

Cours de toxicologie

Définition des notions

ECOTOXICOLOGIE: L'écotoxicologie est concernée par les effets toxiques des agents chimiques ou physiques sur les organismes vivants, spécialement sur les populations et les communautés à l'intérieur des écosystèmes et elle inclut les interactions de ces agents avec l'environnement et leurs voies de transfert. (Butler, 1978)

D'autre définition : étude de la contamination des écosystèmes, des mécanismes d'accumulation des contaminants et des effets de ceux-ci sur les organismes vivants à tous les niveaux d'intégration (de l'individu à l'écosystème).

Toxicologie :

Elle étudie les effets nocifs des substances chimiques sur les organismes vivants, elle fait appel à une multitude de connaissance scientifique et s'intéresse à plusieurs secteurs de l'activité humaine ; agriculture, alimentaire, industrie, pharmaceutique, environnement, le milieu du travail.

Poison ou Toxique

On appelle poison ou toxique toute substance qui, après pénétration dans l'organisme, par quelque voie que ce soit, soit à une dose relativement élevée en une ou plusieurs prises rapprochées, soit par petites doses longtemps répétées, provoque, dans l'immédiat ou après une phase de latence plus ou moins longue, de façon passagère ou durable, des troubles d'une ou plusieurs fonctions de l'organisme, pouvant aller jusqu'à leur suppression complète et entraîner la mort.

Intoxication : ensemble de trouble du fonctionnement de l'organisme dus à l'absorption d'une substance toxique ou étranger.

Xénobiotique : « étranger à la vie » : est un composé qui ne fait pas partie de la biochimie normale d'un organisme.

Ecosystème : ensemble forme une association ou communauté d'être vivants (biocenose) et son environnement biologie, géologique, édaphique, hydrologie, climatique (biotope).

Un **contaminant** qualifie un élément organique ou chimique, ou une substance contenue dans l'environnement (air, eau, sédiments etc.) en quantité anormale (c'est à dire non naturelle). Un excès de contaminants peut aboutir à une contamination

Le **polluant** a pour définition la plus souvent retenue: un altéragène biologique, physique ou chimique, qui au-delà d'un certain seuil, et parfois dans certaines conditions (potentialisation), développe des impacts négatifs sur tout ou partie d'un écosystème ou de l'environnement en général.

1/ Généralité sur la pollution

Définition de la pollution

La pollution est une dégradation de l'environnement par l'introduction dans l'air, l'eau ou le sol de matières n'étant pas présentes naturellement dans le milieu.

Elle entraîne une perturbation de l'écosystème dont les conséquences peuvent aller jusqu'à la migration ou l'extinction de certaines espèces incapables de s'adapter au changement.

Autre définition...

— « Constitue une pollution toute modification anthropogénique d'un écosystème se traduisant par un changement de concentration des constituants chimiques naturels, ou résultant de l'introduction de substances chimiques artificielles; toute perturbation du flux de l'énergie, de l'intensité des rayonnements, de la circulation de la matière, ou encore toute altération d'une biocœnose naturelle provoquée par l'introduction d'espèces exotiques invasives ». (Ramade;2007)

/ Polluant

Le terme polluant a été défini comme un altéragène

(élément) biologique, physique ou chimique, qui au-delà d'un certain seuil ou norme, développe des impacts négatifs sur tout ou partie d'un écosystème ou de l'environnement en général.

— Le terme polluant se rapporte aux substances présentes dans l'environnement, en partie à cause des activités humaines et qui ont des effets délétères sur les organismes vivants. (Moriarty;1983).

On peut considérer comme polluant:

- Toute modification d'un processus physique qui conduit à accroître les flux d'énergie ou les niveaux de radiation dans l'environnement.
- Espèce allochtone introduite dans un écosystème éloigné de son aire d'origine.
- Déchets solides généralement inertes.
- Déchets stables comme les métaux lourds et les halogénés
- Déchets dégradables, essentiellement du matériel organique sujet aux attaques bactériennes et à certains processus oxydatifs
- Fertilisants: nitrates et phosphates
- Produits phytosanitaires.

2- Les sources de la pollution

Différents types d'origine de pollution: Sources naturelles, Sources humaines

A° Les pollutions naturelles

Les plus grands pollueurs naturels sont sans conteste les volcans. Ils rejettent d'importants nuages de dioxyde de soufre.

La chaleur qu'ils dégagent produit aussi des oxydes d'azote. Et c'est sans compter sur les poussières minérales qui ont jadis enseveli Pompéi.

Les pollens sont aussi considérés comme des polluants, car ils incommode de nombreuses personnes qui y sont allergiques.

B°La pollution humaine

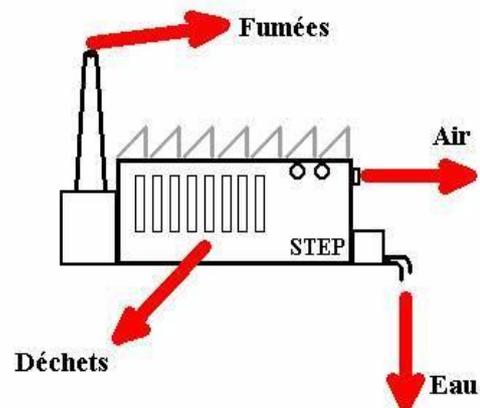
1- La pollution industrielle

Les activités industrielles sont aussi parmi les principales causes de pollution. En effet, l'industrie chimique moderne et aussi la métallurgie, voire l'électronique participent énormément à la pollution de la biosphère par un nombre important de composés minéraux ou organiques de toxicité souvent élevée ou encore peu dégradables, parfois même indestructibles: mercure, cadmium, niobium, antimoine, vanadium... etc.

Fumées: Les fumées rejetées par les usines contiennent des gaz acides toxiques qui retombent avec la pluie (ex: SO^2 , oxyde de soufre). On parle alors de pluies acides qui sont néfastes pour la végétation et les êtres vivants. A cela s'ajoutent les émissions de CO^2 (dioxyde de carbone) et de CO (monoxyde de carbone), très toxique.

Air: Les usines utilisent très fréquemment des systèmes d'aspiration de poussières dans leur process de fabrication. Cet air doit être filtré avant d'être rejeté à l'extérieur, tout comme celui des gaines de ventilation ou de conditionnement sous haute température

Eau: Une usine qui utilise, puis rejette de l'eau pour son process doit être équipée d'une station d'épuration (STEP). Un traitement primaire élimine les matières en suspension (ex: résidus de lavage, corps gras, huile), puis un traitement secondaire élimine les matières en solution (ex: produits chimiques, métaux lourds). En réalité, seulement 65% des eaux usées



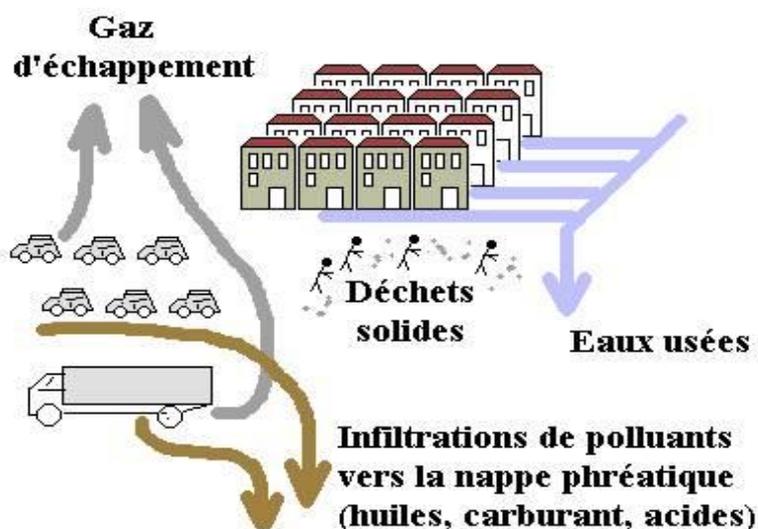
passent en station d'épuration et le traitement secondaire n'est généralement pas mis en application (bien souvent pour des raisons de coût).

Déchets: Une usine doit aussi trier ses déchets et favoriser le recyclage (on parle alors de valorisation des déchets). Les déchets contenant des éléments nocifs doivent être récupérés et traités par des sociétés spécialisées (huiles, solvants, acides, piles, composants électroniques, tubes néon, ...).

2- La pollution urbaine

Les Gaz d'échappement

contiennent des éléments toxiques: oxyde de carbone (CO), des hydrocarbures et des oxydes d'azote (NO, NO²). Le CO, CO² et NOx sont des gaz à effet de serre. L'utilisation de pots catalytiques permet de réduire ces émissions en transformant le CO en CO², les hydrocarbures en eau + CO² et l'oxyde d'azote en O² + azote.



Les eaux usées transportent des corps en suspension (ex: rejets organiques) et des corps en solution (ex: phosphates issus des produits ménagers). Les stations d'épuration ne traitent que 65% des eaux usagées (en France) et ne traitent généralement pas les composés chimiques en solution. Les phosphates sont à l'origine de déséquilibres des écosystèmes en favorisant par excès le développement de certains végétaux indésirables. Ces végétaux peuvent être microscopiques ou planctoniques (dinoflagellés) et consommer l'oxygène du milieu jusqu'à en priver les animaux qui s'y trouvent.

Les infiltrations qui ont pour origine essentiellement le ruissellement des eaux de pluie, entraînent vers les nappes phréatiques tous les produits tombés ou jetés sur le sol: huiles de vidange, acides de batteries, métaux lourds (piles, échappements) et autres produits chimiques. Les nappes phréatiques sont à l'origine de puits ou de sources d'eau potable propre à la consommation de l'homme. Les ressources en eau potable de la planète sont mal réparties et menacées. Ceux qui en disposent doivent les préserver précieusement.

Les déchets solides sont en quantité croissante et les centres d'enfouissement (décharges) sont de plus en plus saturés. Certains déchets sont dangereux (piles, solvants ..) et pas toujours réutilisables par recyclage. Il est indispensable de limiter l'utilisation excessive d'emballages, de favoriser le recyclage et surtout d'utiliser des moyens d'élimination appropriés. La mer, les plages, mais aussi les villes, la campagne et les endroits les plus reculés de l'urbanisation sont

souillés de déchets de tous types qui pour la plupart mettent des centaines ou des milliers d'années pour disparaître (biodégradation). Jeter ses déchets n'importe où est un acte irresponsable !

3-La pollution biologique

Par définition, une pollution biologique est issue du milieu lui-même. C'est par le surdéveloppement de micro-organismes ou de végétaux micro ou macroscopiques qu'un déséquilibre du milieu environnant peut entraîner une mortalité élevée chez les autres organismes présents. Ce surdéveloppement est généralement la conséquence d'une action humaine: enrichissement en nitrates d'un milieu (rejets organiques), développement de virus, de bactéries, modification de la température d'un milieu (rejet d'eau chaude), introduction d'espèces invasives, etc....

La Caulerpe "*Caulerpa taxifolia*", algue introduite accidentellement en Méditerranée est qualifiée d'espèce invasive en raison de sa propagation démesurée. Son adaptation au milieu méditerranéen et son développement ont progressé au détriment des herbiers de Posidonies qui abritent une faune très diversifiée. "En partie" en raison de son caractère toxique, la Caulerpe n'abrite que très peu d'espèces. Elle est la cause d'un important déséquilibre de la vie marine dans chaque zone qu'elle occupe



Dinophysis est un végétal microscopique appartenant à la famille des Dinoflagellés.

Dans les milieux fermés, où les eaux sont plus ou moins stagnantes comme celles de l'Étang du Bolmon (Étang de Berre), mais également sur les côtes bretonnes, battues par vagues et marées, il est de plus en plus fréquent de constater des efflorescence.

Cette algue microscopique contient des toxines qui peuvent causer d'importants troubles gastriques



L'Eutrophisation d'un milieu est généralement due à un surdéveloppement de végétaux indésirables. Cela peut se produire suite à des rejets excessifs de composés azotés ou phosphorés par voie d'égout ou bien encore par la modification des courants naturels (digues, détournement de cours d'eau) qui forment des zones stagnantes et entraînent de grandes modifications du milieu, jusqu'au déséquilibre irréversible.

Eutrophisation = du grec "eutrophos" (bien nourrir): enrichissement d'un milieu aquatique qui entraîne une prolifération d'algues anormale.

4 -La pollution agricole

En visant une augmentation spectaculaire dans le rendement des cultures, les agriculteurs optent pour l'emploi des produits chimiques tels que les engrais chimiques, les pesticides de synthèse (insecticide, fongicide, herbicide), la fumure minérale par apport de fertilisants azotés (nitrates, urée, ammoniacque..), le phosphate et les sels de potassium, dont l'usage n'est pas sans méfaits ou effets indésirables et nocifs liés à la contamination croissante de la biosphère par ces substances.



Les engrais apportent aux végétaux cultivés les nutriments nécessaires à leur croissance. Les trois principaux sont: l'azote, le phosphore et le potassium. Les trois éléments que sont l'hydrogène, le carbone et l'oxygène, nécessaires à l'activité de photosynthèse sont apportés par l'air et l'eau. Enfin, le fer, le soufre ou encore le calcium sont puisés directement dans la terre.

Les pesticides sont des produits chimiques destinés à détruire les champignons (fongicides), les mauvaises herbes (herbicides), les vers de terre (nématocides) et insectes (insecticides) qui parasitent les cultures.

Le ruissellement des eaux de pluie ou d'arrosage drainent le sol et transportent vers des cours d'eau les produits de traitement des cultures (engrais et pesticides).

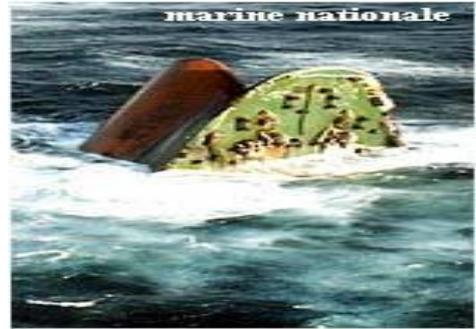
Les infiltrations d'eau, de pluie ou d'arrosage, entraînent vers les nappes phréatiques les mêmes produits de traitement des cultures (engrais et pesticides).

IMPACT : les produits azotés (nitrates) et les phosphates provoquent des déséquilibres dans les milieux qui reçoivent les eaux de ruissellement ou d'infiltration issues de l'agriculture. Ce sont des éléments qui nourrissent par excès des algues bien souvent indésirables qui prennent la place de toute autre forme de vie à cause de leur surdéveloppement. C'est une cause d'eutrophisation (voir pollution biologique).

5-La pollution maritime

Les marées noires:

Les marées noires sont des accidents qui sont bien souvent la cause de négligences au niveau de l'entretien des navires ou la conséquence d'erreurs de navigation qui provoquent des collisions entre navires ou des échouages.



En décembre 1999, l'Erika a perdu 18000 tonnes de fuel, dont seulement 1000 ont été récupérées. Un des nombreux impact de cette catastrophe a été la mort d'environ 300 000 oiseaux marins.

Novembre 2002, le Prestige, transportant 77000 tonnes de fuel laisse échapper des milliers de litres d'hydrocarbure par un brèche occasionnée dans la coque par le mauvais temps. Le 19 novembre, il se brise et coule. Là encore, l'état du pétrolier est mis en cause.... l'histoire se répète !



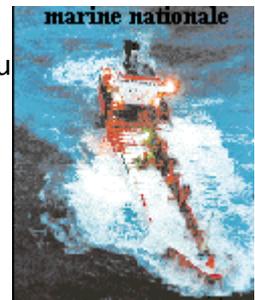
Les accidents chimiques:

Le levoli Sun sombre le 30 novembre 2000, suite à un problème technique et des conditions météo très défavorables.

4000 T de styrène (hydrocarbure utilisé par exemple pour la fabrication du polystyrène)

1000 T de méthyléthyl cétone (solvant du groupe de l'acétone)

1000 T d'alcool isopropylique (solvant)



Les dégazages:

En France, les dégazages réalisés en mer représentent chaque année l'équivalent de 10 fois la marée noire de l'Erika. Les nappes forment une très fine couche et peuvent s'étendre sur plusieurs kilomètres. Celles qui sont rabattues sur les côtes affectent directement les espèces qui vivent dans la zone battue par les vagues comme par exemple les Littorines, les Patelles, les Crabes, les Algues trottoirs ou encore les Oiseaux marins.

3/ Classifications des polluants

Il n'existe pas une seule classification des pollutions mais plusieurs classifications sont faites à partir de nombreux critères tels que la nature de l'agent polluant, le milieu ou le compartiment de la biosphère afférent, les voies de contamination, etc.

- une classification des principaux types de pollutions et de nuisances en fonction des agents perturbateurs et/ou des polluants afférents

Nature de la pollution	Milieu affecté par la pollution ou la nuisance		
	Atmosphère	Hydrosphère	sols
1. Pollution physique			
Radiations ionisantes	+	+	+
Pollution thermique	+	+	+
Bruits et vibrations (nuisance sonore et auditive)	+		+
Pollution lumineuse	+	+	+
2. Pollution chimique			
Dérivés gazeux du carbone	+	+	
Hydrocarbures	+	+	+
Dérivés du soufre	+	+	+
Dérivés de l'azote	+	+	+
Métaux et Métalloïdes toxiques		+	+
Fluorures	+		+
Aérosols et particules solides	+		
détergents		+	
Pesticides et autres composés de synthèse non volatils		+	+
Substances chimiques nauséabondes	+		
3. Pollution biologique			
Contamination microbiologique	+	+	

(bactéries et virus)			
OGM			+
Espèces invasives introduites		+	+
4. Nuisance esthétique			
Dégradation d'un milieu rural ou urbain ou d'un paysage par l'urbanisation sauvage et des aménagements de toutes sortes mal-conçus		+	+

1-Polluants physiques :

Pollution thermique : Les organismes aquatiques sont plus sensibles aux changements brusques de T que les organismes terrestres. Les rejets thermiques dans le milieu aquatique ne sont pas des phénomènes nouveaux. Pollution invisible et diffuse prise de conscience du phénomène de pollution thermique

En effet, l'augmentation de la température diminue la teneur en oxygène dissous dans l'eau ce qui peut poser des problèmes de respiration pour certains organismes sensibles.

Le récent accident de la centrale nucléaire de Fukushima au Japon en est un exemple, même si on ne peut, à l'heure actuelle, en mesurer l'ensemble des conséquences écologiques.

- * **introduction eau douce/eau salée Salinité correspond à la teneur en sels dissous d'une eau**
- * Dépend de la résistance que l'eau oppose au passage d'un courant électrique. elle s'exprime en terme de résistivité (W.cm) (ohm-centimètre)
- * Modification salinité
 - Modification densités milieux aqueux
 - Modification solubilité des gaz
 - Modification des communautés animales, végétales, microbienne

La pollution sonor

Le son est une vibration acoustique capable d'éveiller une sensation auditive. Le bruit : Tout son qui dérange est un bruit

c'est un phénomène acoustique produisant une sensation considérée comme désagréable ou gênante

La pollution lumineuse: Il peut s'agir notamment de l'impact de l'éclairage public sur les animaux nocturnes (oiseaux migrateurs, invertébrés du sol, etc.).

2- Polluants chimiques

*** Les polluants organiques (carbonés)**

composés du vivant qui contiennent les éléments Carbone et Hydrogène au minimum, et qui présentent une toxicité importante à l'égard des êtres vivants.

Exemples : les pesticides (organochlorés : DDT), les polychlorobiphényles (PCB), les hydrocarbures (HAP), les dioxines et furannes, les chlorofluocarbones (CFC), les phtalates.

*** Les polluants organométalliques**

-Etain et tributylétain , Dérivés organiques du mercure, Plomb tétraéthyle , Organo-arsénieux

*** Les polluants inorganiques (minéraux) :**

composés métalliques : se retrouvent à l'état naturel dans l'environnement principalement sous forme d'éléments traces (concentrations dans les milieux aquatiques de l'ordre du ng ou µg/L).

- nitrates et phosphates , métaux (cadmium, plomb, mercure), Halogénés (Bore, fluor)

*** Particules microniques ou aerosols**

*** Biotixines (Mycotoxines, Phycotoxines, Cyanobacteries et leurs toxines dans l'eau , Toxines des poissons , Toxines des bactéries)**