tels que :

- **Forme chimique :** Certains métaux se lient à d'autres molécules, augmentant leur toxicité.
- **Bioaccumulation :** Ces métaux peuvent s'accumuler dans les tissus des organismes et se transmettre le long de la chaîne alimentaire (biomagnification).
- **Durée d'exposition :** Les effets deviennent plus graves à mesure que l'exposition aux métaux lourds dure.

Effets des métaux lourds sur les Organismes et la biodiversité :

- Les métaux lourds affectent la **biodiversité des espèces** et la structure des écosystèmes. Leur toxicité réduit la reproduction, la croissance et la survie des espèces.
- La bioaccumulation des métaux dans les organismes peut entraîner une diminution des populations de prédateurs et de proies, perturbant les chaînes alimentaires.
- **Plantes :** Perturbation de la photosynthèse, toxicité du sol, inhibition de la croissance des racines.
- **Animaux aquatiques :** Problèmes respiratoires, troubles de la reproduction, mort prématurée.
- **Humains :** Les effets varient selon le métal :
 - Plomb : Dommages neurologiques, retards mentaux chez les enfants, troubles rénaux.
 - Nickel : Perturbations hormonales
 - Mercure : Dommages au système nerveux central, Cancers , maladies rénales.
 - Cadmium : Problèmes rénaux et osseux, Perturbations hormonales, cancérogénicité.
 - Arsenic : Cancer de la peau, du poumon et de la vessie, effets cardiovasculaires.

Normes et Seuils Environnementaux des Métaux Lourds :

Les normes concernant la concentration de métaux lourds dans l'environnement varient selon le type de polluant et le milieu. Des seuils sont fixés pour protéger la santé publique et la biodiversité.

Exemples de seuils environnementaux (en µg/L pour l'eau, µg/g pour les sols) :

- **Plomb (Pb) :** Eau : 10 µg/L, Sol : 300 mg/kg
- **Mercure (Hg) :** Eau : 1 µg/L, Sol : 10 mg/kg
- **Cadmium (Cd) :** Eau : 0.25 µg/L, Sol : 100 mg/kg
- **Arsenic (As) :** Eau : 10 µg/L, Sol : 20 mg/kg
- **Nickel (Ni) :** Eau : 20 µg/L, Sol : 50 mg/kg

Ces seuils sont définis par des organisations telles que l'Organisation mondiale de la santé (OMS), l'Agence de protection de l'environnement (EPA) et l'Union Européenne.

2.2. Pesticides et Produits Chimiques Agricoles :

Les pesticides et produits chimiques agricoles sont largement utilisés dans l'agriculture pour protéger les cultures contre les ravageurs, les maladies et les mauvaises herbes. Toutefois, leur utilisation excessive ou mal gérée peut entraîner des effets néfastes sur l'environnement, la santé humaine et la biodiversité. Ces produits chimiques incluent des insecticides, fongicides, herbicides, et des régulateurs de croissance, qui peuvent contaminer les sols, les eaux et l'air, et affecter gravement les organismes vivants.

Types de Pesticides et Produits Chimiques Agricoles :

-Insecticides : Utilisés pour tuer ou repousser les insectes nuisibles. Agriculture, élevage, lutte contre les vecteurs de maladies (comme les moustiques).

- **Exemples** : DDT, malathion, chlorpyrifos.

-Herbicides : Utilisés pour tuer les mauvaises herbes et autres plantes indésirables. Culture de plantes agricoles, traitement des terrains non cultivés.

- **Exemples** : Glyphosate, atrazine, 2,4-D.

-Fongicides : Utilisés pour lutter contre les champignons pathogènes des plantes. Céréales, fruits, légumes, cultures maraîchères.

- **Exemples** : Mancozèbe, tébuconazole, captane.

-Rodenticides : Utilisés pour contrôler les populations de rongeurs. Réduction des dommages causés par les rongeurs dans les cultures

- **Exemples** : Warfarine, bromadiolone.

-Régulateurs de croissance : Utilisés pour modifier la croissance des plantes. Croissance des plantes, amélioration de la résistance au vent et à la sécheresse.

- **Exemples** : Paclobutrazol, chlormequat.

Effets des pesticides : Perturbation du système nerveux (organophosphates), Cancers et reproduction altérée, Perturbateurs endocriniens, Résistance des organismes nuisibles à certains produits chimiques.

Pollution par les Pesticides :

Les pesticides peuvent contaminer l'environnement de plusieurs manières :

- **Par l'eau** : Les pesticides se retrouvent dans les rivières, les nappes phréatiques et les réservoirs d'eau suite à l'écoulement ou au lessivage des champs traités.

- **Par l'air** : L'évaporation des pesticides pendant ou après l'application peut entraîner leur dispersion dans l'atmosphère, affectant des zones éloignées.

- **Par les sols** : Le dépôt de pesticides sur les sols peut perturber leur structure, affectant leur fertilité et la vie microbienne du sol.

-**Par les aliments** : Les résidus de pesticides peuvent se retrouver dans les cultures, affectant la sécurité alimentaire.

Toxicité des Pesticides : La toxicité des pesticides dépend de plusieurs facteurs, notamment du type de produit chimique, de la dose, du temps d'exposition et de la voie d'entrée dans le corps. Les pesticides peuvent affecter la santé des humains, des animaux et des plantes par :

A. Effets sur la santé humaine :

- **Intoxication aiguë** : Problèmes respiratoires, convulsions, nausées, vomissements, maux de tête, vertiges.

- **Maladies chroniques** : Cancer, troubles hormonaux, troubles du système nerveux central, maladies neurodégénératives, troubles reproductifs.

- Exemples de risques : L'exposition au DDT peut entraîner des troubles neurologiques et des effets sur la reproduction, et l'exposition au glyphosate est suspectée d'être cancérigène.

- Exemple : L'exposition chronique au paraquat** peut causer des troubles respiratoires et neurologiques.

B. Effets sur la faune et la biodiversité (les organismes non-ciblés) :

- **Insectes bénéfiques (Destruction des pollinisateurs) :** Les insecticides peuvent réduire le nombre d'abeilles, de papillons, les pollinisateurs cruciaux et les insectes utiles comme les coccinelles.

- **Faune aquatique (Poissons et faune aquatique) :** L'exposition aux pesticides dans l'eau affecte la croissance, la reproduction et la survie des poissons, des amphibiens et des invertébrés aquatiques.

- **Effets sur les oiseaux :** L'exposition au DDT a entraîné la réduction des populations d'oiseaux de proie en raison de la contamination de la chaîne alimentaire.

- **Plantes non-ciblées :** Les herbicides peuvent tuer ou endommager des plantes qui ne sont pas ciblées, réduisant la biodiversité végétale.

Normes et Seuils Environnementaux des Pesticides :

Les normes et seuils de concentration de pesticides dans l'environnement sont établis pour protéger la santé publique et l'écosystème. Ces seuils varient selon le type de pesticide et l'environnement.

- **Pesticides dans l'eau :** La concentration maximale autorisée pour les pesticides dans les eaux de surface varie selon les produits chimiques et est souvent inférieure à 0.1 µg/L pour de nombreux pesticides, pour prévenir la contamination de l'eau potable et la faune aquatique.

- **Résidus dans les aliments :** Les autorités sanitaires, telles que la FAO et l'OMS, établissent des limites maximales de résidus (LMR) pour les pesticides dans les aliments. Par exemple, la LMR pour le glyphosate dans le blé peut être fixée à 0.1 mg/kg.

Impacts sur les sols et la végétation :

- Perturbation du microbiote du sol : Les pesticides peuvent tuer les micro-organismes bénéfiques du sol, réduisant la fertilité du sol.

- Contamination des cultures : Les résidus de pesticides peuvent être absorbés par les plantes, ce qui peut affecter la qualité des produits agricoles.

2.3. Produits Chimiques Industriels et Solvants :

Les produits chimiques industriels et solvants sont des substances largement utilisées dans de nombreux secteurs industriels, tels que la fabrication, la construction, la transformation des métaux, la production d'énergie, et bien d'autres. Nombre d'entre eux sont des toxiques persistants qui s'accumulent dans l'environnement et dans les organismes vivants. Cependant, leur utilisation intensive peut entraîner une pollution significative de l'air, de l'eau et des sols. De plus, ces produits présentent des risques de toxicité pour la santé humaine, l'environnement et la biodiversité.

- **Exemples :** Benzène, Toluène, Polychlorobiphényles (PCB), Dioxines, Pesticides organochlorés.

- **Sources :** Industrie chimique et pétrolière, Décharges de déchets industriels, Incinération de déchets organiques.

- **Effets :** Cancers et troubles génétiques, Perturbation hormonale, Altération de la fonction du foie et des reins, Neurotoxicité (particulièrement avec le benzène).

Types de Produits Chimiques Industriels et Solvants :

1. Solvants Organiques : Utilisés pour dissoudre d'autres substances dans de nombreux processus industriels. Peintures, vernis, encres, produits de nettoyage, dégraissage, extraction.

- Exemples : Toluène, xylène, méthanol, éthanol, acétone.

2. Acides et Bases Industrielles : Des substances très réactives utilisées dans diverses industries. Production de fertilisants, traitement des eaux, fabrication de produits chimiques.

- **Exemples** : Acide sulfurique, acide chlorhydrique, soude caustique (hydroxyde de sodium).

3. Métaux et Composés Métalliques : Des substances utilisées dans la fabrication de composants industriels, les alliages métalliques et les produits électroniques. Industrie électronique, batteries, peinture, pigments, galvanisation.

- **Exemples** : Plomb, mercure, cadmium, chrome, arsenic.

4. Produits Pétroliers et Hydrocarbures : Composés issus du pétrole et utilisés dans de nombreux domaines. Combustibles, lubrifiants, produits chimiques, solvants.

- **Exemples** : Benzène, toluène, xylène, huiles minérales, diesel, essence.

5. Chimie Fine et Produits de Synthèse : Produits chimiques utilisés dans la production de médicaments, de plastiques, de polymères, et d'autres substances de spécialité. Industrie pharmaceutique, plasturgie, production de textiles, parfumerie.

- **Exemples** : Polymères, résines, plastifiants, produits pharmaceutiques.

Pollution par les Produits Chimiques Industriels et Solvants :

1. Pollution de l'air : Les produits chimiques industriels et solvants sont souvent utilisés dans des processus qui génèrent des émissions dans l'air.

- **Exemples** : Les solvants volatils tels que le toluène et le xylène peuvent s'évaporer et contaminer l'atmosphère, contribuant à la pollution de l'air et à la formation de l'ozone troposphérique.

2. Pollution de l'eau : Les substances chimiques utilisées dans les processus industriels peuvent se retrouver dans les cours d'eau ou les nappes phréatiques en raison des fuites, du lessivage ou du déversement direct dans l'environnement.

- **Exemples** : Les métaux lourds comme le plomb et le mercure, les solvants organiques et les produits chimiques industriels peuvent être des contaminants majeurs de l'eau.

3. Pollution des sols : Les déversements accidentels ou l'élimination incorrecte des produits chimiques industriels peuvent entraîner la contamination des sols, affectant la qualité des sols et la vie microbienne.

- **Exemples** : Les produits chimiques industriels, tels que les solvants organiques, peuvent être persistants dans le sol, perturbant les écosystèmes du sol et contaminant les cultures.

Toxicité des Produits Chimiques Industriels et Solvants :

1. Toxicité aiguë et chronique :

- Les produits chimiques industriels et solvants peuvent avoir des effets immédiats (toxicité aiguë) et à long terme (toxicité chronique) sur les organismes.

- Exemples de toxicité aiguë : Irritation de la peau, des yeux et des voies respiratoires (acides, bases), symptômes de nausées, vertiges et maux de tête (solvants volatils comme le toluène).

- Exemples de toxicité chronique : Effets cancérigènes, neurotoxiques, rénaux et reproductifs (benzène, plomb, mercure, arsenic).

2. Effets sur la santé humaine :

- **Troubles neurologiques** (exposition à long terme) : Les produits chimiques comme le benzène et le toluène sont classés comme cancérigènes, et une exposition prolongée peut entraîner des cancers du sang (leucémie) et des troubles du système nerveux central, affectant la mémoire et la coordination.
- **Exposition aiguë** : Les solvants volatils peuvent causer des effets immédiats sur le système nerveux central, comme des vertiges et des pertes de conscience.
- **Maladies respiratoires** : L'inhalation prolongée de certains solvants peut provoquer des maladies pulmonaires, des cancers du poumon et des troubles respiratoires.

3. Effets sur la faune , la biodiversité et les écosystèmes :

- Effets sur les poissons et la faune aquatique : Les produits chimiques industriels, comme le mercure, peuvent causer des lésions aux poissons et autres organismes aquatiques, affectant leur reproduction et leur survie.
- Pollution aquatique : Les produits chimiques tels que le mercure et le plomb se bioaccumulent dans les organismes aquatiques et peuvent causer des malformations, des troubles de reproduction et la mort des poissons.
- Perturbation des écosystèmes terrestres : Les produits chimiques industriels, tels que les acides et les solvants organiques, peuvent détruire la flore et la faune locale en modifiant les conditions du sol ou en introduisant des toxines dans la chaîne alimentaire et en altérant la composition des communautés microbiennes et la fertilité du sol.
- La contamination des sols et de l'eau par des produits chimiques industriels perturbe la chaîne alimentaire et menace la biodiversité locale, avec des conséquences à long terme sur les écosystèmes.

Normes et Seuils Environnementaux des Produits Chimiques Industriels et Solvants :

Les normes environnementales et seuils de toxicité pour les produits chimiques industriels sont établis pour minimiser les impacts sur l'environnement et la santé humaine. Les seuils varient en fonction de la nature du polluant et de l'usage.

Exemples de normes et seuils :

-Pollution de l'eau :

- Plomb : La concentration maximale admissible dans les eaux de surface pour protéger la vie aquatique est souvent fixée à 0.01 mg/L.
- Benzène : Dans l'eau potable, la limite recommandée par l'OMS est de 0.01 mg/L pour éviter les effets cancérigènes.

Pollution de l'air :

- Benzène : Limite de 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (particules par mètre cube) dans l'air ambiant, conformément aux normes de la Directive Européenne 2008/50/EC.
- Toluène : La norme pour l'exposition professionnelle est souvent fixée à 50 ppm (parties par million) dans l'air.

3. Exposition sur le lieu de travail :

- Les normes de l'OSHA (Occupational Safety and Health Administration) fixent des limites d'exposition professionnelle pour de nombreux solvants, comme le toluène (100 ppm) et le méthanol (200 ppm).

2.4. Contaminants Organiques Persistants (COPs) :

Les contaminants organiques persistants (COPs) sont des substances chimiques qui persistent dans l'environnement de longues périodes, se bioaccumulent dans les organismes vivants et dans la chaîne alimentaire et ont des effets toxiques sur la santé humaine, l'environnement et la biodiversité. Ces

Ecotoxicologie générale

substances sont souvent utilisées dans des produits chimiques industriels, des pesticides ou des produits chimiques d'usage courant. En raison de leur persistance et de leur capacité à se déplacer sur de longues distances dans l'air, l'eau et les sols, elles représentent un grave problème environnemental.

- **Exemples** : Dioxines, PCB, Pesticides organochlorés (DDT, lindane).

- **Sources** : Industrie chimique, Pollution industrielle (déversements), Brûlage de déchets.

- **Effets** : Perturbation endocrinienne, Cancers et troubles du développement, Troubles du système immunitaire, Effets neurotoxiques.

Types de Contaminants Organiques Persistants (COPs) :

1. Pesticides Organiques : Utilisés dans l'agriculture pour lutter contre les nuisibles, Contrôle des insectes et des parasites agricoles. Ces pesticides sont très persistants et toxiques pour les organismes non ciblés.

- Exemples : DDT (dichlorodiphényltrichloroéthane), Aldrine, Dieldrine

2. Polychlorobiphényles (PCB) : Ces substances sont utilisées dans l'industrie électrique et dans les fluides hydrauliques. Condensateurs, transformateurs électriques, huiles de réfrigération.

- Exemples : PCB-101, PCB-138, PCB-153.

3. Dioxines et Furannes : Des produits chimiques extrêmement toxiques produits lors de processus industriels, de combustion et d'incinération.

- Exemples : TCDD (2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine), Furanne.

4. HCB (Hexachlorobenzène) : Produit chimique industriel et fongicide, Traitement de graines pour la protection des cultures.

- Exemples : HCB (hexachlorobenzène).

5. Pesticides Organochlorés : Ces composés sont connus pour leur persistance dans l'environnement et leur toxicité. Lutte contre les insectes nuisibles et les parasites agricoles.

- Exemples : Lindane, Endosulfan, Chlordane.

Pollution par les Contaminants Organiques Persistants (COPs) :

Les COPs sont très persistants dans l'environnement, ce qui les rend difficiles à éliminer. Ils sont souvent transportés par l'air et l'eau, se déposant à grande distance de leur source d'origine. En raison de leur capacité à se bioaccumuler dans les tissus gras des organismes, ils peuvent atteindre des niveaux toxiques dans la chaîne alimentaire, affectant à la fois la faune et l'homme.

1. Pollution de l'air : Les COPs peuvent se volatiliser dans l'air et se déplacer sur de longues distances avant de se déposer sur le sol ou l'eau. Les dioxines et les PCB sont des exemples de COPs qui peuvent se répandre par l'air.

- Exemples : L'incinération de déchets, les fumées industrielles.

2. Pollution de l'eau : Les COPs se retrouvent souvent dans les cours d'eau, contaminant les poissons et autres organismes aquatiques.

- Exemples : Les rivières contaminées par les PCB ou les pesticides organochlorés.

3. Pollution des sols : Les COPs peuvent être déposés sur le sol par l'air ou par le ruissellement des eaux. Une fois dans le sol, ces contaminants persistent pendant de nombreuses années, contaminant ainsi les cultures et affectant la faune terrestre.

- Exemples : DDT et HCB dans les sols agricoles.

Toxicité des Contaminants Organiques Persistants (COPs) :

1. Toxicité aiguë et chronique :

- **Exposition aiguë** : Exposition à de fortes concentrations de COPs peut entraîner des effets immédiats, notamment des irritations de la peau, des yeux, des voies respiratoires et des troubles gastro-intestinaux.

- **Exposition chronique** : L'exposition à long terme, même à de faibles concentrations, peut entraîner des effets graves sur la santé humaine, y compris des cancers, des troubles endocriniens, des malformations congénitales, des troubles neurologiques et des effets sur le système immunitaire.

2. Effets sur la santé humaine :

- **Cancers** : Les dioxines et les PCB sont classés comme cancérigènes pour l'homme en particulier des cancers du foie, des poumons et des organes digestifs.

- **Troubles endocriniens** : Les COPs peuvent perturber les systèmes hormonaux, affectant la reproduction, le métabolisme et la croissance chez l'homme.

- **Neurotoxicité** : L'exposition à long terme à des pesticides organochlorés peut affecter le développement neurologique, provoquant des retards cognitifs et des problèmes de comportement, la dépression, l'anxiété et les pertes de mémoire

- **Effets sur le système immunitaire** : Les COPs peuvent affaiblir le système immunitaire, rendant les organismes plus vulnérables aux infections et aux maladies.

3. Effets sur la faune et la biodiversité :

- **Bioaccumulation et biomagnification** : Les COPs s'accumulent dans les tissus des organismes vivants, notamment chez les aquatiques et terrestres, se concentrant à chaque niveau trophique (ex. poissons, oiseaux, mammifères) ce qui peut affecter leur survie, leur reproduction et leur santé.

- **Perturbation de la reproduction** : Les COPs peuvent entraîner des déformations, des problèmes de fertilité et des effets sur le développement embryonnaire des animaux.

- **Effets écologiques** : La présence de COPs dans un écosystème peut affecter la biodiversité, en perturbant les chaînes alimentaires et les équilibres des populations d'organismes.

- **Perturbation des écosystèmes** : Les COPs modifient les structures des communautés animales et végétales, réduisant la biodiversité et perturbant les chaînes alimentaires.

- **Malformations et décès** : Les COPs sont responsables de malformations génétiques et d'autres effets létaux chez les animaux exposés à ces contaminants.

Normes et Seuils Environnementaux des COPs :

Les normes et seuils pour les COPs sont fixés pour limiter leur impact environnemental et protéger la santé publique.

1. Concentration dans l'air :

- La Convention de Stockholm sur les POPs a défini des seuils pour les niveaux acceptables de dioxines, PCBs, et autres COPs dans l'air, en vue de réduire les émissions industrielles.

2. Concentration dans l'eau :

- **DDT** : La concentration maximale autorisée dans l'eau potable est souvent inférieure à 0.001 mg/L pour éviter les effets toxiques.

- **PCB** : Les normes pour la pollution de l'eau par les PCBs sont souvent fixées à moins de 0.0005 mg/L.

3. Concentration dans les sols :

- **PCB** : Les limites des PCB dans les sols sont fixées à 1 µg/g (microgrammes par gramme) pour protéger la santé publique et les écosystèmes.

- DDT : Le DDT dans les sols agricoles peut affecter la qualité des cultures, et sa présence est réglementée à des concentrations de 0.02 mg/kg ou moins.

2.5. Polluants de l'Air (Composés Organiques Volatils et Gaz) :

Les polluants de l'air comprennent une large gamme de substances chimiques, notamment les composés organiques volatils (COV) et les gaz. Ces polluants sont produits principalement par les activités humaines (la combustion de combustibles fossiles, des procédés industriels, et du trafic routier, industrie, transport, agriculture) mais peuvent également provenir de sources naturelles (comme les volcans et les incendies de forêt). Ces substances sont volatiles et se dispersent facilement dans l'air, atteignant diverses parties du corps humain par inhalation. Ils ont des impacts considérables sur la qualité de l'air, la santé humaine, et les écosystèmes.

- **Exemples** : Ozone (O₃), Dioxyde de Soufre (SO₂), Oxyde d'azote (NO_x), Composés Organiques Volatils (COV), Monoxyde de carbone (CO).

- **Sources** : Trafic automobile, Industrie et incinération des déchets, Agriculture (utilisation d'engrais et de pesticides).

- **Effets** : Problèmes respiratoires (asthme, bronchite), Cancers pulmonaires, Perturbation du système cardiovasculaire, Effets sur le système nerveux.

Types de Polluants de l'Air :

1. Composés Organiques Volatils (COV) :

- Les COV sont des substances organiques qui s'évaporent facilement dans l'atmosphère à température ambiante. Émissions industrielles, combustion de carburants fossiles, solvants, peintures, produits ménagers, agriculture.

- Exemples de COV : Benzène, Toluène, Formaldéhyde, Acétone.

2. Gaz Polluants :

- Oxyde d'azote (NO_x) : Composé principalement de NO (monoxyde d'azote) et NO₂ (dioxyde d'azote), ces gaz proviennent principalement des moteurs à combustion (automobiles, usines).

- Dioxyde de soufre (SO₂) : Produit par la combustion de combustibles fossiles contenant du soufre, comme le charbon, le pétrole.

- Monoxyde de carbone (CO) : Résulte de la combustion incomplète de combustibles fossiles.

- Ozone (O₃) : Un gaz secondaire formé par des réactions chimiques entre NO_x et des COV sous l'effet de la lumière du soleil, contribuant à la pollution de l'air troposphérique.

Pollution par les Composés Organiques Volatils et Gaz :

La pollution par les COV et les gaz polluants peut affecter la qualité de l'air à des échelles locales et globales. L'impact environnemental de ces polluants dépend de leur nature chimique, de leur durée de vie dans l'atmosphère et de la manière dont ils réagissent avec d'autres substances dans l'environnement.

1. Pollution de l'Air :

- Les COV et les gaz polluants contribuent à la formation de la brume photochimique (smog) et de l'ozone troposphérique.

- Ozone : Bien qu'utile dans la stratosphère pour protéger la Terre des rayons ultraviolets, l'ozone au niveau du sol est un polluant nocif qui peut aggraver les maladies respiratoires.

2. Pollution de l'Environnement :

Ecotoxicologie générale

- Les COV et les gaz polluants peuvent également entraîner des phénomènes comme l'acidification des sols et de l'eau, affectant la faune et la flore aquatiques et terrestres. Par exemple, le SO₂ peut se transformer en acide sulfurique dans l'atmosphère, contribuant aux pluies acides.

3. Pollution Biologique :

- Ozone et NO_x peuvent nuire à la croissance des plantes et perturber les écosystèmes agricoles en affectant la photosynthèse.

- Certains COV, tels que le benzène, peuvent être toxiques pour certaines espèces animales en altérant leur système nerveux ou leur développement.

Toxicité des Composés Organiques Volatils et Gaz :

1. COV :

- Benzène : Très toxique, il est classé comme cancérigène pour l'homme par l'OMS. Une exposition prolongée peut entraîner des cancers du sang, notamment la leucémie.

- Formaldéhyde : Utilisé dans la fabrication de résines et comme désinfectant, il peut provoquer des irritations des yeux et des voies respiratoires, et est classé cancérigène.

- Toluène et Acétone : Peuvent affecter le système nerveux central, provoquer des vertiges, des maux de tête, et des effets neurotoxiques.

2. Gaz Polluants :

- NO_x (principalement NO₂) : Irrite les voies respiratoires, augmente les risques d'asthme et d'autres troubles respiratoires. Il joue aussi un rôle dans la formation de l'ozone au niveau du sol.

- SO₂ : Irritant pour les voies respiratoires, le SO₂ peut provoquer des bronchites et aggraver les conditions pulmonaires existantes. Il contribue également aux pluies acides.

- CO : Empêche le transport de l'oxygène dans le sang, ce qui peut entraîner des maux de tête, des vertiges, des troubles cardiaques et, dans des cas graves, la mort.

Normes et Seuils Environnementaux :

Les normes environnementales sont établies pour limiter les niveaux de polluants dans l'air afin de protéger la santé publique et l'environnement.

1. Organisation Mondiale de la Santé (OMS) :

- Benzène : La norme de qualité de l'air pour le benzène est fixée à 0,01 ppm (parties par million) en moyenne annuelle.

- Formaldéhyde : L'OMS recommande une concentration maximale dans l'air de 0,08 ppm sur une moyenne horaire.

- NO₂ : La concentration de NO₂ ne doit pas dépasser 200 µg/m³ pour des périodes de 1 heure et 40 µg/m³ en moyenne annuelle.

- SO₂ : La concentration de SO₂ dans l'air ne doit pas dépasser 500 µg/m³ sur 10 minutes et 20 µg/m³ sur une moyenne annuelle.

2. Union Européenne :

- Ozone (O₃) : Le seuil d'exposition à l'ozone est limité à 180 µg/m³ pour une moyenne horaire.

- Monoxyde de carbone (CO) : L'UE recommande une concentration maximale de 10 mg/m³ pour la qualité de l'air.

1. Effets sur la santé humaine :

- Cancers : L'exposition à des niveaux élevés de benzène et formaldéhyde augmente le risque de cancers, notamment des leucémies et des cancers des voies respiratoires.

- Troubles respiratoires : NO_x, SO₂ et Ozone irritent les voies respiratoires et peuvent causer ou aggraver des maladies comme l'asthme, la bronchite chronique et d'autres maladies pulmonaires obstructives.
- Effets neurologiques : Certains COV comme le toluène affectent le système nerveux central, provoquant des vertiges, de la fatigue et des troubles cognitifs.

2. Effets sur l'environnement et la biodiversité :

- Plantes et écosystèmes : L'ozone troposphérique réduit la photosynthèse, ce qui affecte la croissance des plantes. Les NO_x et COV contribuent à la formation de pluies acides, ce qui nuit aux forêts et aux sols.
- Eaux : Les pluies acides issues des émissions de SO₂ et NO_x réduisent le pH des sols et des eaux, perturbant la vie aquatique et l'équilibre des écosystèmes.
- Faune : Les COV et gaz polluants peuvent affecter la reproduction et la santé des espèces animales, notamment par la bioaccumulation de substances toxiques dans les chaînes alimentaires.

2.6. Les Radio-nucléides :

Les radio-nucléides sont des isotopes radioactifs instables qui émettent des radiations lorsqu'ils se désintègrent. Bien que présents naturellement dans l'environnement, leur concentration peut augmenter à cause des activités humaines (industrie nucléaire, essais nucléaires, gestion des déchets radioactifs). Ils sont une source majeure de pollution radioactive et peuvent avoir des effets dévastateurs sur la santé humaine, l'environnement et la biodiversité.

- **Exemples** : Uranium, Plutonium, Césium-137, Strontium-90.
- **Sources** : Accidents nucléaires (ex. Fukushima, Tchernobyl), Activités industrielles liées au nucléaire, Tests d'armement nucléaire.
- **Effets** : Cancers, principalement les leucémies et cancers du poumon, Altération génétique, Effets tératogènes et mutations.

Types de Pollution par Radio-nucléides :

Les radio-nucléides peuvent contaminer différents compartiments environnementaux (air, eau, sol, faune et flore) par des processus tels que l'émission de radiations alpha, bêta et gamma, qui peuvent pénétrer et affecter les organismes vivants.

1. Pollution de l'Air :

- Particules radioactives : Elles peuvent être libérées dans l'air lors d'accidents nucléaires (par exemple, l'accident de Tchernobyl ou de Fukushima).
- Gaz radioactifs : Radon (un gaz noble radioactif provenant principalement des sols et des roches) peut s'accumuler dans des espaces clos, comme les maisons et les bâtiments.

2. Pollution de l'Eau :

- Les radio-nucléides peuvent se retrouver dans les ressources en eau par les rejets industriels, les accidents nucléaires, ou la dispersion naturelle dans les rivières et les océans.
- Exemples de radio-nucléides dans l'eau : Césium-137, strontium-90, plutonium, uranium.

3. Pollution du Sol :

- Les sols peuvent être contaminés par des déchets radioactifs issus de l'industrie nucléaire ou des tests d'armements nucléaires.
- Radionucléides dans le sol : Plutonium-239, uranium-238, strontium-90.

4. Pollution des Organismes Vivants :

Ecotoxicologie générale

- Les radio-nucléides peuvent se bioaccumuler dans les chaînes alimentaires, en particulier dans les végétaux et les animaux aquatiques, et être transmis aux prédateurs.

- Exemples : L'absorption de Césium-137 par les poissons ou de Plutonium-239 par les plantes.

Toxicité des Radio-nucléides :

Les radio-nucléides émettent des radiations qui peuvent endommager les tissus vivants et modifier les structures cellulaires, ce qui entraîne une toxicité biologique importante.

1. Radiations Alpha (α) :

- Peu pénétrantes dans l'air, mais peuvent causer des dégâts importants lorsqu'elles sont inhalées ou ingérées. Par exemple, l'uranium et le radon libèrent des particules alpha.

- Effet toxique : Endommagement de l'ADN dans les cellules, pouvant entraîner des cancers pulmonaires ou des lésions des organes internes.

2. Radiations Bêta (β) :

- Peuvent pénétrer la peau, mais sont stoppées par des matériaux tels que du verre ou du plastique.

- Effet toxique: Les isotopes tels que strontium-90 et carbone-14 émettent des radiations bêta, affectant les tissus biologiques proches de la surface de la peau et perturbant les cellules et les organes.

3. Radiations Gamma (γ) :

- Hautement pénétrantes et capables de traverser le corps humain, affectant des tissus à l'intérieur de l'organisme.

- Effet toxique : Peut causer des mutations génétiques, des cancers et des maladies graves des organes vitaux.

Normes et Seuils Environnementaux pour les Radio-nucléides :

Les normes et seuils de sécurité sont fixés pour limiter l'exposition des humains et de l'environnement aux radio-nucléides.

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) :

- Radon : L'OMS recommande une concentration de radon intérieure inférieure à 100 Bq/m³ (Becquerels par mètre cube) pour minimiser les risques de cancer du poumon.

- Radon dans l'eau : La concentration de radon dans l'eau potable ne doit pas dépasser 100 Bq/L.

Effets sur la Santé Humaine :

Les radio-nucléides peuvent avoir des effets gravement toxiques sur la santé humaine en raison de leur capacité à émettre des radiations ionisantes.

1. Cancers : Les radiations gamma et alpha sont fortement associées à des cancers, en particulier du poumon, des os, et de la thyroïde.

2. Effets sur le Système Immunitaire et Reproductif : Une exposition prolongée peut entraîner des altérations du système immunitaire et des troubles reproductifs, réduisant la fertilité et affectant les générations futures.

3. Maladies Cardiovasculaires : L'exposition aux radiations peut également accroître les risques de maladies cardiaques et d'AVC.

Effets sur l'Environnement et la Biodiversité :

Les radio-nucléides affectent les écosystèmes en perturbant les cycles biologiques des plantes et des animaux.

1. Sol et Eau : La contamination radioactive peut rendre les sols et les eaux impropres à l'agriculture et à la consommation, perturbant ainsi la chaîne alimentaire.

2. Faune et Flore : Les animaux et les plantes qui absorbent des isotopes radioactifs dans leur organisme peuvent souffrir de mutations génétiques, de réduction de la reproduction et d'une diminution de la biodiversité.

3. Bioaccumulation : Les radio-nucléides peuvent s'accumuler dans les organismes au fil du temps, affectant des populations entières d'espèces animales et végétales à long terme.

Effets écotoxicologiques sur les Organismes :

L'exposition à des niveaux élevés de radioactivité peut entraîner des effets négatifs sur le développement, la croissance et la survie des organismes vivants, notamment :

- Des mutations génétiques dans les populations animales et végétales.
- Des problèmes de reproduction, avec des taux de mortalité élevés chez les jeunes animaux.
- Un affaiblissement des chaînes alimentaires par l'absorption de radio-nucléides par les organismes de niveau trophique inférieur, tels que les phytoplanctons et les herbivores.

2.7. Substances Phytosanitaires et Biocides :

Les substances phytosanitaires et les biocides sont des produits chimiques utilisés pour protéger les cultures, les jardins, ainsi que pour contrôler les nuisibles dans différents secteurs industriels. Ces substances peuvent causer des effets graves sur l'environnement, la santé humaine et la biodiversité lorsqu'elles sont mal utilisées ou mal gérées.

- **Exemples :** Insecticides, fongicides, algicides.

- **Sources :** Utilisation en agriculture et dans les espaces publics, Pollution par ruissellement dans les systèmes aquatiques.

- **Effets :** Toxicité aiguë et chronique , Perturbation hormonale et neurotoxicité, Perturbation de la reproduction.

Types de Pollution par les Substances Phytosanitaires et Biocides

Les substances phytosanitaires (pesticides, fongicides, herbicides) et les biocides (insecticides, rodenticides) peuvent contaminer l'environnement de diverses manières :

1. Pollution de l'Air :

- **Aérosols :** Certaines substances peuvent être libérées sous forme de brouillard ou d'aérosols pendant l'application, et peuvent se diffuser dans l'air. Par exemple, les pesticides à base de chlorpyrifos peuvent être inhalés par les travailleurs agricoles.

2. Pollution de l'Eau :

- **Ruissellement agricole :** Les pesticides peuvent se retrouver dans les eaux de surface et souterraines par le ruissellement des champs, particulièrement après des pluies importantes.

- **Contamination par les biocides :** Les biocides utilisés dans le traitement des matériaux ou dans les systèmes d'eau peuvent également s'écouler dans les milieux aquatiques.

3. Pollution des Sols :

- Les pesticides et biocides peuvent s'infiltrer dans les sols et perturber les cycles biologiques. Certains produits chimiques persistent dans les sols et peuvent avoir un effet toxique à long terme.

4. Pollution des Organismes Vivants

- **Bioaccumulation :** Les substances chimiques peuvent être absorbées par les plantes et les animaux, s'accumuler dans les chaînes alimentaires et avoir des effets chroniques sur la santé des espèces.

- **Exemples :** Les insecticides organophosphorés et les herbicides à base de glyphosate sont des exemples courants qui affectent la faune et la flore.

Toxicité des Substances Phytosanitaires et Biocides :

La toxicité des phytosanitaires et biocides varie en fonction de leur nature chimique et de la durée de l'exposition. Voici les principales formes de toxicité :

1. Toxicité aiguë :

- Les effets immédiats de l'exposition peuvent inclure des symptômes de neurologie (convulsions, vertiges, nausées), particulièrement pour les insecticides tels que le malathion ou le parathion.
- La toxicité aiguë est souvent observée lors de l'application des produits chimiques, avant que l'effet ne devienne chronique.

2. Toxicité chronique :

- Exposition prolongée à des herbicides comme le glyphosate ou à des fongicides tels que le mancozèbe peuvent entraîner des effets à long terme, notamment des cancers, des troubles hormonaux, des troubles du système immunitaire ou des anomalies génétiques.
- Effets sur les organismes aquatiques : La contamination des eaux par des biocides et des pesticides peut causer des perturbations dans les systèmes hormonaux des poissons et d'autres animaux aquatiques.

3. Toxicité environnementale :

- Les substances phytosanitaires peuvent nuire à la santé des écosystèmes en détruisant des espèces non ciblées, perturbant les processus écologiques, et modifiant les habitats naturels. Par exemple, les néonicotinoïdes, utilisés pour tuer les insectes nuisibles, ont été associés à la disparition des abeilles.

Normes et Seuils Environnementaux pour les Substances Phytosanitaires et Biocides :

Les normes et seuils concernant l'utilisation des substances phytosanitaires et biocides sont établis pour protéger la santé humaine, l'environnement et la biodiversité.

Organisation Mondiale de la Santé (OMS) :

- L'OMS fixe des normes d'exposition pour certains biocides, comme les pesticides organophosphorés (par exemple, le chlorpyrifos) en raison de leur toxicité aiguë pour le système nerveux humain.

Effets sur la Santé Humaine

1. Exposition aiguë : Les symptômes d'intoxication aiguë peuvent inclure des troubles du système nerveux (maux de tête, nausées, vomissements), des lésions cutanées ou respiratoires.
2. Exposition chronique : L'exposition prolongée peut entraîner des problèmes de santé graves tels que des cancers, des troubles hormonaux, des maladies neurologiques, des anomalies génétiques, ainsi que des perturbations du système immunitaire.

Effets sur l'Environnement et la Biodiversité :

1. Diminution de la biodiversité : Les pesticides et biocides non sélectifs tuent non seulement les organismes nuisibles, mais aussi d'autres espèces bénéfiques, comme les abeilles, les papillons et les coccinelles, affectant les chaînes alimentaires.
2. Effets sur la faune aquatique : Les substances chimiques présentes dans les sols et les eaux peuvent détruire les habitats aquatiques et perturber la reproduction des espèces aquatiques. Par exemple, les algues aquatiques peuvent se développer de manière incontrôlée à la suite de la présence excessive de nitrates et de phosphates.
3. Perturbations écologiques : La contamination des sols et des eaux par des biocides a des conséquences à long terme sur la qualité de l'environnement, rendant les sols infertiles et affectant la croissance des plantes.