



Semestre : 5/ Unité d'enseignement Fondamentale 2 (UEF 3.1.2) : Pathologies des écosystèmes  
Matière 1: Pollution de l'environnement, Crédits : 4, Coefficient : 3

## Programme

### **INTRODUCTION**

#### **Chapitre I: Pollutions et implications écologiques**

- 1- Notions générales : environnement, pollution, nuisance, ...etc.
- 2- Principales causes de pollution et de dégradation de la biosphère
- 3- Classification et formes de pollutions

#### **Chapitre II: Mécanisme de dispersion et circulation des substances polluantes dans la biosphère**

#### **Chapitre III : Pollution atmosphérique**

- 1- Origine des principaux polluants atmosphériques
- 2- Les substances polluantes (différents types de polluants, les composés organiques, les éléments traces métalliques, les particules, les Chlorofluorocarbones)
- 3- Les effets des différentes substances

#### **Chapitre IV : Pollution des sols**

- 1- Définition
- 2- Modalités et conséquences de Pollution des sols par l'agriculture moderne (Pollution par les engrains ; Pollution par les pesticides)
- 3- Pollution par les contaminants d'origine industrielle

#### **Chapitre V : Pollution des eaux**

- 1- Introduction : les ressources en eaux
- 2- Différentes sources de pollutions des eaux
- 3- Principaux types de polluants (Matières organiques fermentescibles, Eléments minéraux nutritifs NO<sub>3</sub> et PO<sub>4</sub>, Eléments traces métalliques, Composés organiques de synthèse, Hydrocarbures)
- 4- Pollution domestique et urbaine
- 5- pollution d'origine agricole
- 6- Pollution d'origine atmosphérique
- 7- Pollution naturelle

#### **Chapitre VI : Pollution Nucléaire**

## INTRODUCTION

L'environnement biophysique (biologique et physique) des espèces représente l'environnement naturel. C'est l'ensemble des éléments naturels et culturels dans lesquels les êtres vivants se trouvent. Composé de conditions écologiques et sociologiques, l'environnement détermine la présence et l'existence des organismes vivants. Le sens de ce mot a sensiblement évolué au XXe siècle pour finir par désigner à la fin du XXe siècle la relation des activités humaines et le rapport de l'humanité avec la nature. On parle ainsi de perception et de protection de l'environnement, de droit de l'environnement, de préoccupation environnementale, d'éducation à l'environnement, d'activités et d'éthique environnementale. Plus que les paroles, le geste écologique est représentatif d'un état de conscience environnementale.

De nos jours, la protection de l'environnement est une priorité. Les différents types de pollution et contamination, devient une véritable préoccupation. Une des conséquences des polluant (Ozone, dioxyde d'azote, de soufre, micro-particules, pesticides, eau de baignade...) est son impact sur la qualité de vie.

La qualité de vie constitue un enjeu majeur en sciences économiques et en science politique. Elle va désormais de pair avec la notion d'environnement préservé et durable. Elle concerne le qualitatif aussi bien dans les relations de l'homme avec son milieu, que dans les rapports sociaux entre les hommes.

## Chapitre I: Pollutions et implications écologiques

### I/ Notions générales

#### 1- Notion de l'environnement

Selon Harant (1964), l'environnement est «l'ensemble des facteurs biotiques (vivants) ou abiotiques (physico-chimiques) de l'habitat. »

Aujourd'hui, on entend par environnement, l'**« ensemble, à un moment donné, des agents physiques, chimiques et biologiques et des facteurs sociaux susceptibles d'avoir un effet direct ou indirect, immédiat ou à terme, sur les êtres vivants et les activités humaines »**. Le terme environnement recouvre donc de nombreuses acceptations et ne correspond plus seulement à l'idée du milieu.

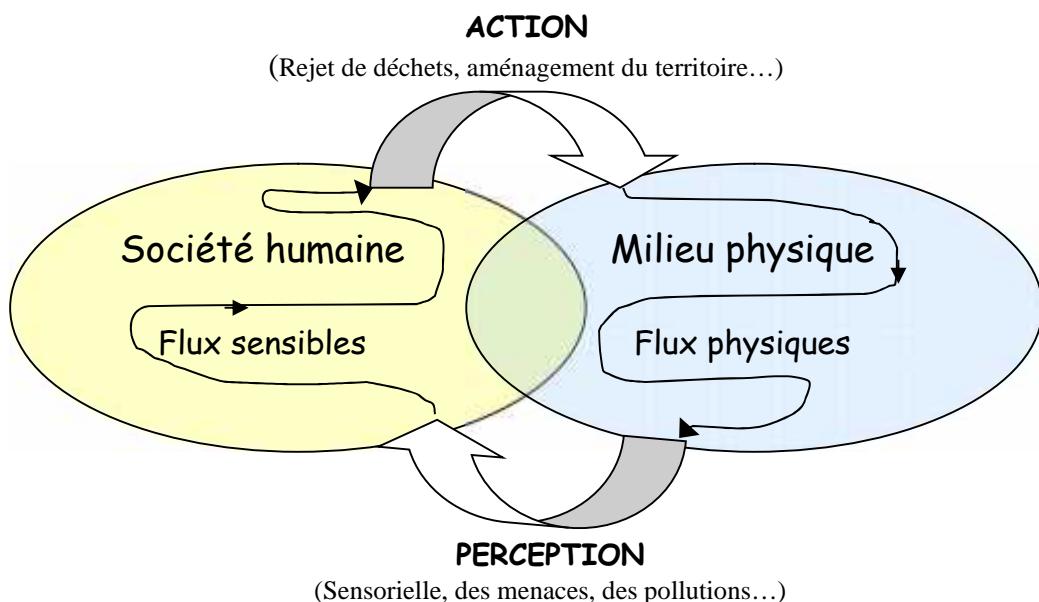
On retiendra donc **l'hétérogénéité** des facteurs constitutifs de l'environnement qui font appel à des **disciplines** aussi variées que l'écologie, les sciences sociales, la géographie etc.

L'environnement correspond grossièrement à deux ensembles :

-la **société humaine** traversée par des **flux sensibles** (d'opinions, de sentiments) qui correspondent aux besoins, aux rapports de forces, aux aspirations individuelles, etc....

-le **milieu physique** traversé par des **flux physiques** (d'énergie, de matière) qui correspondent aux chaînes alimentaires, aux cycles du carbone, de l'eau etc...

Ces deux ensembles se superposent en partie, et interagissent comme indiqué dans le schéma ci-dessous :



La nécessité d'étudier, de définir, de prendre en compte l'environnement est née à la fois de l'apparition des **nuisances** et pollutions associées aux activités humaines et de l'affirmation d'une volonté de **préserver** la nature.

#### 2- La nature

Pour la plupart des gens, vivant à 75 % dans les villes, la nature commence aux portes de la cité. Mais cette nature est-elle vraiment "naturelle" ?!

La nature, c'est ce que l'homme n'a pas fait, ce qui vit sans lui ; c'est ce qui existe sans le contrôle et la gestion par l'homme : les sols, les minéraux, les végétaux, les animaux..

Les milieux réellement naturels ne se rencontrent que dans de rares écosystèmes encore vierges de toute action humaine. Sous nos latitudes, il n'est pas de paysage qui n'ait été façonné par les activités humaines au cours de l'histoire : c'est le phénomène d'**anthropisation**.

### 3- l'homme dans son environnement

Naît, croît, se reproduit et meurt. Ses grandes fonctions vitales travaillent en synergie pour "servir" l'organisme. Ses fonctions de relation, nutrition et procréation l'inscrivent dans son environnement. L'homme à besoin d'énergie, de matière (protéines, acides aminés ....), pour se maintenir en vie et assurer un travail, il rejette des déchets dans son environnement (dioxyde de carbone, urée...) et est donc en partie ouvert sur l'extérieur. Il n'est donc pas isolé.

L'homme échange également des informations avec son environnement (perceptions et actions). Les échanges qu'il effectue avec son milieu sont alors globalement:

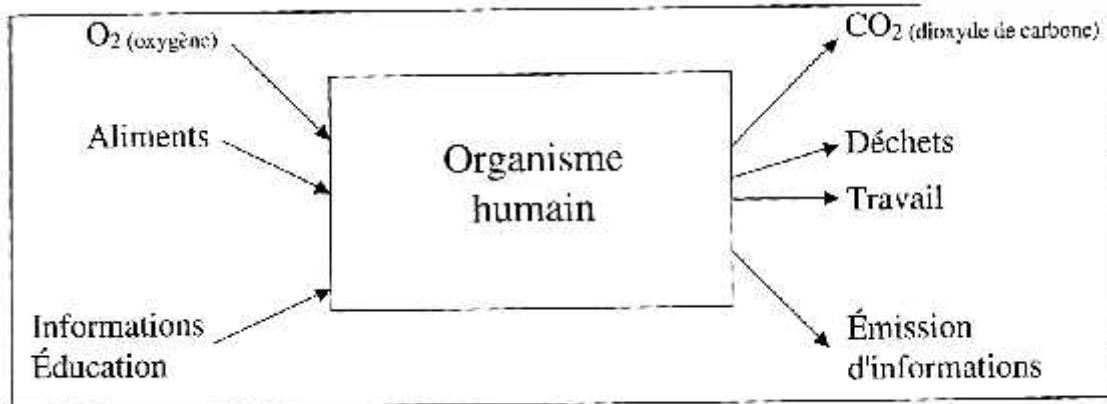


Figure 01: *Les échanges de l'organisme humain avec son environnement*

Il effectue un rééquilibrage permanent dans son milieu intérieur par un jeu d'actions et de réactions (les rétroactions) grâce à ses hormones et à son système nerveux, et cela malgré les modifications de l'environnement (sa température par exemple). Il assure ainsi la stabilité dynamique de son milieu interne.

La vie est la propriété émergente de ce type de système en fonctionnement.

La personne peut être représentée dans son environnement par le schéma suivant :(fig.02)

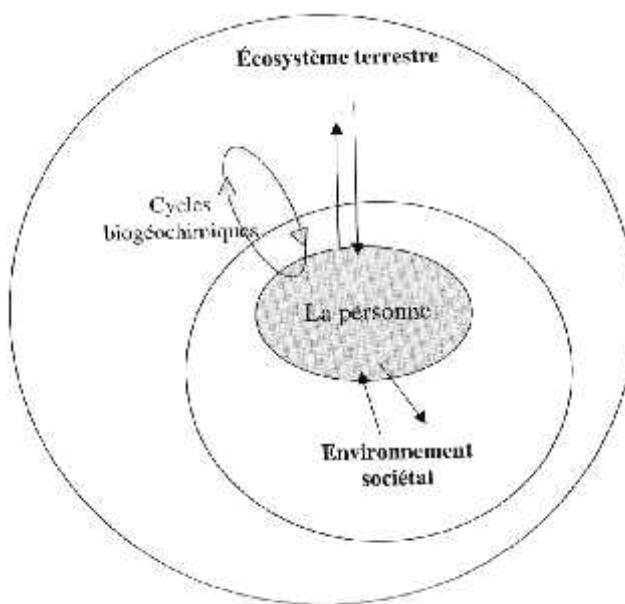


Figure 02: *La personne dans son environnement*

### 4- Notion de nuisance

La **nuisance** caractérise généralement un fait (une source) perceptible, provoquant une souffrance vécue et subie. Le bruit est la première source de plaintes dans de nombreux pays. D'autres nuisances communes sont l'exposition à la poussière, à des fumées, à des vibrations (infrasons), au dérangement (de jour ou de nuit), à de mauvaises odeurs, à des déjections, boues (dont d'épuration) ou déchets divers, à l'exposition à des eaux ou à de

l'air pollué, ou encore à l'éclairage nocturne indésirable ou intrusif (dans ce cas si on y associe les impacts sur la santé, la faune et les écosystèmes, on parle aussi de pollution lumineuse).

Il n'y a pas encore de définition consensuelle largement partagée du concept de nuisance. Ce concept semble en évolution constante, comme ceux de santé et d'atteinte à la santé qui lui sont de plus en plus souvent liés.

Par définition, les nuisances sont difficiles à mesurer car elles dépendent en partie de l'appréciation subjective par celui qui y est exposé. Par exemple, la gêne ou la souffrance induite par une odeur (hors réponse allergique marquée) est difficilement mesurable, bien que plusieurs systèmes d'évaluation aient été proposés, y compris une évaluation par des "nez électroniques". Dans le cas du bruit, un sonomètre mesure des décibels, mais non la gêne induite par sa répétition chronique, son caractère imprévisible, le fait qu'il puisse devenir insupportable la nuit, en cas de céphalée, etc.

## 5- La pollution

La **pollution** désigne une dégradation de l'environnement par l'introduction de matières – dites polluantes – non présentes en temps normal. Cette dégradation entraîne une perturbation plus ou moins importante de l'écosystème. Bien qu'elle soit majoritairement d'origine humaine, elle peut également avoir pour cause un phénomène naturel comme une éruption volcanique.

Le terme de pollution recouvre bien des acceptations et qualifie une multitude d'actions qui, d'une façon ou d'une autre dégradent le milieu naturel. Ce vocable désigne certes sans aucune ambiguïté les effets de l'ensemble des composés toxiques que l'homme disperse dans l'écosphère.

Polluer signifie étymologiquement profaner, souiller, salir, dégrader.

Au niveau législatif, dans la plupart des pays, le mot pollution qualifie la contamination d'un milieu par un agent polluant au-delà d'une norme, d'un seuil, d'une loi, ou d'une hypothèse. Il peut s'agir de la présence d'un élément, de chaleur ou rayonnement dans un milieu ou dans un contexte où il est normalement absent à l'état naturel.

## 6- La contamination

La Contamination vient du latin souillure (tacher, salissure ou polluer) ; c'est le terme utilisé dans le domaine de la toxicologie ou de l'écotoxicologie pour désigner l'envahissement d'un organisme vivant, d'un écosystème ou d'un compartiment de l'écosystème (ex : sol, sédiment) ou d'une chose par des micro-organismes pathogènes ou une substance toxique ou indésirable.

Dans le domaine alimentaire, il s'agit de l'introduction ou présence d'un contaminant dans un aliment ou dans un environnement alimentaire.

Contaminer c'est donc :

- introduire des matières étrangères, y compris les salissures, une substance toxique ou un parasite
- introduire ou de causer la multiplication des microorganismes ou des parasites causant des maladies
- introduire ou de produire des toxines, ou
- introduire des dangers d'ordre physique, biologique ou chimique

Il existe deux types de contaminations:

- **contamination toxique** ; avec par exemple l'introduction de composés synthétiques (par ex., pesticides, agents antusalissures, PCB), l'introduction de composés non synthétiques (par ex., métaux lourds, hydrocarbures) et l'introduction de radionucléides
- **la contamination non toxique**, avec par exemple l'enrichissement du milieu par des nutriments (eutrophisation, dystrophisation, via par ex., le ruissellement à partir de terres agricoles, des déversements...), l'enrichissement par des matières organiques (par ex., mariculture, déversements), la modifications du régime thermique (par ex., pollution thermique induite par les rejets de systèmes de refroidissement de centrales électriques), la modifications de la turbidité (par ex., ruissellement, dragage) et aussi la modifications de la salinité (par ex., prélèvements d'eau, déversements).

## **II/ Principales causes de pollution et de dégradation de la biosphère**

Le problème de pollution constitue une réalité alarmante de dégradation des écosystèmes naturels, il compte des dérivés antiques et pas un phénomène récent ou accidentel. Ses origines remontent aux époques protohistoriques lorsque se constituèrent les premières cités, avec leurs ruisseaux d'écoulement des effluents domestiques et l'entassement dans les rues des effluents divers. Mais quoi qu'il en soit, les pollutions demeuraient les plus limitées dans leur nature et leur étendue jusqu'à l'avènement de la civilisation industrielle (exp. La chimie organique de synthèse et l'énergie nucléaire).

Ce sont des problèmes qui résultent de la création par l'Homme des déchets qu'il ne cherche pas à détruire ou à recycler, même lorsque l'état actuel de la technologie le permet dans des conditions économiques tout à fait acceptables.

### **1- Causes anciennes de pollution:**

**a-** Les cours d'eau ont été de tout temps le réceptacle des eaux usées et des déchets en tout genre. Les pollutions les plus anciennes sont celles dues aux matières fécales et organiques. Puis une certaine salinisation des eaux continentales due au lessivage des déchets miniers est apparue, suivie au virage du XX<sup>e</sup> siècle par un début de pollution métallique liée au développement industriel.

**b-** Contaminations très localisées d'eaux superficielles ou de nappes phréatiques par des bactéries pathogènes et de substances fermentescibles contenues dans les effluents et les détritus d'origines domestiques.

**c- Pollution de nature industrielle primitive**

- Cas de contamination des sols par les usines qui extrayaient de leurs minerais respectifs le zinc ou le cuivre faisait disparaître toutes traces de végétation

- Raffinage du soufre et contamination de l'air environnant par d'importants rejets de SO<sub>2</sub>

**d- Sources d'énergie: les combustibles fossiles**

- Le charbon de bois; fut malgré tout la cause d'une désastreuse déforestation des régions d'Europe occidentale (le chauffage au charbon de bois ou au bois dans les habitations fut parfois la cause de pathologies pulmonaires chez les personnes vivant dans des pièces enfumées et à l'atmosphère confiné).

- pétrole et gaz naturel (usines, transport ....).

### **2- Causes actuelles de pollution de la biosphère:**

Dans le monde actuel, connu par l'accélération de l'urbanisation et le développement démographique rapide, le problème de pollution s'est encore aggravé et intensifié par suite de la prolifération crû des décharges de déchets domestiques et industriels de façon exponentielle.

#### **a- Production d'énergie**

La production d'énergie est qualifiée la source principale de pollution, en 2000 sa production totale a atteint quelque  $9970 \times 10^6$  provenant des combustibles fossiles. A ce rythme d'extraction, la question des ressources se pose déjà en des termes graves pour le pétrole voire même pour le gaz naturel.

Les aéropolluants produits par les combustions soulèvent de très graves problèmes environnementaux. Ces derniers découlent en particulier des rejets dans l'atmosphère de SO<sub>2</sub> et NO<sub>x</sub>, dont résultent les désastreux phénomènes des pluies acides et en outre, pour les seconds, ceux de smogs photochimiques, ainsi que de particules solides dont l'impact est redoutable pour la santé publique.

La principale source de NO<sub>x</sub> est constituée par les gaz d'échappement de véhicules à moteur. En réalité ces derniers représentent la cause principale de pollution de l'air des villes. Un moteur automobile non catalysé fonctionnant à l'essence émet 350g d'effluents gazeux divers par litre de carburant consommé. La situation est encore pire avec les diesels. Avec ces derniers, on ne soulignera jamais assez la plus grande nocivité des émissions des moteurs diesel en matière d'hygiène publique. En effet, ces derniers rejettent en 2000 par unité de consommation spécifique 3 fois plus NO<sub>x</sub> et 2,5 fois plus d'hydrocarbures imbrûlés que ceux équipés de moteurs à essence. De plus la situation est pire qu'elle n'apparaît car le moteur diesel rejette jusqu'à 100 fois

plus d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), dont beaucoup sont de redoutables cancérogènes, par gramme de carburant consommé. De nombreuses études épidémiologiques ont mis en évidence la redoutable nocivité des particules carbonées (fumées noirs) chargées de HAP pour l'hygiène publique.

De nouvelles causes de pollution liées au procédés de production de l'énergie, sont apparues au cours des deux dernières décennies par l'emploi de la technologie nucléaire, s'est ajouté la multiplication des armements nucléaires faisant la crainte d'une pollution de plus en plus étendue et insidieuse due à la pollution par les radionucléides apparue à la suite de la catastrophe de Tchernobyl.

#### b- Industries chimiques:

Depuis la fin de la seconde guerre mondiale, la chimie organique a mis à notre disposition une multitude de nouvelles molécules de synthèse. On estimait dans les années 1990 que 120000 molécules étaient commercialisées dans le monde et que chaque année étaient mises sur le marché de 500 à 1000 substances chimiques nouvelles...

Parmi elles, les matières plastiques, les détersifs, les matériaux isolants ont apporté d'incontestables éléments de confort à la vie quotidienne.

L'un des aspects les plus redoutables de la pollution globale par les substances chimiques de synthèse tient en la croissance des rejets de polluants organiques persistants (POPs) tant dans les pays industrialisés que dans le tiers-monde. Par suite de leur ubiquité et de leur stabilité, ces substances : hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), solvants chlorés, polychlorobiphényles (PCB), pesticides organochlorés, dioxines... se rencontrent de nos jours dans les régions les plus reculées de la biosphère, tant continentales qu'océaniques, y inclus, pour certaines d'entre elles, dans les eaux profondes de la zone néritique de l'océan glacial Antarctique.

#### c- Agriculture et élevage intensif :

Une dernière cause majeure de pollution de la biosphère tient au développement d'un modèle d'agriculture et d'élevage réputés modernes qui est devenu de plus en plus dominant dans l'ensemble du monde au cours de la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle et s'implante, de plus en plus, dans un nombre croissant de pays en voie de développement. Un modèle qui commence avec la gestion des terres et le travail du sol.

L'usage en agriculture intensive des pesticides de synthèse (insecticide, fongicides, herbicides) conduit à des progrès spectaculaires dans les rendements des cultures tout en diminuant la part de la main d'œuvre nécessaire par unité de surface agricole utile.

Dans le même temps, l'usage croissant de la fumure minérale par apport de fertilisants azotés, de phosphates et de sels de potasse a joué aussi un rôle déterminant dans cette augmentation de la productivité en agriculture. La consommation mondiale d'engrais chimiques qui n'excédait pas 7 millions de tonnes en 1945 a culminé à 146 millions de tonnes en 1989. Elle est, depuis, retombée au niveau de 135 millions de tonnes par an, surtout par suite de la politique volontariste des états européens et, dans une moindre mesure, nord-américains pour réduire la pollution des eaux par les nitrates.

Enfin, nous signalons ainsi le sujet des espèces envahissantes et des organismes génétiquement modifiés (OGM), qui pose le problème de pollution génétique. Cette dernière est en relation avec l'introduction et la domestication des espèces végétales et animales utilisées en agriculture au dépend du patrimoine biologique local.

### **III/ Classification et formes des pollutions**

L'activité humaine, qu'elle soit industrielle (chimie, papeterie, industrie agroalimentaire, etc.), urbaine (usages domestiques, commerce, entretien des rues), ou agricole (utilisation d'engrais et de **pesticides**), produit quantité de substances polluantes de toute nature qui sont à l'origine de différents types de pollutions : des pollutions **organiques** (essentiellement d'origine animale), chimiques (fertilisants, pesticides, métaux, détergents...), biologiques (bactéries, virus et autres champignons), radioactives ou acides.

Ces polluants sont émis dans l'atmosphère, évacués dans les eaux usées ou épandues sur les sols, sous forme de gaz, de substances dissoutes ou de particules.

#### **1- Les formes de pollutions**

Les **pollutions** ont de nombreuses formes : locale, ponctuelle, accidentelle, diffuse, chronique, génétique, volontaire, involontaire, etc. nous citons:

- les pollutions ponctuelles, souvent relativement immédiates, qui proviennent de sources bien identifiées (rejets domestiques ou industriels, effluents d'élevage...) et peuvent être traitées par des stations d'épuration,
- les pollutions diffuses, qui ont des sources multiples comme les pots d'échappement et aussi celles dues aux épandages de pesticides et d'engrais sur les terres agricoles, qui concernent l'ensemble d'un **bassin versant**, mettent plus de temps à atteindre les milieux aquatiques et ne peuvent être traitées qu'à la source en diminuant l'usage des substances responsables.
- La **pollution chronique** est une pollution avec des émissions répétées de polluant, ou parfois lorsque le polluant est très rémanent.

Ces pollutions peuvent être permanentes (rejets domestiques d'une grande ville, par exemple), périodiques (augmentations saisonnières des rejets liées au tourisme, aux crues...), ou encore accidentelles ou aiguës, à la suite du déversement intempestif de produits toxiques d'origine industrielle ou agricole, ou du lessivage des sols urbains lors de fortes pluies.

#### **2- La classification**

Donner une classification des pollutions n'est pas une entreprise aisée car on peut la réaliser à partir de nombreux critères, mais aucun n'est entièrement satisfaisant.

##### **2-1- Classification selon la nature des polluants**

- **pollution physique:** (rayonnements ionisants, réchauffement artificiel du milieu ambiant dû à une source de chaleur technologique),
- **chimique:** (substances minérales, organiques abiotiques ou encore de nature biochimique),
- **biologique:** (micro-organismes pathogènes, population d'espèces exotiques invasives introduites artificiellement par l'homme) et en date récente apparition de nouveaux problèmes liés à la population de l'espace rural par les OGM. , etc.

##### **2-2- Classification écologique:**

On peut classer les pollutions de façon écologique, en prenant en considération le milieu (air, eau et sols) –ou le compartiment de la biosphère afférent (atmosphère, hydrosphère, pédosphère)- dans lequel ils sont émis et sur les biocénoses desquels ils exercent leurs perturbations.

##### **2-3- Classification écotoxicologique:**

On peut aussi se placer d'un point de vue toxicologique et considérer le milieu ou la manière par laquelle ils contaminent les organismes. On distinguera selon la voie de contamination : chez les végétaux une absorption stomatale, transfoliaire ou une translocation radiculaire. Chez les animaux on peut distinguer une contamination par inhalation (chez les espèces terrestres), par absorption transbronchiale (chez les espèces aquatiques), par ingestion (dites encore *per os* : par voie orale), ou encore pénétration transcutanée à la suite de contact de la peau ou du tégument avec le polluant.

En réalité, aucune de ces méthodes de classification n'est vraiment satisfaisante car une même substance peut présenter diverses modalités d'action.

Le mercure libéré dans les sols passera dans l'atmosphère et les eaux, il peut être à la fois ingéré avec les aliments ou inhalé à l'état de vapeur etc.

Le tableau ci-dessous figure la classification que nous avons adoptée. Celle-ci s'efforce de réaliser un compromis entre diverses modalités, sans pour autant se dissimuler le caractère artificiel d'une telle entreprise.

**Tableau 01:** classification des principaux types de pollutions et de nuisances.

<b>Nature des pollutions</b>	<b>Milieu affecté par la pollution ou la nuisance</b>		
	<b>atmosphère</b>	<b>hydrosphère</b>	<b>sols</b>
<b>1-pollutions physiques</b>			
Radiations ionisantes	+	+	+
Caléfaction	+	+	
Bruit et vibrations à basse fréquence (nuisance auditive = sonore)	+		+
<b>2-pollution chimique</b>			
Dérivés gazeux du carbone	+	+	
Hydrocarbures		+	+
Dérivés du soufre	+	+	+
Dérivés de l'azote	+	+	+
Métaux et métalloïdes toxiques		+	+
Fluorures	+		+
Particules solides (aérosols)	+		
Détersifs		+	
Pesticides et autres composés organiques de synthèse non volatils		+	+
Emission de substances chimiques nauséabondes (nuisances olfactives)	+		
Matières organiques fermentescibles		+	
<b>3. Pollutions biologiques</b>			
Contaminations microbiologiques des milieux inhalés ou ingérés (bactéries ou virus)	+	+	
Introduction des OGM dans l'espace rural			+
Modification des biocoénoses par l'introduction intempestive d'espèces exotiques végétales ou animales invasives		+	+
<b>4. Nuisance esthétique</b>			
Dégénération de l'espace rurale ou du milieu urbain par l'urbanisation sauvage ou des aménagements mal conçus	+		
Implantation d'industries dans des biotopes vierges ou peu modifiés par l'homme	+		