

Chapitre 4 : Classification des agents polluants

La classification des agents polluants peut s'effectuer de plusieurs façons :

1. Selon leur nature : que ce soit solide, liquide ou gazeux, d'origine minérale ou organique on distinguera:

- **Agents physiques:** rayonnements ionisants (UV, Rx et radioactivité), réchauffement artificiel du milieu ambiant dû à une source de chaleur technologique, bruit ; luminosité, etc.
- **Agents chimiques:** substances minérales, organique abiotiques ou encore de nature biochimique.
- **Agents biologiques:** micro-organismes pathogènes, population d'espèces exotiques invasives introduites artificiellement par l'homme, OGM.

2. D'un point de vue toxicologique : en prenant en considération la manière par laquelle les polluants contaminent les organismes, on distinguera ainsi:

- **Selon la voie de contamination:**
 - Des polluants par inhalation (voie respiratoire) ;
 - Des polluants par contact (voie transtégumentaire) ;
 - Ou encore par ingestion.
- ❖ Chez les végétaux cela correspond à l'absorption:
 - Transtomatale ;
 - Transfoliaire ;
 - Transradiculaire.
- ❖ Chez les animaux on peut distinguer:
 - Une contamination pulmonaire (chez les espèces terrestres).
 - Par absorption transbranchiale (chez les espèces aquatiques).
 - Transcutanée à la suite du contact de la peau ou du tégument avec le polluant
 - Par ingestion (dite encore *per os* ou par voie orale).
- **Selon le mode d'action:**
 - **Direct :**(Arsénique qui tue l'animal).
 - **Indirect:** (les substances qui affectent la couche d'ozone en provoquant indirectement une augmentation des rayons UV qui sont cancérogènes et mutagènes).

- **Synergique:** les polluants peuvent affecter ou atténuer leur effets, on parle dans ce cas respectivement de synergies positives ou négatives ou de potentialisation.

- **Selon la durabilité de leurs effets:**

- Substances chimiques dégradables.
- Substances chimiques biodégradables.
- Celles qui ne le sont pas

- **Selon leurs cibles dans l'environnement:**

- Toxique pour les plantes.
- Pour les animaux à sang chaud.
- Pour les animaux à sang froid.

- **Selon la cible interne de l'organisme affecté :**

- Neurotoxique: affecte le système nerveux ou une de ses parties.
- Néphrotoxique.
- Hépatotoxique...etc.

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

- **Selon l'importance de la dose posant la toxicité:**

➤ **Les macro-polluants :** il s'agit de la pollution classique. Ce sont des substances ou de molécules d'origine naturelles ou non, se trouvant dans l'environnement à des concentrations anormales, avec des effets négatifs sur les vivants: matières en suspension (MES), nitrates, phosphates, etc. Ils doivent être contenus dans certaines limites de concentration, évaluées en milligrammes par litre (mg/l), par opposition aux micropolluants, chiffrés en microgrammes par litre (µg/l).

➤ **Les micropolluants :** ce sont des composés susceptibles d'avoir une action toxique sur les organismes vivants (plantes, algues ou animaux voire l'homme) d'un milieu donné, à des concentrations infimes, de l'ordre du microgramme (10^{-6} gramme) ou du nano-gramme (10^{-9} gramme) par litre. Leur présence est, au moins en partie, due à l'activité humaine (procédés industriels, pratiques agricoles ou activités quotidiennes).

On distingue généralement trois grands groupes de micropolluants : les micropolluants minéraux, les micropolluants organiques et les micropolluants organométalliques.

A. Les micropolluants minéraux

A.1. Les métaux

Les micropolluants minéraux sont principalement des métaux. Ils peuvent être à la fois toxiques lorsqu'ils sont en grande quantité ou indispensables à la vie en faible quantité (oligo-éléments). Leur présence dans le milieu peut être naturelle. Les principaux métaux suivis sont le cadmium, le mercure, le cuivre, le chrome, le zinc, le nickel, le plomb...

➤ Qu'est-ce qu'un métal ?

Un métal appartient à la famille des matériaux métalliques par opposition aux matériaux organiques (matières plastiques, etc.) ou aux matériaux céramiques. Il s'agit d'un matériau, généralement solide, issu le plus souvent d'un minerai, qui a la particularité d'être un bon conducteur de chaleur et d'électricité et réfléchissant la lumière. Le fer (Fe), le cuivre (Cu), le Zinc (Zn), l'Aluminium (Al), ou encore l'argent (Ag) et l'or (Au) sont des métaux. Un métal se combine généralement aisément avec d'autres éléments pour former des alliages utilisables dans l'industrie (Un alliage est le mélange d'un métal avec d'autres substances chimiques). Ex: L'acier est un alliage de fer et de carbone.

➤ Qu'est-ce qu'un métal lourd ?

Le terme métaux lourds désignant l'ensemble des métaux toxiques de forte masse atomique, et ayant une densité supérieure à 5g/cm^3 : cadmium ou mercure par exemple. Certains étant des oligo-éléments tels que le chrome, le fer, le cobalt, le cuivre, le manganèse et le zinc qui sont en faibles concentrations essentiels au corps humain, car ils sont importants pour le métabolisme, d'autre étant sans intérêt pour les êtres vivants et souvent très toxique : le chrome et le cadmium.

- Source des métaux lourds

Les métaux lourds qui entrent dans l'environnement proviennent de source naturelle et de source anthropogène.

- **Origine naturelle**

Les métaux sont des composants de l'écorce terrestre. Par mobilisation mécanique et chimique, ils sont présents de façon naturelle dans les eaux de surface et les nappes souterraines ainsi que dans les poussières atmosphériques. Les volcans et les incendies de forêts sont des sources naturelles très importantes de métaux pour l'hydrosphère.

- **Origine anthropique :**

Les principales sources anthropiques sont l'épandage agricole (fertilisants et pesticides) et les activités industrielles. Les métaux provenant d'apports anthropiques sont présents sous des formes chimiques assez réactives et entraînent de ce fait des risques très supérieurs aux métaux d'origine naturelle qui sont le plus souvent immobilisés sous des formes relativement inertes. C'est pourquoi ces métaux sont considérés comme des « micropolluants minéraux ».

➤ **Qu'est-ce qu'un métal essentiel ?**

Certains minéraux sont, à petite doses, indispensables au métabolisme des êtres vivants c'est le cas du Fer (Fe), du Cuivre (Cu), du Zinc (Zn), Nickel (Ni), du Cobalt (Co), du Molybdém (Mo) et du Manganèse (Mn). Ils interviennent dans les réactions métaboliques, ou dans des réactions biochimiques telles que l'oxydoréduction ou l'hydrolyse. Par exemple, le zinc (Zn), à la concentration du milli-molaire, est un oligo-élément qui intervient dans de nombreuses réactions enzymatiques (déshydrogénases, protéinase, peptidase).

Ces éléments sont appelés **oligo-éléments** et une carence ou un excès de ces éléments peuvent entraîner des effets nocifs pour les organismes vivants.

➤ **Qu'est-ce qu'un métal non-essentiel ?**

Les éléments comme le cadmium, le plomb, le mercure, etc.... ne sont pas essentiels pour les organismes vivants et ne produisent que les effets toxiques, ils s'appellent les métaux non-essentiels.

➤ **Le plomb (Pb)**

Le plomb est un élément chimique se présentant sous la forme de métal noir grisâtre de forte densité. Il est présent dans la croûte terrestre et dans tous les compartiments de la biosphère. Dans l'air, les émissions de plomb provenant de poussières volcaniques véhiculées par le vent mais les rejets atmosphériques sont principalement anthropiques et proviennent des industries et des rejets des véhicules à moteur.

Le plomb est un élément chimique toxique, par effet cumulatif, pour l'homme, la faune et la flore. Il provoque la toxicité sur les organismes à partir de 0.1mg/l. La présence de plomb dans l'organisme peut provoquer des troubles tels que le saturnisme, des crises d'épilepsie voire même des troubles nerveux et psychiques. Pour les personnes les plus exposées, il existe un risque d'avortement spontané, et d'accroissement du nombre de cancers du poulmon ou du tractus gastro-intestinal.

➤ **Le cadmium (Cd)**

Le cadmium est un métal relativement rare, mais il est utilisé pour plusieurs buts. Dans sa forme pure c'est un métal blanc argenté avec une couleur bleuâtre. Il est présent naturellement dans la croûte terrestre à une concentration moyenne de 0.2mg.kg⁻¹. Dans les sols, le cadmium est considéré comme un élément relativement mobile par rapport à d'autres métaux en traces tels que le cuivre ou le plomb.

Le cadmium fait partie des métaux lourds les plus dangereux. Ses propriétés physiques et chimiques, proches de celles du zinc et du calcium, lui permettent de traverser les barrières biologiques et de s'accumuler dans les tissus. Ainsi, même à de faibles concentrations, il tend à s'accumuler dans le cortex rénal sur de très longues périodes (50 ans) où il entraîne une perte anormale de protéines par les urines (protéinurie) et provoque

des dysfonctionnements urinaires chez les personnes âgées. Le cadmium est aussi considéré comme un agent carcinogène. Chez les végétaux, des inhibitions de croissance peuvent apparaître pour des concentrations variant de 1 à 5 mg.kg⁻¹.

➤ **Le mercure (Hg)**

Le mercure est un métal de forte densité et de couleur blanc argenté. Il est présent dans l'écorce terrestre à la teneur moyenne de 0,08 mg/kg. Le mercure est le seul métal liquide à température ordinaire. Il présente un coefficient de dilatation thermique élevé, ce qui explique que l'on ait fait largement usage du mercure dans les thermomètres.

Le mercure est utilisé principalement dans l'industrie chimique et dans l'industrie électrique comme constituant de piles et de lampes, mais aussi dans la dentisterie pour la préparation d'amalgames.

Le mercure est un élément toxique qui n'accomplit aucune fonction physiologique utile chez l'homme, Il est toxiques pour les systèmes nerveux central et périphérique. L'inhalation de vapeurs de mercure peut avoir des effets nocifs sur les systèmes nerveux, digestif et immunitaire qui peuvent être fatales.

A.2. Les métalloïdes

Un métalloïde est un élément chimique qui ne peut être classé ni dans les métaux ni parmi les non-métaux, c'est-à-dire dont les propriétés physiques et chimiques sont intermédiaires entre celles d'un métal et d'un non-métal. Il ya au moins 7 éléments classés comme métalloïde : le bore (B), le silicium (Si), le germanium (Ge), l'arsenic (As), l'antimoine (Sb), le tellure (Te), le polonium (Po). Certains de ces minéraux ont, comme les métaux, un rôle d'oligo-élément indispensable au fonctionnement des organismes. Dans l'environnement, au-delà de certaines (faibles) concentrations, ils sont considérés comme des polluants.

B- Les micropolluants organiques

Les micropolluants organiques regroupent plusieurs types de composés contenant un ou plusieurs atomes de carbone ; ce groupe de micropolluants peut être scindé en deux grandes familles : les pesticides et les autres micropolluants organiques non pesticides.

B-1 Les pesticides

- **Définition**

Le terme pesticides regroupe les substances chimiques destinées à repousser, détruire ou combattre les ravageurs et les espèces indésirables de plantes ou d'animaux causant des dommages aux denrées alimentaires, aux produits agricoles, au bois, aux produits ligneux et aux aliments pour animaux.

Les pesticides incluent à la fois les biocides et les produits phyto-pharmaceutiques.

Les produits phytopharmaceutiques protègent les plantes contre les organismes nuisibles ou luttent contre les mauvaises herbes. Ils sont destinés à un usage strictement agricole.

Les biocides luttent aussi contre les organismes nuisibles, mais ne concernent pas les plantes vivantes. Citons parmi les exemples de biocides les produits de protection du bois, les désinfectants des hôpitaux, le poison à souris....etc.

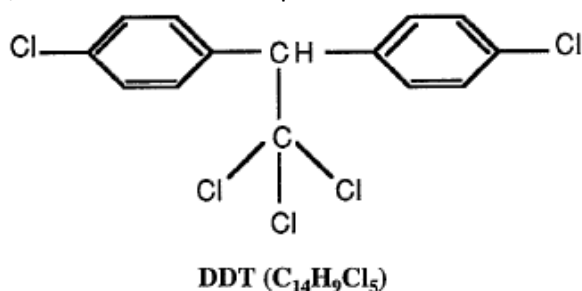
- **Classification**

Les pesticides sont souvent classés selon les **cibles** vers lesquelles ils sont plus particulièrement destinés. Les trois principales catégories sont les **herbicides**, les **fongicides** et les **insecticides**, qui permettent de lutter respectivement contre les mauvaises herbes, les champignons et les insectes. Il existe également d'autres catégories telles que les rodenticides (pour lutter contre les rongeurs) ou les molluscicides (pour lutter contre les escargots et limaces).

Les trois premiers groupes sont les plus connus. Etant donné leur grande diversité, les produits au sein de chaque groupe peuvent être classés selon leurs **structures chimiques** en plusieurs familles. On peut citer comme exemples de familles chimiques :

- **Les organochlorés**

Ces insecticides possèdent dans leur structure au moins une liaison carbone- chlore. Le **DDT** (Dichloro- Diphenil- Trichloréthane) fut le précurseur de cette famille avec à sa suite l'apparition de l'aldrine, de la dieldrine de l'heptachlore et du lindane.



Ces molécules sont caractérisées par une forte rémanence temporelle et une faible spécificité. Ces propriétés considérées comme des atouts au début de leur utilisation, se sont révélées être catastrophiques à long terme pour l'environnement. Leur demi-vie de l'ordre de 10 ans ou plus, leur a permis de se stocker durablement dans une grande partie de la biomasse de la planète et d'entraîner une pollution très persistante des différents compartiments de l'environnement. Leur emploi a, par conséquent, été interdit par l'OMS en 1972, et la plus part de ces insecticides ont été retirés du marché mondial.

- **Les organophosphorés**

Sont des esters obtenus en faisant réagir divers alcools avec l'acide phosphorique (H₃PO₄) ou l'acide thiophosphorique (H₃PO₃S).

Les organophosphorés ont, historiquement, remplacé les organochlorés car ils présentent une faible rémanence. Cependant, ils se caractérisent par une toxicité aiguë très élevée, ils agissent par inhibition de l'acétylcholinestérase (AChE) de façon irréversible, au niveau des terminaisons nerveuses ce qui peut étendre leur action aux mammifères et à l'homme.

- **Les carbamates**

Ce sont des substances dérivées de l'acide carbamique de formule $\text{NH}_2\text{-COOH}$. Ceux-ci sont également des anticholinéstatiques, mais dont l'action est réversible contrairement à celle des organophosphorés. Leur demi-vie s'étend de quelques jours à plusieurs mois, voire plusieurs années dans les eaux souterraines et leur toxicité est variable d'une molécule à l'autre.

➤ **Les pyréthrinoïdes de synthèse**

Ils tirent leur nom des pyrèthrine, insecticides naturels présents dans les pyrèthres c'est-à-dire dans la poudre des fleurs séchées de deux espèces de plantes africaines du genre *chrysanthemum* qui sont cultivées pour cette usage. Les pyréthrinoïdes ne présentent aucun effet cumulatif sur l'environnement et pratiquement aucune action toxique chez les vertébrés supérieurs. La plupart de ces molécules montrent toutefois une toxicité assez élevée pour les animaux à sang froid, notamment les poissons et les batraciens.

• **Sources de l'exposition humaine aux pesticides**

L'exposition humaine est attendue lors des usages professionnels de production ou d'application de ces produits. La population générale est-elle exposée par la contamination des denrées alimentaires, et diverses autres sources telles que la proximité des lieux de vie aux zones agricoles et les phénomènes de déplacement des molécules, les usages réalisés au domicile ou dans les jardins privés pour la lutte contre les insectes nuisibles ou les mauvaises herbes, et certains médicaments antiparasitaires.

• **Effets des pesticides sur la santé humaine**

La toxicité aiguë liée aux pesticides se manifeste à la suite d'une exposition unique ou de courte durée. La famille des pesticides la plus incriminée est celle des insecticides et les signes le plus souvent rapportés sont des maux de tête, des nausées, des vomissements, des étourdissements, une fatigue anormale, une perte d'appétit et des irritations cutanées, oculaires ou respiratoires. Ce type d'intoxications résulte souvent d'une exposition accidentelle à la suite du non- respect des recommandations en matière d'utilisation ou d'entreposage des pesticides.

Les effets sanitaires les plus fréquemment évoqués en relation avec des expositions chroniques aux pesticides sont les atteintes de la fonction de reproduction, les troubles neurologiques, les perturbations endocriniennes et les pathologies cancéreuses.

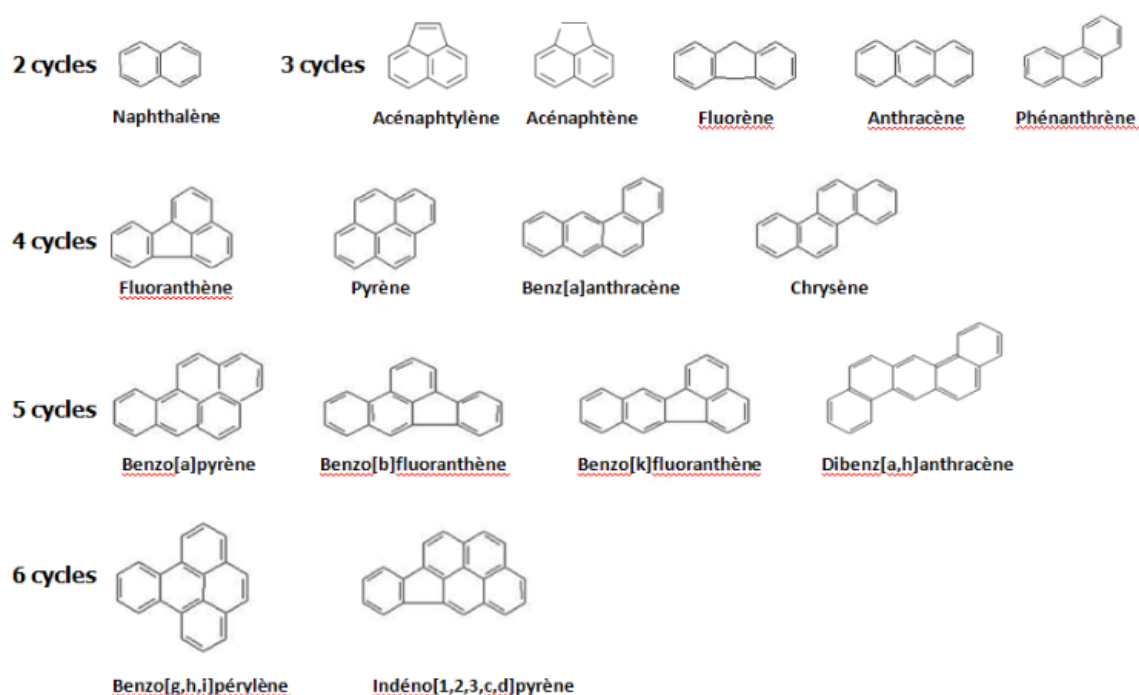
B-2- Micropolluants organiques non pesticides

B-2-1- Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont des composés organiques constitués de deux ou de plusieurs noyaux benzéniques dont les deux noyaux benzéniques adjacents se partagent au moins deux atomes de carbone. Des hétérocycles et des portions alicycliques peuvent également être présents dans la structure.

En général, les HAP se divisent en deux groupes : ceux à faible poids moléculaire (2 à 3 noyaux benzéniques) et ceux à poids moléculaire élevé (plus de 3 noyaux benzéniques).

Cette famille chimique compte plus d'une centaine de composés dont 16 présentés dans la Figure suivante sont considérés comme prioritaires en raison d'effets préoccupants sur la santé. En particulier, certains d'entre eux à l'image du Benzo[a]pyrène génèrent des mutations au niveau de l'ADN et peuvent être à l'origine de cancers.



- **Sources d'émission**

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont généralement issus de la combustion incomplète de matériaux tels que le charbon, le pétrole, le gaz, le bois et la viande grillée au charbon de bois. Ces composés généralement peu solubles dans l'eau s'adsorbent sur les matières en suspension dans l'eau et dans les sédiments, où ils se concentrent. Ils s'accumulent aussi dans les graisses, notamment celles des poissons et des mollusques, mais sont mieux métabolisés et biodégradés que les substances chlorées.

Les principales sources de rejet dans l'environnement sont les centrales thermiques, les alumineries, l'utilisation du bois comme combustible, les feux de forêt, l'incinération des déchets et l'industrie pétrochimique.

- **Effets sur la santé**

Le passage des hydrocarbures dans l'organisme humain s'effectue par inhalation, par ingestion, mais également par transfert au travers de la peau. Les HAP, très lipophiles peuvent entrer dans les cellules en franchissant la membrane plasmique. Une fois dans la cellule, ils s'associent généralement avec des molécules hydrophobes qui participent à sa distribution à travers les compartiments intracellulaires. La plupart des HAP s'accumule préférentiellement dans la mitochondrie et le noyau.

Plusieurs études épidémiologiques en milieu professionnel ont montré que les HAP sont impliqués dans l'apparition de certaines formes de cancers chez l'homme. Le CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer) a réévalué les effets cancérigènes des HAP, et en a classé 15 parmi les substances cancérigènes avérés, probables ou peut-être cancérigènes.

- Le benzo[a]pyrène est classé cancérigène avéré (Groupe 1).
- Trois HAP sont classés cancérigènes probables (Groupe 2A) : le cyclopenta[c,d]pyrène, le dibenzo[a,h]anthracène et le dibenzo[a,l]pyrène.
- Onze autres composés sont classés cancérigènes possibles (Groupe 2B). D'autres composés évalués ont été considérés comme inclassables (Groupe 3).

B-2-2- Les polychlorobiphényles (PCB) :

Les polychlorobiphényles (PCB) sont des composés aromatiques organochlorés synthétisés industriellement. De par leur structure, il existe 209 dérivés théoriques, renfermant 1 à 10 atomes de chlore en différentes positions. Chacun de ces dérivés est appelé un congénère.

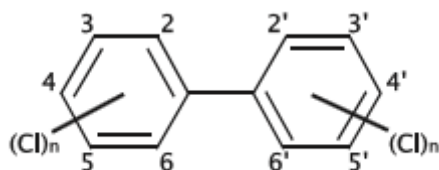


Figure : Structure chimique des polychlorobiphényles

Leur solubilité dans l'eau est extrêmement faible mais ils sont solubles dans les huiles et la plupart des solvants organiques.

Les polychlorobiphényles sont très stables, résistants au feu et très lentement biodégradables (plusieurs dizaines d'années). On les trouve encore pour cette raison sous forme confinée dans les transformateurs électriques, les condensateurs et les fluides hydrauliques de machines. Ils entraient autrefois dans la composition des vernis, encres, peinture, solvants..... En raison de leur très faible solubilité dans l'eau mais de leur forte affinité pour les matières en suspension, et les lipides, ils s'accumulent dans le milieu naturel et se bioaccumulent fortement dans la chaîne alimentaire, par exemple dans la graisse des poissons, des oiseaux marins...et des populations humaines qui les consomment.

- **Distribution dans l'environnement**

Les PCB sont présents dans tous les compartiments de la biosphère, et une grande partie des êtres vivants y sont exposés. Cependant, le milieu aquatique en général (et marin en particulier) est beaucoup plus contaminé que les autres.

De nombreuses études ont montré que les populations humaines les plus contaminées aux PCB étaient celles qui consommaient le plus de poissons. En effet, comme pour de nombreux autres polluants, les PCB vont passer des continents à l'hydrosphère, s'adsorber sur des particules en suspension puis sédimenter lorsque que le courant ne permet plus de les transporter (dans les lacs, les mers ou les océans). Le milieu aquatique (et le milieu marin en particulier) est donc un lieu privilégié pour le piégeage des PCB et leur concentration y est particulièrement suivie dans de nombreux pays.

La dégradation des BPC dans l'environnement varie beaucoup en fonction du degré de chloration du biphenyle, la persistance augmentant avec le degré de chloration. La demi-vie des BPC soumis à la photodégradation varie d'environ 10 jours pour les biphenyles monochlorés à 1,5 an pour les biphenyles heptachlorés.

- **Effets des PCB**

Lorsqu'ils sont présents dans un organisme, les PCB sont présents dans tous les tissus, mais leur quantité est plus importante dans ceux contenant relativement plus de lipides et selon les congénères (certains sont métabolisables) le transport et le stockage dans les organes diffèrent. Une fois dans le cytoplasme, vont se fixer au récepteur Aryl hydrocarbone (Ah). L'association PCB-Ah va ensuite entrer dans le noyau cellulaire et induire une production anormale de protéines: ce phénomène constitue la réponse toxique.

Les preuves de la cancérogénicité des BPC chez les humains sont insuffisantes mais elles sont suffisantes chez les animaux expérimentaux. Les BPC sont donc classés parmi les agents cancérogènes probables pour les humains (Groupe 2A).

B-2-3- Les solvants : Un solvant est un liquide qui a la propriété de dissoudre, de diluer ou d'extraire d'autre substances sans provoquer de modifications chimiques de ces substances et sans lui-même se modifier. Il existe environ un millier de solvants différents.

- **Les solvants chlorés :** exemple : chloroforme, chlorure de méthylène. Leur biodégradabilité est généralement faible ; ils ont une forte persistance et se bioaccumulent. Les effets toxicologiques sont neurologiques et/ ou cancérigène sur le foie et le sang.
- **Les solvants benzéniques :** exemple : le benzène, le toluène et le xylène (BTX) sont les plus connus. Le benzène est le plus toxique de tous. Il se distingue par sa grande toxicité pour les cellules sanguines et les organes qui les produisent (moelle osseuse) ; il est cancérogène.

B-2-4- Les dibenzodioxines polychlorées (PCDD) ou dioxines : de manière générale, les dioxines sont produites par la combustion incomplète de molécules organiques. Actuellement, les principales sources de dioxines sont d'abord la combustion mal contrôlée des déchets, que ce soit par les incinérateurs ou lors d'incendies de décharges, et ensuite l'industrie sidérurgique.

B-2-5- Les benzofurannes polychlorés (PCDF) ou furannes : les furanes sont une famille de molécules chimiques cyclique (hétérocycle aromatique) émis lors de l'incinération de PCB. Certaines d'entre elles sont toxiques pour l'homme et l'environnement.

B-2-6- Les esters de phtalates : ces substances sont utilisées pour améliorer la flexibilité du plastique, dont elles se libèrent facilement, ce qui explique leur présence fréquente dans l'environnement.

Certains micropolluants organiques (comme les PCB, les dioxines, les furannes et certains pesticides) font partie des **POP** (polluants organiques persistants). Catégorie qui regroupe tous les polluants présentant des caractéristiques persistantes (dégradation lente dans les milieux naturels), bioaccumulables (stockage dans les tissus des organismes vivants), toxiques (effets nocifs sur les êtres vivants exposés) et mobiles (transferts dans l'air, l'eau, les sols sur de longues distances).

C- Les micropolluants organométalliques

Les micropolluants organométalliques sont des molécules mixtes dans lesquelles un ion métallique est lié à un groupement organique (Exp. méthyle de mercure) un composé organométallique peut être défini comme un composé dans lequel il existe une liaison métal-carbone.

- **Concept de perturbateur endocrinien**

Le système endocrinien permet de réguler, grâce à des médiateurs chimiques appelés hormones, l'activité métabolique, la reproduction, le développement et le comportement des organismes pluricellulaires. Ce système, particulièrement sensible (les hormones agissent à des concentrations inférieures au nmole/L), peut être affecté par des perturbateurs endocriniens.

Les perturbateurs endocriniens peuvent avoir des effets importants sur la reproduction en affectant la gamétogénèse, le développement des organes reproducteurs, la détermination du sexe, le succès reproducteur ou le comportement des organismes. Ils peuvent aussi être des promoteurs de tumeurs et être à l'origine de cancers.

Lorsque les organismes sont exposés à la contamination chimique pendant l'incubation ou la gestation, le développement de l'embryon peut être affecté. Les substances responsables de ces perturbations sont dites embryotoxiques. En outre, lorsque les contaminants provoquent des malformations de l'embryon (malformations corporelles ou de certains organes), il est alors question de substances tératogènes. La tératogenèse peut provoquer une diminution de la viabilité ainsi que du potentiel reproducteur des individus affectés.

De nombreux micropolluants sont considérés comme des perturbateurs endocriniens. Ainsi, les pesticides organochlorés (DDT, DDE et DDD) ont de graves conséquences sur la reproduction des oiseaux, notamment les oiseaux marins. Ils provoquent un amincissement de la coquille des œufs de ces oiseaux, réduisant ainsi le succès d'éclosion et provoquant un déclin des populations de ces espèces.