

Contenu de la matière

Introduction

Généralités

1. Définition

2. Notion de base

2.1. L'écologie

2.2. Toxicologie

- **Chimie de l'environnement**

3. Objectifs de l'écotoxicologue

4. Domaines d'application de l'éco-toxicologie :

5. Champ d'étude de l'écotoxicologie .

6. Classification des substances toxiques

- **Naturelle :**
- **Synthétique :**

7. Les principaux groupes de substances toxiques

II. Transfert et transformation des toxiques (organique , inorganique, de la source jusqu' au cible vivant (humaines et non –humaines)

Introduction

II.1. Le devenir des polluants dans l'environnement

II.1.1. Biodisponible et non biodisponible

II.1.2. Persistant et biodégradable

II.1.3. Stable et transformé

II.1.4. photodégradation

II.2. Le transfert des contaminants dans les organismes vivants

2.1. Bioconcentration

2.2. biotransformation

2.3. Bioaccumulation

2.4. Substances bioaccumulables :

2.5. Bioamplification (ou biomagnification)

III.1. Classification des effets toxiques

III.2. Effets des polluants sur les êtres vivants

III.2.1. Toxicité aiguë et toxicité chronique

IV. Effets écotoxicité des produits aux laboratoires et terrain

IV.1 . LES ETUDES DE LABORATOIRE

IV.1.1. Les bioessais

IV.1.2. Les microcosmes

IV.2. Etudes in situ

IV.2.1. Les mesocosmes

IV.2.2. Les enceintes matricielles

IV.2.3. Les expérimentations en milieu naturel

V. Etapes dans l'évaluation des risques, identification dose réponse assissent

V.1. Grands principes de l'évaluation de l'écotoxicité

V.2. Evaluation d'un effet toxique

V.3. Les formes d'intoxication

V.4. Mesurer les effets des polluants

V.4.1. L'apport des analyses écotoxicologiques

V.4.2. Différents niveaux d'observation possibles

✓ *les biomarqueurs*

V.4.3. Au niveau de laboratoire, terrain et modélisation :

A. Les analyses écotoxicologiques de laboratoire:

B. *Les analyses de terrain*

C. *La modélisation*

V.5. Principe de précaution et gestion du risque chimique

-Identification des dangers :

- Evaluation du rapport dose-réponse

- Evaluation de l'exposition

- Caractérisation des risques

V.6. Gestion du risque chimique pour l'environnement

✓ La réglementation des produits chimiques

✓ Le REACH

✓ Description résumée des instruments juridiques clés en rapport avec les produits chimiques en Algérie

VI. Approche de la santé humaine et méthode épidémiologique

Introduction

VI.1. Qu'est-ce que l'épidémiologie ?

L'épidémiologie génétique

Les études épidémiologiques « écologiques »

Les biais

VI.4. Facteurs de risque

VI.5. Quelle est la place de l'épidémiologie en santé publique ?

Introduction

L'organisme humain est en relation avec son milieu par un ensemble d'échanges qui contribuent à maintenir un équilibre dynamique. Par exemple, la respiration permet d'absorber l'oxygène de l'air et d'y rejeter du dioxyde de carbone. Quoi que nous fassions, le milieu nous influence et nous l'influencions. Ce principe d'action-réaction signifie que toute action a des conséquences. Le milieu ne constitue cependant pas un tout homogène, mais plutôt un ensemble composé de nombreux éléments, comprenant les produits chimiques (figure1) :

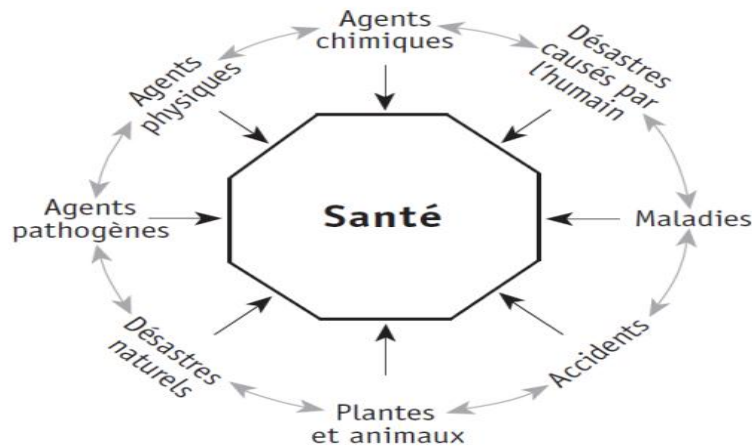


Figure 1 santé humaine est en relation avec son milieu

Généralités

1. Définition

En 1977, Ramade donnait la définition suivante de l'écotoxicologie : » c'est l'étude des modalités de **contamination** de l'environnement par les agents **polluants** naturels ou artificiels produits par l'activité humaine ainsi que de leurs **mécanismes d'action** et **effets** sur les êtres vivants qui peuplent la biosphère » .

Il s'agit de la science qui étudie les effets des facteurs chimiques, physiques et biologiques sur l'ensemble des êtres vivants (microorganismes, végétaux et animaux). En clair, c'est l'étude de l'impact des polluants sur les écosystèmes.

L'écotoxicologie est une discipline située à l'interface entre l'écologie et la toxicologie. Elle est née dans les années 70, suite aux problèmes de santé publique provoqués par la pollution de l'environnement par des substances toxiques.

l'écotoxicologie peut être définie comme le domaine qui intègre les effets écologiques et toxicologiques des pollutions chimique sur les populations, les communautés et les écosystèmes avec le devenir (transport, transformation et dégradation) de es polluants dans l'environnement. (Valery E. Forbes et Thomas L. Forbes)

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)

Le terme écotoxicologie apparaît en 1969 sous la plume du toxicologue René Truhaut et défini en 1997 par Forbes et Forbes

2. Notion de base

2.1. L'écologie

Sciences de l'habitat La science globale des relations des organismes avec leur monde extérieur environnant dans lequel sont incluses au sens large toutes les conditions d'existence. (Haeckel, 1866)

2.2. Toxicologie

C'est l'étude des effets négatifs des produits chimiques sur les organismes vivants. (Klaagen et Eaton, 1991)

- **La toxicologie** provient du terme grec « toxicon » qui signifie « arc ». La toxicologie est la science qui traite des toxiques, de leur nature, de leurs propriétés physiques et chimiques, de leurs actions sur l'organisme, des méthodes pour les rechercher, les identifier et des moyens pour traiter leurs effets nocifs.

- **Poison** vient du mot latin potio = breuvage et est synonyme de toxique, provoque de façon passagère ou durable des troubles d'une ou de plusieurs fonctions, troubles pouvant aller jusqu'à l'annihilation complète et amener à la mort.

- Le terme **empoisonnement** désigne les troubles occasionnés par les poisons lorsque ceux-ci sont administrés dans un but de nuire (acte de malveillance).

- **Toxémie**, il s'applique aux troubles dus à la production des toxines, c'est à dire des substances toxiques produites par des bactéries ou des parasites et véhiculées par le sang.

- **Toxicoses**, quand il s'agit de substances toxiques dues à des perturbations des métabolismes.

- La **toxicodynamie** s'intéresse à l'influence qu'exerce un toxique sur l'organisme et aux facteurs qui interviennent dans la réponse toxique.

- La **toxicocinétique** s'intéresse à l'influence qu'exerce l'organisme sur un toxique. Cette influence découle des processus (**l'absorption**, la **distribution**, le **métabolisme**, **l'élimination**) qui gouvernent le cheminement du toxique dans l'organisme.

- **Polluant**

Un polluant est une **substance naturelle ou artificielle** que l'homme a introduite dans un milieu où elle était absente ou présente en quantité différente.

Exemple d'une « substance polluante d'origine naturelle » : le sel

- **Chimie de l'environnement**

L'étude de la présence des composés chimiques dans le milieu, et de leurs distributions dans les différents compartiments, ainsi que leurs propriétés physico-chimiques dans le milieu.

3. Objectifs de l'écotoxicologie

L'objectif de l'Écotoxicologie est en effet d'évaluer les effets à long terme de certaines pollutions chroniques sur des organismes vivants. L'écotoxicologie a deux objectifs principaux :

- L'étude des mécanismes de contamination d'un milieu naturel.
- L'évaluation de l'impact (pouvant être perceptible au niveau du fonctionnement biologique du milieu) et des effets des polluants sur les différentes populations d'un écosystème.

4. Domaines d'application de l'éco-toxicologie :

_ Domaines alimentaire : que se soit additifs alimentaire, OGM organismes modifiés génétiquement et la vérification des résidus de pesticides alimentaires ;

_ Domaine médicolégal ;

_ Domaines Réglementaire : la loi qui donne une interdiction ou une limitation de l'usage du toxique ;

_ Domaines de l'environnement ;

_ Domaines professionnelle ;

5. Champ d'étude de l'écotoxicologie

l'écotoxicologie se **concentre** notamment sur les **mécanismes d'action des polluants** sur l'ensemble de la **biosphère** :

sources de contamination, circulation entre et dans les écosystèmes, effets sur les biocénoses et perturbations des mécanismes fondamentaux (production primaire, recyclage des éléments, reproduction, etc.).

Ce faisant, l'écotoxicologie permet d'évaluer le risque écotoxicologique (toxicité et exposition) pour les écosystèmes, risque causé par différents agents polluants. il est ainsi possible de mettre en place des mesures de prévention et de suivi de ces agents.

- des **effets toxiques** des agents chimiques ou physiques sur les organismes et les communautés ;
- des **voies de transfert** de ces agents, ainsi que de leurs interactions avec l'environnement.

C'est donc l'étude des **conséquences écologiques** de la pollution de l'environnement par les substances toxiques.

6. Classification des substances toxiques

Selon les critères :

A_ Sa **nature** physique chimique : Organique (biocides) ou minérale (mercure ; plomb)

B_ Sa **cible** : systémique ou spécifique

C_ Sa origine : naturelle ou synthétique

- **Naturelle** : comme les incendies, quelques champignons et le soufre libéré par les volcaniques

- **Synthétique** : Ce sont des substances créées et introduites dans l'environnement par l'activité humaine. Les exemples sont innombrables :

C'est la source anthropique tel que :

-**la production de l'énergie** (pétrole charbon gaze naturel.....)

-**Agriculture intensive** (utilisation des produits chimiques exploitation des sols ce qui l'appauvrit des éléments nutritifs de ce fait l'homme utilise les déchets organiques et minéraux avec excès tel que le nitrâtes ce qui provoque la pollution de la nappe phréatique....etc.).

-**Industrie chimique** les déchets plastique ; les déchets nucléaires ;

-**pesticides** : appliqués sur les cultures, on les retrouve notamment dans les sols et les rivières (ex : le glyphosate, le chlordécone, le DDT, etc.) Les pesticides sont classés selon des critères cible : insecticide ; acaricide

7. Les principaux groupes de substances toxiques :

Les métaux ; Autres micropolluants minéraux ; Les organométalliques ; Les HAP ; Les PCB ; Les diphenyles polybromés (PBDE, PBB) ; Les solvants ; Autres organochlorés ; Les chloroalcanes ; Les chlorophénols ; Les chloroanilines ; Détergents et plastifiants ; Les alkylphénols ; Les phtalates ; Le bisphénol A ; MTBE (méthyl-tert-butyl éther) ; Les biocides, dont désinfectants et conservateurs ; Les produits pharmaceutiques.

- **les PCB (Polychlorobiphényles)** : massivement utilisés des années 1930 aux années 1970 comme lubrifiants pour la fabrication des transformateurs électriques, condensateurs, ou comme isolateurs dans des environnements à très haute tension, ces composés se sont accumulés dans les sédiments de cours d'eau et sont notamment à l'origine de l'interdiction de la consommation de poissons pêchés dans le Rhône.
- **Les CFC (Chlorofluorocarbones)** anciennement utilisés dans les systèmes de réfrigération sont responsables de la destruction de la couche d'ozone (comme illustré ci-contre)
- **Les retardateurs de flamme** (ex : PBDE), additifs utilisés pour minimiser les risques d'incendie des tissus, plastiques, etc.. De nombreux retardateurs de flamme sont suspectés avoir des effets délétères pour la santé et l'environnement.

II. Transfert est transformation des toxiques (organique , inorganique, de la source jusqu' au cible vivant (humaines et non –humaines)

Introduction

Dispersion et circulation Les polluants passent d'un compartiment environnemental à un autre Tout composé, organique ou minéral, peut théoriquement passer dans l'atmosphère. C'est le cas des gaz, bien sûr. Pour les liquides, ce passage s'effectue

sous forme d'aérosols ou par évaporation, pour les solides sous forme de poussières, éventuellement piégées dans les aérosols. Un certain nombre de polluants atmosphériques, après un temps de séjour plus ou moins long et une circulation plus ou moins lointaine, retombent à la surface du globe sous forme de dépôts secs (simple effet de la gravité) ou humides (dissolution ou entraînement par les précipitations). Les dépôts sur le sol sont transportés à vitesse variable vers les eaux superficielles et les eaux souterraines (nappes phréatiques et profondes) par ruissellement, érosion ou infiltration. La « zone d'influence » d'un rejet ou d'un ensemble de rejets d'une substance correspondant au tronçon de rivière dans lequel la substance est présente, avec un effet possible sur la vie aquatique comme sur les usages de l'eau (notamment l'alimentation en eau potable).

La distribution de ceux-ci entre les différents compartiments du milieu (colonne d'eau, sédiment, atmosphère), mais également leur persistance et leur biodisponibilité déterminent le niveau d'exposition aux toxiques que subiront les différentes populations qui y vivent. Dégradation, biodégradation et persistance La plupart des polluants dispersés dans l'environnement sont instables.

II.1. Devenir des polluants dans l'environnement

Plusieurs notions fondamentales en écotoxicologie, qui dépendent à la fois des propriétés de la substance polluante et du milieu dans lequel elle a été introduite.

1.1. Biodisponible et non biodisponible

La biodisponibilité d'une substance chimique désigne **sa capacité à interagir avec les organismes vivants**. Cette notion est très importante dans l'évaluation du risque écotoxicologique dont la pertinence repose notamment sur l'aptitude à **prédire quelle sera la fraction contaminante des micropolluants susceptible d'exercer une action toxique sur les organismes**.

En effet, en particulier dans le milieu aquatique, les mécanismes physiques (transport, diffusion, fixation sur des particules), chimiques (dégradation, liaisons avec d'autres molécules) et biologiques (biodégradation bactérienne, accumulation, digestion, transformation) interagissent et transforment les contaminants qui deviennent plus ou moins accessibles et plus ou moins dangereux (Gourlay-Francé, 2010).

Dans le cas d'une contamination d'un sol par les métaux lourds :

si ces derniers sont essentiellement absorbés (=collés) à la surface des particules, ils sont alors faiblement biodisponibles pour la faune du sol, comme les vers de terre ;

en revanche, si ces mêmes polluants sont dissous dans l'eau présente entre les particules du sol, alors ils sont biodisponibles et potentiellement dangereux pour ces mêmes vers de terre.

A noter que la **biodisponibilité** dépend à la fois **du polluant, de son devenir dans l'environnement mais aussi de la physiologie de l'organisme exposé** : en clair, la biodisponibilité d'un polluant ne sera pas la même pour une plante, pour un poisson, ou pour une moule, car ces trois organismes ne vivent pas au même endroit et ne se nourrissent pas des mêmes éléments.

1.2. Persistant et biodégradable

La **biodégradabilité** est la capacité d'un polluant à être dégradé biologiquement c'est-à-dire par l'action d'organismes biologiques.

La biodégradabilité est très variable selon **les conditions du milieu** (température, humidité, pH, etc.) et selon **la nature du composé**. Prenons trois exemples (U-Picardie.fr, 2002) :

les PCB (Polychlorobiphényles) qui ont pollué de nombreux cours d'eau français ou la Moselle sont très **persistants** (= faiblement biodégradables). En clair, cela signifie que l'activité biologique (notamment les microorganismes) ainsi que la décomposition chimique ne dégradent que très lentement le composé. Les temps de demi-vie (temps pour lequel la moitié du composé est dégradé) des différentes sortes de PCB sont ainsi compris entre 94 jours et 2 700 ans.

le toluène, un hydrocarbure utilisé dans l'industrie chimique, présente un temps de demi-vie dans le sol de seulement 0,5 à 1 jour : il est donc très rapidement biodégradé.

le benzène présente un temps de demi-vie de 5 à 16 jours dans le sol (il est rapidement biodégradé) mais de 10 jours à 10 ans dans une nappe d'eau souterraine (il est persistant).

La **persistance** est la capacité d'une substance à rester dans un milieu sans être physiquement dégradée ni biodégradée ; elle est quantifiable par sa demi-vie (voir glossaire) ; notion à ne pas confondre avec la rémanence, temps pendant lequel elle garde un ou des effets visibles. chaîne alimentaire (ex. : poissons ou oiseaux se nourrissant des vers fousisseurs).

1.3. Stable et transformé

S'il n'est pas biodégradé rapidement, le polluant peut rester sous sa forme initiale (il est stable) ou bien se transformer en un autre composé appelé **métabolite** ou « produit de dégradation ».

En effet, **une fois absorbé par un organisme vivant** (poisson, mollusque, vers de terre, etc.), le polluant peut subir des transformations biologiques appelées **biotransformations**. Ces biotransformations ont pour but de détoxifier les polluants en fabriquant un métabolite moins toxique. Cependant, il peut arriver que ces biotransformations provoquent l'apparition de métabolites plus toxiques que le composé initial (ex : le HAP).

Des transformations peuvent également avoir lieu directement **dans le milieu** (eau, air, sol, sédiment, etc.) sous l'effet des conditions physico-chimiques (température, lumière, présence d'autres composés...) et de l'activité microbienne. De même que dans les organismes vivants, le nouveau composé formé peut être plus ou moins toxique que le composé initial. Par exemple, le pesticide DDT peut se transformer en DDE sous l'effet de l'activité microbienne ; or le DDE est un composé encore plus toxique que le DDT, (Figure 2).

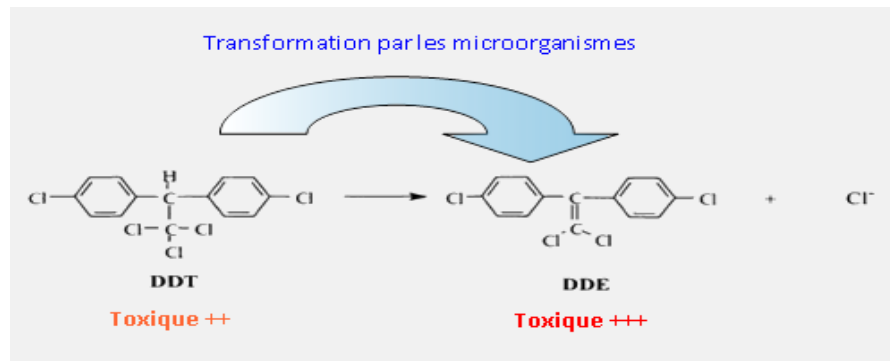


Figure 2 le pesticide DDT peut se transformer en DDE sous l'effet de l'activité microbienne.

1.4. **photodégradation**, due à l'effet direct des rayons UV qui cassent les molécules, la photolyse (décomposition hydrolytique des molécules, catalysée par l'énergie lumineuse), l'hydrolyse ou l'oxydation, ainsi que les réactions acido-basiques pour les composés inorganiques, jouent un rôle prépondérant dans la dégradation.

II.2. Le transfert des contaminants dans les organismes vivants

Lorsqu'on s'intéresse au transfert des contaminants dans les organismes, trois concepts apparaissent comme fondamentaux : la **bioconcentration**, la **bioaccumulation** et la **bioamplification** (Orias, 2015).

2.1. Bioconcentration

Phénomène par lequel un organisme va concentrer une substance en concentration supérieure à celle du milieu, uniquement via **la respiration et la diffusion cutanée** (=passage à travers la peau). Ce milieu peut être l'eau ou le sédiment pour les organismes aquatiques (voir schéma ci-après) ou le sol et/ou l'air pour les organismes terrestres.

Ce processus est le résultat du rapport entre la vitesse de pénétration de la substance dans l'organisme (via la respiration et la diffusion cutanée) et la vitesse d'élimination (via échanges respiratoires, métabolisme et dilution par la croissance) : c'est le **facteur de bioconcentration (BCF)** (Orias, 2015).

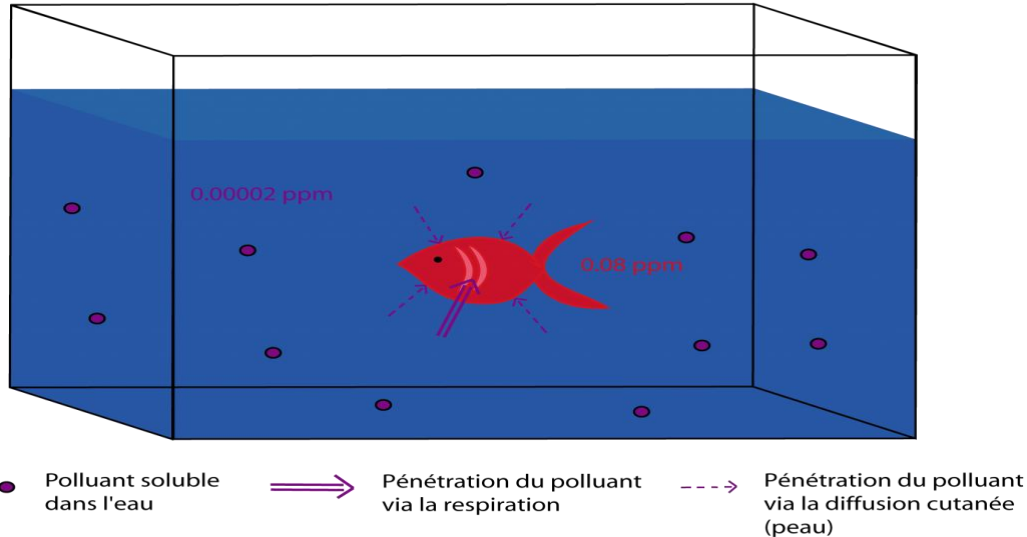


Figure 3 Phénomène de **bioconcentration** d'un polluant, dans des conditions expérimentales (ppm= partie par million = milligramme par litre ou milligramme par kilo) – © Ecotoxicologie.fr – Licence

2.2. **biotransformation** est le phénomène inverse : la concentration décroît lorsqu'on s'élève dans la chaîne trophique. Observé en milieu aquatique, notamment pour les HAP, il est dû à une métabolisation et une excrétion des polluants par les organismes supérieurs.

Réalisons le calcul d'un facteur de bioconcentration à partir de l'exemple ci-dessus :
 $BCF = (\text{Concentration du polluant dans le poisson}) / (\text{Concentration du polluant dans l'eau})$

$$BCF = 0,08 \text{ ppm} / 0,00002 \text{ ppm} = 4\ 000$$

2.3. Bioaccumulation

Phénomène par lequel un organisme va concentrer une substance en concentration supérieure à celle du milieu via **toutes les voies d'exposition y compris l'alimentation**. Ce processus est le résultat du rapport entre la vitesse de pénétration de la substance dans l'organisme (via respiration, diffusion cutanée ET alimentation) et la vitesse d'élimination (via les échanges respiratoires, le métabolisme et la dilution par la croissance) : c'est le **facteur de bioaccumulation (BAF)** (Orias, 2015).

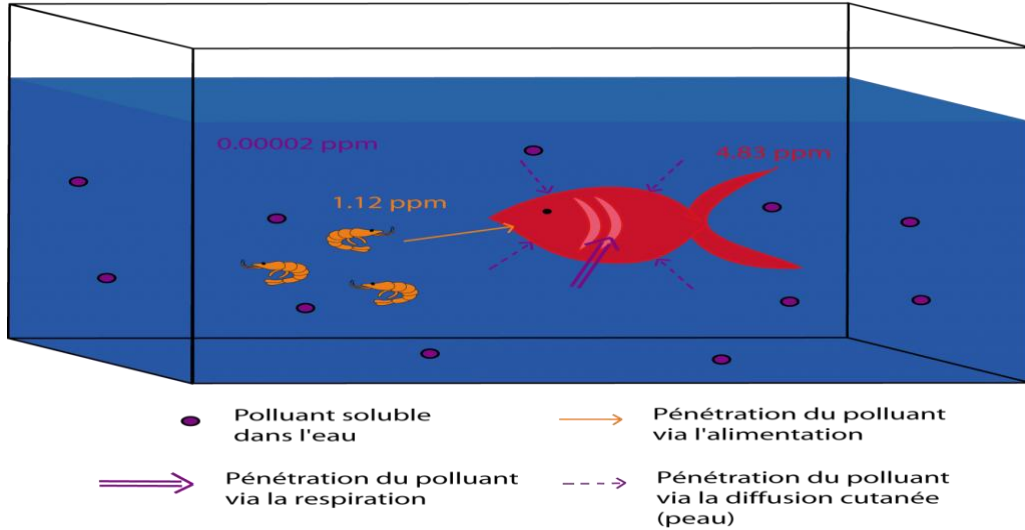


Figure 4 Phénomène de bioaccumulation d'un polluant (ppm= partie par million = milligramme par litre ou milligramme par kilo) – © Ecotoxicologie.fr – Licence : Tous droits réservés

Réalisons le calcul d'un facteur de bioaccumulation à partir de l'exemple ci-dessus :
 $BAF_{poisson} = \frac{\text{Concentration du polluant dans le poisson}}{\text{Concentration du polluant dans l'eau}}$

$$BAF_{poisson} = 4,83 \text{ ppm} / 0,00002 \text{ ppm} = 241\ 500$$

Ce phénomène de bioaccumulation est extrêmement important car si un polluant s'accumule dans un organisme, alors sa concentration augmente au fil de la vie, augmentant ainsi le risque d'effets toxiques.

2.4.Substances

bioaccumulables :

Ce sont notamment les substances lipophiles, c'est à dire les substances qui » aiment » les graisses, au point de s'y accumuler. Pour évaluer si une substance est lipophile ou non, on s'intéresse plus particulièrement au logarithme du Kow : plus le **log Kow** de la substance étudiée est grand, plus cette substance est lipophile. C'est le cas par exemple du Bisphénol A, de l'Octylphénol et du Nonylphénol, 3 produits industriels qui sont susceptibles d'avoir des effets sur la reproduction des animaux.

Une substance non bioaccumulable n'est pas **sans danger pour les écosystèmes** ! parce qu'un polluant ne se bioaccumule pas qu'il n'est pas dangereux. Par exemple, les HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) ne se bioaccumulent que très peu et sont très vite éliminés par l'organisme ; ils induisent cependant des effets toxiques importants.

2.5. Bioamplification (ou biomagnification)

Phénomène par lequel un contaminant se retrouve **en concentration plus importante dans un organisme que dans son alimentation**. On peut ainsi calculer un **facteur de bioamplification** entre deux maillons de la chaîne alimentaire.

Réalisons des calculs de facteurs de bioaccumulation (BAF) et de bioamplification à partir de l'exemple ci-dessus :

$$BAF_{gammare} = \frac{\text{Concentration du polluant dans le gammare}}{\text{Concentration du polluant dans l'eau}}$$

$$\text{BAF}_{\text{gammare}} = 1,12 \text{ ppm} / 0,00002 \text{ ppm} = 56 \ 000$$

$$\text{BAF}_{\text{poisson}} = 4,83 \text{ ppm} / 0,00002 \text{ ppm} = 241 \ 500$$

$$\text{BAF}_{\text{homme}} = 124 \text{ ppm} / 0,00002 \text{ ppm} = 6 \ 200 \ 000$$

Facteur de bioamplification *gammare-poisson* = (Concentration polluant dans le poisson) / (Concentration polluant dans le gammare) = 4,83 ppm / 1,12 ppm = 4,3

Facteur de bioamplification *poisson-homme* = 124 ppm / 4,83 ppm = 25,7

A partir de cet exemple, on comprend aisément comment une substance retrouvée à l'état de trace dans les rivières peut être présente en concentration beaucoup plus élevée chez les grands prédateurs tels que les grands mammifères, certains oiseaux et l'Homme, qui se trouvent **au sommet de la chaîne alimentaire**.

III.1. Classification des effets toxiques

Les effets toxiques peuvent être classés de différentes façons, selon, par exemple :

- la durée : aiguë, chronique;
- le type d'action : locale, systémique;
- le mécanisme d'action : stimulant, inhibiteur ;
- la voie de pénétration : respiratoire, cutanée, digestive;
- le tissu ou l'organe affecté : sang (hématotoxique), foie (hépatotoxique), rein (néphrotoxique), le système nerveux (neurotoxique);
- la nature de l'effet : irritant, sensibilisant, asphyxiant, cancérigène;
- l'utilisation : pesticides, savons, solvants ;
- l'étiquetage : matière corrosive; et
- la famille chimique : hydrocarbures aromatiques, alcools.

III.2. Effets des polluants sur les êtres vivants

Comme nous l'avons vu précédemment, si un polluant se trouve dans le milieu naturel et qu'il est biodisponible, c'est à dire assimilable par les organismes, il est susceptible d'induire des effets sur les êtres vivants... s'il est toxique à la dose à laquelle il est présent.

III.2.1. Toxicité aiguë et toxicité chronique

En toxicologie et en écotoxicologie, on distingue deux types de toxicité ([INERIS.fr, 2019](http://www.ineris.fr)) :

- **la toxicité aiguë (court terme)** correspond aux effets néfastes qui se manifestent après une exposition unique (ou sur quelques heures/quelques jours) à une forte concentration de substance ;
- **la toxicité chronique (long terme)** désigne les effets néfastes qui se manifestent après une exposition répétée, sur une longue durée, à une faible concentration de substance.

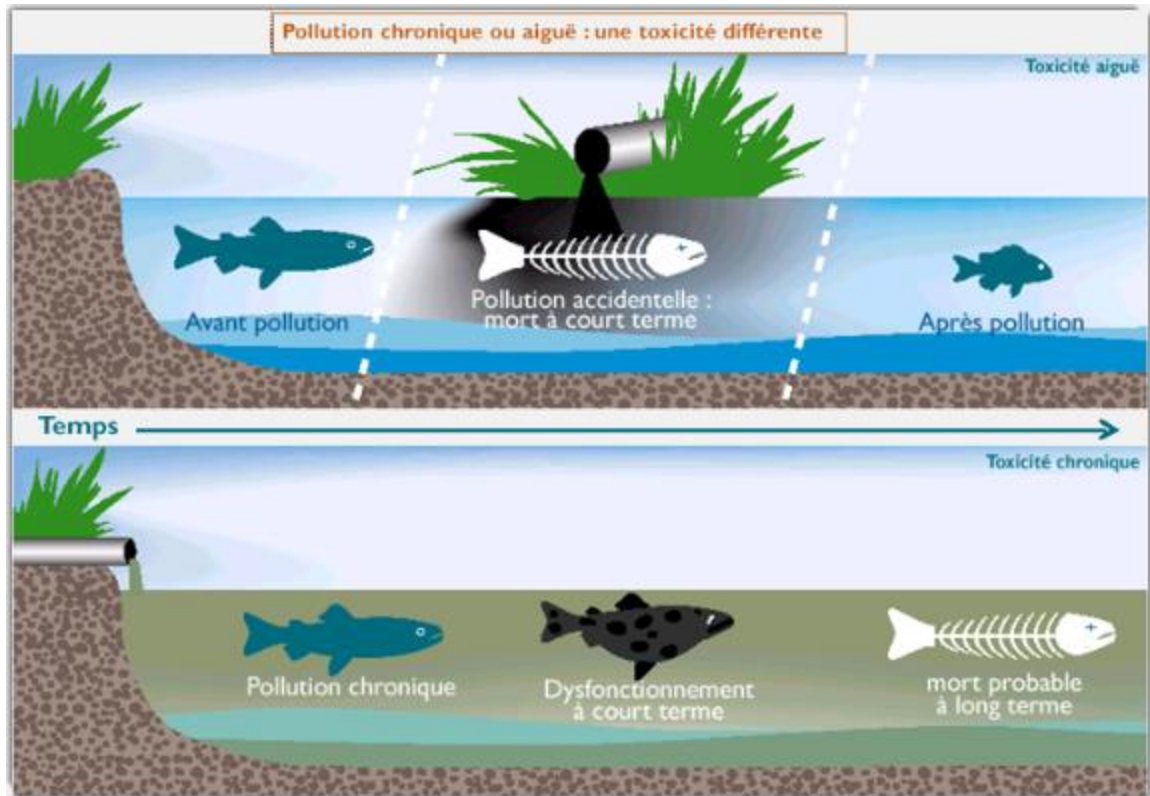


Figure 5 Exemple de Toxicité aiguë et toxicité chronique

2. Quelques exemples d'effets

Les effets des polluants peuvent être très divers. En voici quelques exemples :

- *Altération de la capacité de reproduction des animaux et végétaux*

exemple 1 : le pesticide DDT est à l'origine d'un amincissement de la coquille des œufs de grèbes (une espèce d'oiseaux) qui diminue le succès de la reproduction avec une mortalité accrue des petits .

Affectation de la croissance et de la santé d'un organisme

- *Modification du comportement d'individus*

exemple : une étude a mis en évidence que les résidus d'antidépresseurs présents dans l'eau des rivières altéraient le comportement des perches communes (moins de sociabilité vis à vis des congénères, plus grande activité, appétit plus important, etc.), avec le risque de perturber l'équilibre de l'écosystème dans son ensemble.

- *Augmentation de la mortalité*

exemple : une marée noire entraîne la mort de nombreux oiseaux et organismes aquatiques, comme lors du naufrage du pétrolier Amoco Cadiz en 1978 en Bretagne, à cause duquel au moins 20 000 oiseaux et poissons ont été retrouvés morts ou mazoutés (voir vidéo « Le Monde » ci-dessous).

- *Déséquilibre d'une population*

exemple : de nombreuses études ont mis en évidence un changement de sexe des poissons mâles (un phénomène qui se produit naturellement chez de nombreuses espèces de poissons) dû à la présence, dans l'eau, d'un cocktail de polluants se

comportant comme des hormones sexuelles (certains pesticides, peintures antifouling pour les coques de bateaux, pilule contraceptive, etc.)

IV. Effets écotoxicité des produits aux laboratoires et terrain

L'écotoxicité d'une substance chimique, d'un effluent industriel ou de tout rejet à l'environnement peut être évaluée à l'aide de diverses techniques regroupées schématiquement en deux catégories, les études de laboratoire d'une part et les études en milieu naturel d'autre part (Figure 1).

IV.1 . LES ETUDES DE LABORATOIRE

Les moyens d'étude de l'effet potentiel d'une substance chimique ou d'un effluent vis-à-vis des organismes vivants, développés au niveau du laboratoire sont très divers puisqu'ils vont des essais de toxicité monospécifiques (bioessais) jusqu'à l'emploi de microcosmes.

IV.1.1. Les bioessais

De nombreuses espèces tant animales que végétales, de nombreux critères d'effets (mortalité, inhibition de croissance, immobilisation, ...) ont été étudiés par la communauté scientifique. Ces travaux ont conduit à la définition de divers bioessais de laboratoire dont un certain nombre sont maintenant normalisés. L'objectif d'un bioessai est de déterminer, dans des conditions expérimentales précises, la concentration de toxique ou la durée d'exposition nécessaire pour entraîner un effet déterminé. Ils ont donc pour but la détection et l'évaluation de l'écotoxicité potentielle d'une substance chimique ou de tout autre échantillon vis-à-vis des organismes vivants.

IV.1.2. Les microcosmes

Les microécosystèmes ou microcosmes ont pour but de reproduire, à l'échelle du laboratoire, un écosystème naturel simplifié possédant un nombre réduit d'espèces caractéristiques des principaux niveaux trophiques. La complexité et la taille de ces dispositifs peuvent aller de la simple boîte de Pétri ou du bécher jusqu'à la rivière de laboratoire (Figure 2).

ou terrestres, ou mixtes (aquatique et terrestre). A l'heure actuelle, il n'existe pas de microcosmes « Standard » normalisés. Ces systèmes permettent d'étudier les processus de dégradation des substances chimiques dans l'environnement, leur devenir ou leurs effets écotoxicologiques.

IV.2. Etudes in situ

Les possibilités d'étude de l'écotoxicité des substances chimiques ou des effluents vis-à-vis de la faune et de la flore in situ sont variées et reposent sur l'utilisation de mesocosmes, d'enceintes artificielles ou d'écosystèmes réels.

IV.2.1. Les mesocosmes

Les mesocosmes sont définis comme des écosystèmes artificiels placés dans des conditions environnementales naturelles. L'utilisation de systèmes expérimentaux de

type mesocosmes, peut permettre de mettre en place des scénarios beaucoup plus réalistes du point de vue écologique que les systèmes de laboratoire, tout en permettant de mieux connaître, voire de minimiser, les variations de nombreux paramètres, ce qui facilite l'interprétation de l'éventuelle réponse de certains d'entre eux suite à l'introduction de polluants. Ces systèmes peuvent permettre d'évaluer l'impact des perturbations causées par les échantillons testés à la fois sur des paramètres structuraux et sur des paramètres fonctionnels des écosystèmes.

IV.2.2. Les enceintes matricielles

L'utilisation d'enceintes délimitant une portion d'un milieu naturel réel a pour objectif d'accroître la représentativité des systèmes d'étude. Selon les cas, ces enceintes artificielles isolent une ou deux phases de l'écosystème, la colonne d'eau seule dans le cas des sacs pélagiques ou la colonne d'eau et le sédiment sous-jacent dans le cas des enceintes benthiques ou luminocorals.

IV.2.3. Les expérimentations en milieu naturel

Les expérimentations en milieu naturel Ce sont sans doute les expérimentations pour lesquelles la représentativité écologique serait maximale. Les milieux utilisés pour de telles expérimentations sont très variés, depuis la simple mare jusqu'à l'utilisation de lac en passant par des rizières ou des milieux lotiques plus ou moins importants. Mais, d'un point de vue éthique, l'utilisation de telles expérimentations ne doit pas être encouragée. En effet, même si les informations ainsi obtenues ont une grande valeur scientifique, l'introduction volontaire d'un produit chimique toxique, persistant ou non, dans l'environnement est un non sens écologique.

V. Etapes dans l'évaluation des risques, identification dose réponse assistent

Introduction

Le principe de précaution est devenu un principe juridique de haut niveau pour la gestion des risques pour la santé liés à l'environnement depuis le traité de Maastricht. C'est un principe de décision en situation d'incertitude. En matière de risque chimique, la mise en évidence des effets chez l'homme est un processus long et complexe. L'application du principe de précaution implique donc d'agir avant même d'avoir une certitude complète quant aux effets chez l'homme. La méthodologie de l'évaluation des risques permet de déterminer la probabilité des effets chez l'homme à partir des données expérimentales. Elle dissocie clairement les notions de danger (caractéristique intrinsèque d'une substance) et de risque (probabilité d'occurrence d'un effet). Elle prévoit 4 phases : identification des dangers, évaluation de la relation dose-effet ; évaluation de l'exposition, caractérisation des risques.

V.1. Grands principes de l'évaluation de l'écotoxicité

La recherche en écotoxicologie a permis de mettre au point différents outils permettant de définir la toxicité d'un produit vis à vis des êtres vivants ou encore

d'évaluer l'état d'un milieu naturel. Certains de ces outils sont déjà couramment utilisés: c'est le cas de certains tests écotoxicologiques de laboratoire (**bioessais**) tels que l'essai **daphnie**. D'autres, comme les tests in situ, sont encore à l'état de développement et ne sont appliqués que par les laboratoires de recherche.

Dans ces différents tests, l'écotoxicologie utilise différentes espèces d'organismes vivants que l'on nommera « **espèces sentinelles** ».

Les **espèces sentinelles** sont des organismes choisis comme modèles d'étude afin d'étudier l'effet ou le comportement d'un ou de plusieurs composés (ou d'une pollution) ou de mettre au point une méthode de détection d'une pollution.

Ce sont donc des espèces couramment utilisées lors de tests écotoxicologiques en raison d'un certain nombre de caractéristiques : facilité de manipulation, facilité d'élevage en laboratoire (afin de disposer de stocks d'organismes pour réaliser des expériences), sensibilité à certains types de polluants (comme les perturbateurs endocriniens), représentativité d'une famille d'êtres vivants (les poissons, les mollusques, etc.).

Parmi les espèces sentinelles les plus utilisées en écotoxicologie, on peut citer :

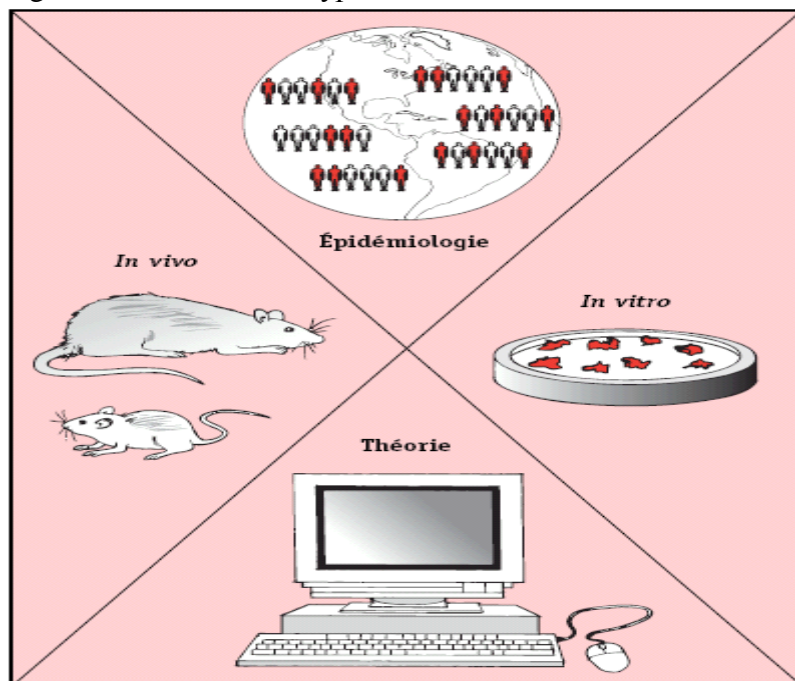
- organismes aquatiques : la daphnie, le gammare, le gastéropode *Potamopyrgus antipodarum*, le poisson zèbre, l'algue d'eau douce *Pseudokirchneriella subcapitata*, le chironome, etc.
- organismes terrestres : le ver de terre *Eisenia fetida*, l'abeille, etc.

V.2. Evaluation d'un effet toxique

L'évaluation de la toxicité s'appuie sur des études **qualitatives** (non mesurables) ou **quantitatives** (mesurables) adéquates. Il existe plusieurs types d'études qui nous permettent d'évaluer les effets d'un toxique. On peut les classer dans quatre catégories (figure 6) :

- les études épidémiologiques, qui comparent plusieurs groupes d'individus ou les études de cas;
- les études expérimentales *in vivo*, qui utilisent des animaux (ex. : lapin, rat et souris);
- les études *in vitro*, effectuées sur des cultures de tissus ou des cellules; et
- les études théoriques par modélisation (ex. : structure-activité).

Figure 6. Les différents types d'études



On utilise fréquemment une terminologie pratique mais arbitraire pour désigner les diverses formes d'intoxication selon la fréquence et la durée de l'exposition (tableau 10).

Tableau

10.

V.3. Les formes d'intoxication

Forme d'intoxication	Fréquence d'administration	Durée de l'exposition
AIGUË	Unique	< 24 heures
SUBAIGUË	Répétée	<= 1 mois
SUBCHRONIQUE	Répétée	de 1 à 3 mois
CHRONIQUE	Répétée	> 3 mois

- **La toxicité aiguë (à court terme)**

Une façon pratique de caractériser la toxicité d'une substance consiste à déterminer sa dose létale 50 (DL50). Cette dose permet d'identifier les symptômes de l'intoxication et de comparer les substances entre elles quant à leur potentiel toxique. Elle sert souvent de point de départ des études de toxicité, car elle fournit un minimum de connaissances.

- **La DL50** correspond à la dose d'une substance pouvant causer la mort de 50 % d'une population animale dans des conditions d'expérimentation précises. On administre généralement le produit à des rats ou à des souris répartis en plusieurs groupes, et ce, à des doses croissantes suffisantes pour obtenir un pourcentage de mortalité s'échelonnant entre 0 % et 100 % (figure 7). Lorsqu'il s'agit d'un toxique

qui est inhalé, on parle de concentration létale 50 (CL50) pour exprimer la concentration du toxique dans l'air inspiré qui cause la mort de 50 % des animaux.

Tableau 1. Comparaison entre l'exposition aiguë ou chronique et l'effet aigu ou chronique

		EFFET	
		AIGU	CHRONIQUE
EXPOSITION	AIGUË	Effet à court terme à la suite d'une exposition à court terme (ex. : irritation cutanée causée par le contact avec une solution très diluée d'acide sulfurique)	Effet à long terme à la suite d'une exposition à court terme (ex. : trouble respiratoire persistant à la suite d'une courte inhalation d'une forte concentration de chlore)
	CHRONIQUE	Effet à court terme à la suite d'une exposition à long terme (ex. : sensibilisation cutanée à l'éthylènediamine à la suite d'un contact pendant plusieurs années)	Effet à long terme à la suite d'une exposition à long terme (ex. : cancer du foie, du poumon, du cerveau et du système hématopoiétique causé par l'exposition à des doses élevées de chlorure de vinyle pendant plusieurs années)

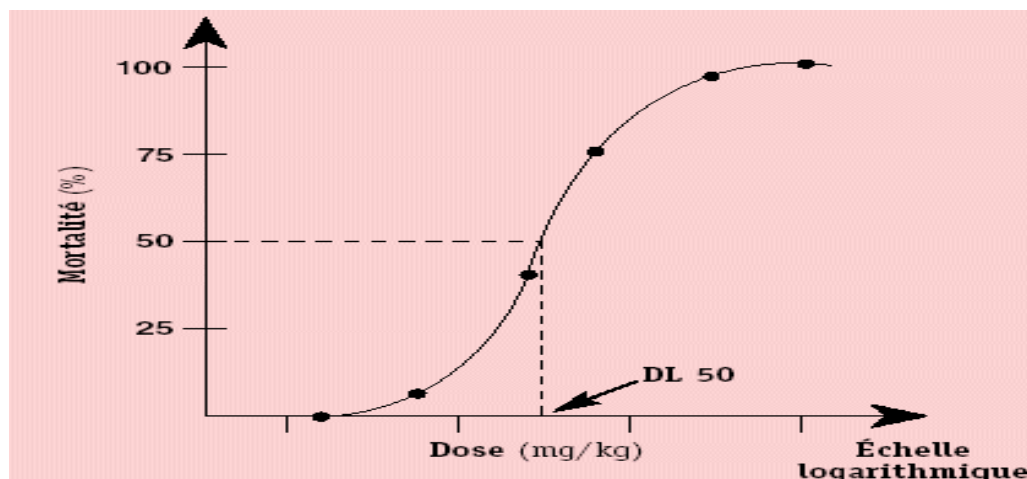


Figure 7 Détermination de la dose létale 50 (DL 50)

- L'indice DL 50** sert fréquemment pour exprimer la toxicité aiguë ainsi que pour classer et comparer les toxiques. Il s'agit d'une appréciation grossière et préliminaire (première analyse) qui peut être influencée par plusieurs facteurs tels l'espèce animale, le sexe, l'âge, le moment de la journée, etc. (tableau 2). Il existe d'autres méthodes d'étude de la toxicité, par exemple les tests d'irritation et de corrosion de la peau et des yeux, qui font généralement partie d'un programme d'évaluation toxicologique.

Tableau 2 Influence de facteurs sur la dose létale 50, et concentration létale 50 de trois produits

Produit (utilisation)	Espèce animale	Dose létale 50 (g/kg) ¹		Concentration létale (ppm/4 h) ²
		Voie orale	Voie cutanée	
Acétone (solvant)	lapin	5,34	20,00	---
	rat	5,80	---	29
	souris	3,00	---	853,00
Acroléine (fabrication de polymères)	hamster	---	---	25,40
	lapin	---	0,20	---
	rat	0,046	---	8,30
	souris	0,028	---	---
Méthanol (solvant)	lapin	14,41	15,80	---
	rat	6,20	---	64,00
	souris	7,30	---	---

1. Quantité exprimée en gramme par kilogramme (g/kg).
 2. Concentration dans l'air exprimée en partie par million (ppm) pour une période de quatre heures (4 h).

- **La toxicité chronique**

Certains effets néfastes peuvent prendre plusieurs semaines ou de nombreuses années avant d'être diagnostiqués et éventuellement se révéler irréversibles (ex. : la neurotoxicité de l'hexane). L'évaluation de la toxicité aiguë ne permet pas de prédire ce type de toxicité d'une substance. Des études destinées à évaluer la toxicité chronique doivent donc être effectuées. Celles-ci durent plusieurs mois ou années et supposent l'administration de plus d'une dose à des intervalles variant selon la méthode employée.

Elles supposent généralement la collaboration de chercheurs de divers domaines scientifiques, comme la chimie, la biochimie, la biologie et la médecine.

V.4. Mesurer les effets des polluants

V.4.1. L'apport des analyses écotoxicologiques

Une analyse chimique permet de révéler la présence et de mesurer la concentration de différents polluants dans un échantillon (ex : 0,2 µg/L du pesticide DDT dans une eau de rivière), ce que ne permet pas une analyse écotoxicologique. En revanche, **une analyse physico-chimique ne permet pas :**

- de savoir si les polluants analysés sont biodisponibles : c'est-à-dire assimilables par les organismes ;
- de connaître la toxicité de ces polluants vis à vis des organismes ;

- d'évaluer les interactions entre les différents polluants

V.4.2. Différents niveaux d'observation possibles

Les effets des polluants sur les organismes vivants peuvent être observés à différentes échelles, comme illustré dans le schéma ci-dessous :

✓ *les biomarqueurs*

Les biomarqueurs ont été largement développés par les écotoxicologues à partir des années 1980, sur poissons puis sur invertébrés et végétaux, pour répondre au besoin de caractérisation de la pression chimique sur les milieux naturels et de mise en évidence de perturbations précoces (Garric, 2009) : ils permettent ainsi de détecter et/ou mesurer les effets d'une pollution de manière **précoce** (=avant que les effets toxiques de la pollution ne soient visibles) et **spécifique**.

L'activité enzymatique EROD est un bon exemple de biomarqueur de présence des polluants HAP, PCB et dioxines chez certains poissons. En effet, cette activité EROD est déclenchée notamment, en cas de biotransformation de ces polluants en métabolites. En clair, lorsque le poisson est contaminé par ces polluants et que ceux-ci sont transformés en de nouveaux produits, l'activité EROD augmente.



Figur 8 Les biomarqueurs permettent de mesurer l'exposition et les effets des polluants sur les organismes (ici : prélèvements de crustacés Gammarus)

V.4.3. Au niveau de laboratoire, terrain et modélisation :

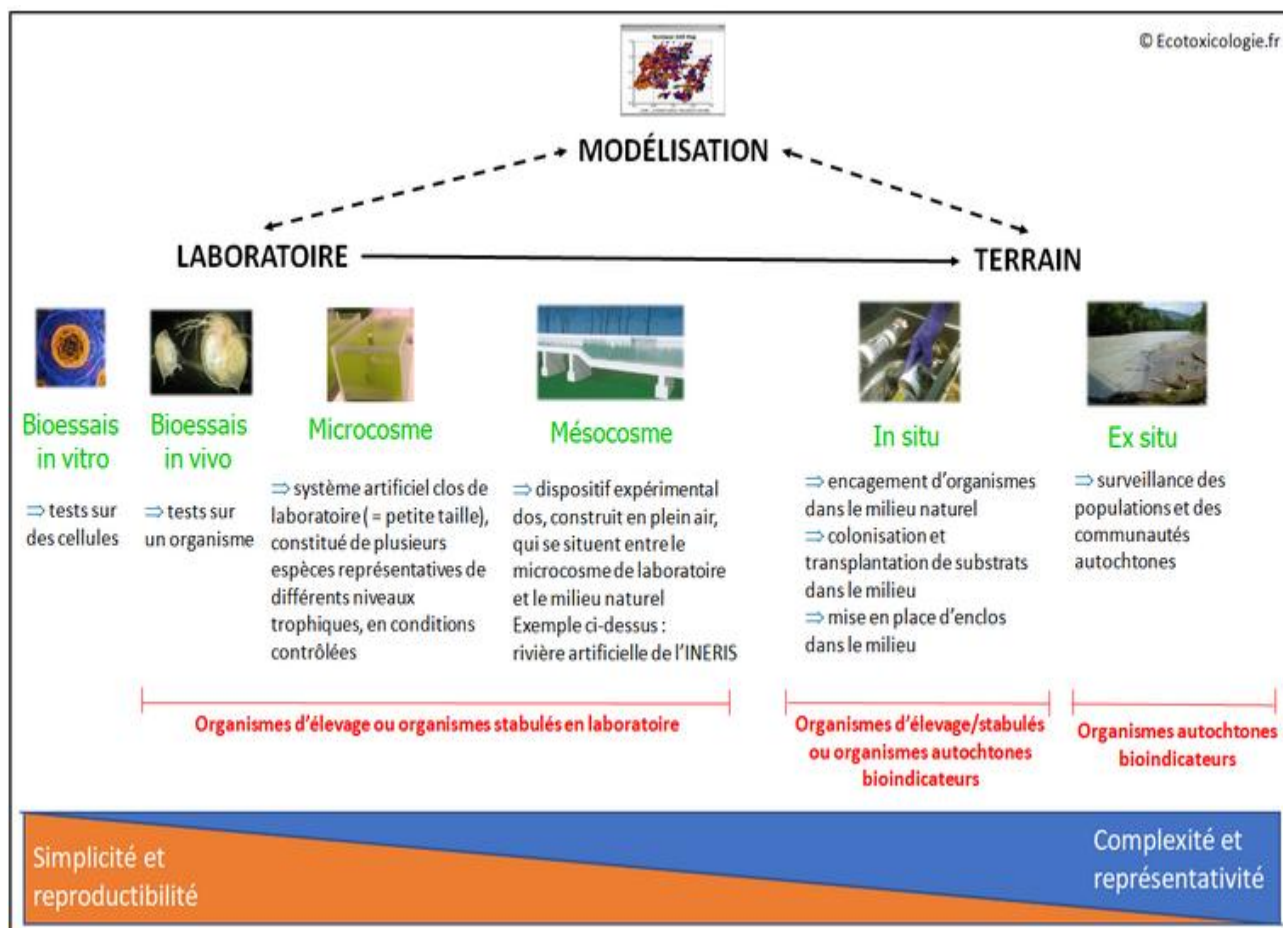


Figure 9 Les outils d'évaluation des effets des polluants (d'après Geffard, 2009 ; Lamonica, 2016 et Vigneron, 2015) – *Stabulation* : maintien d'organismes originaires du milieu naturel dans un laboratoire, en vue d'une expérimentation

Trois approches complémentaires pour l'évaluation des risques

A. Les analyses écotoxicologiques de laboratoire:

Les analyses écotoxicologiques de laboratoire reposent

- **sur l'exposition** de cellules (bioessais in vitro), d'organismes entiers (bioessais in vivo ou in toto) ou de communautés (mésocosmes)...
- **à des contaminants** (une substance, un mélange de substances ou bien un échantillon d'eau, de sol ou de sédiments par exemple)...
- **en conditions contrôlées** : température, taux d'oxygène, salinité, nourriture, lumière, etc.

Il existe une multitude de bioessais, dont certains bénéficient de protocoles normalisés, en particulier les bioessais sur organismes entiers : essai de mobilité de daphnies, essai d'inhibition de croissance des algues d'eau douce, essai d'inhibition de la germination et de la croissance de végétaux, etc.

Remarque : l'utilisation d'un contrôle ou témoin (= sans polluant) est indispensable pour valider le bioessai et pour établir les valeurs de références (voir ci-après)

Ces bioessais permettent d'établir **des valeurs de référence**, très utiles pour caractériser le niveau de toxicité d'une substance ou d'un échantillon et pour établir des réglementations.

- **la concentration sans effets observés CSEO (ou NOEC)** : c'est la concentration en substance/échantillon testé(e) la plus élevée pour laquelle aucun effet significatif par rapport au témoin n'a été observé
- **la concentration minimale avec effets observés CMEO (ou LOEC)** : elle correspond à la concentration la plus petite pour laquelle un effet significativement différent par rapport au témoin a été observé.
- **la concentration efficace CE50 (ou EC50)** : elle correspond à la concentration en substance/échantillon qui engendre un effet de 50 % par rapport aux contrôles (par exemple la mortalité de la moitié de la population testée). Cette valeur est déterminée statistiquement sur la base d'une modélisation.

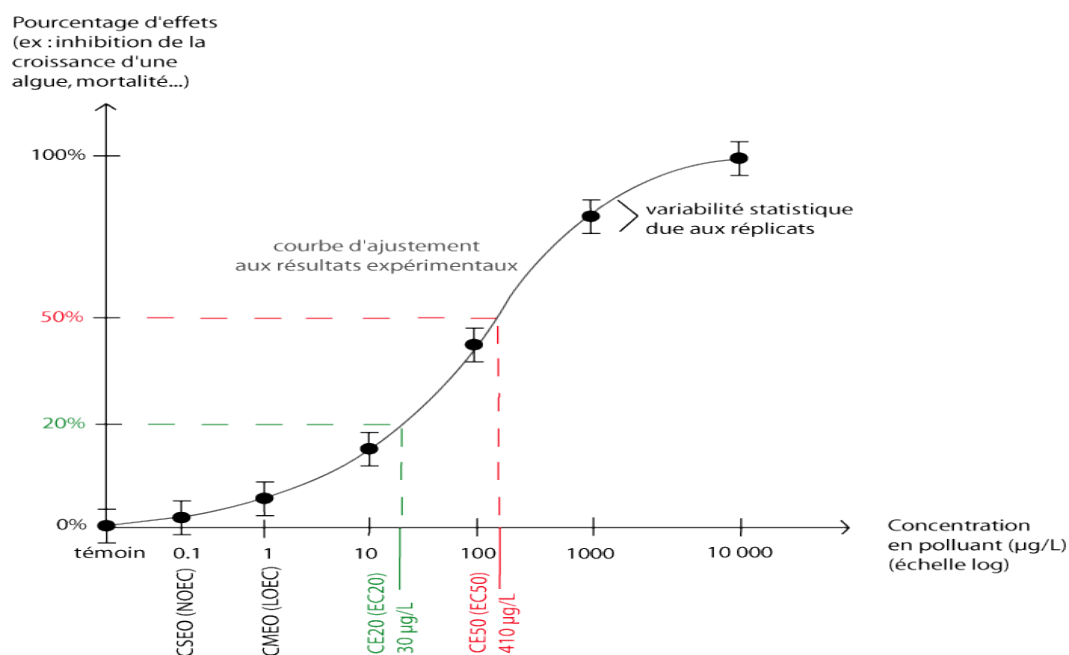


Figure 10 Relation dose-effet et valeurs de référence d'un bioessai – © Ecotoxicologie.fr – Licence : Tous droits réservés

B. Les analyses de terrain

Les analyses de terrain sont plus complexes et moins reproductibles, mais ont l'avantage d'être plus réalistes. On distingue deux méthodes (Geffard, 2009) :

- **les analyses ex situ** : il s'agit de la surveillance des populations et des communautés autochtones
- **les analyses in situ** : ce sont les expérimentations basées sur la manipulation d'organismes dans le milieu naturel (encagement, colonisation, transfert).

C. La modélisation

Enfin, la modélisation est une méthode utile en écotoxicologie pouvant notamment permettre (avec bien sûr des incertitudes...) :

- de prédire l'effet toxique ou le comportement d'une molécule d'après sa structure chimique : par exemple, le modèle QSAR (Quantitative structure-activity relationship) ;
- de prédire l'effet, sur un organisme, d'un mélange de molécules en connaissant l'effet de chacune des molécules qui composent ce mélange.

V.5. Principe de précaution et gestion du risque chimique

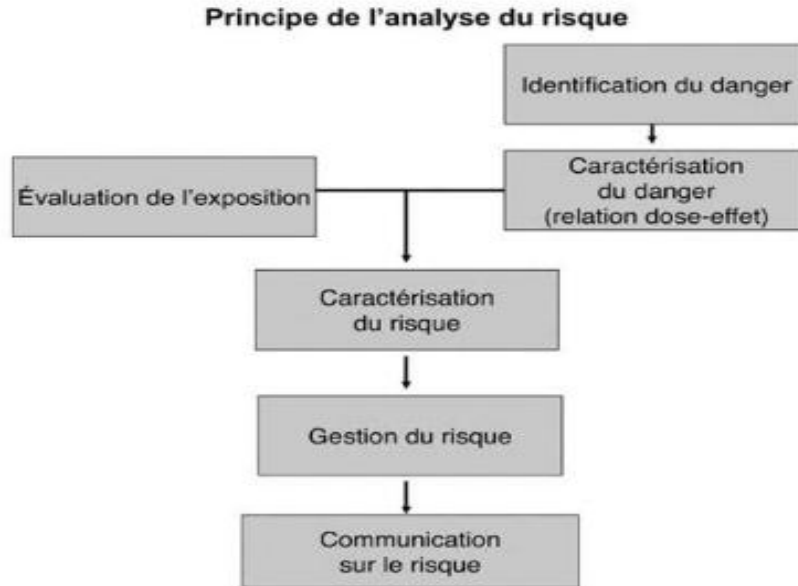
La méthodologie de l'évaluation des risques a été codifiée au début des années 80 par l'Académie des Sciences des Etats Unis (NAS, 1983) et revalidée en 1994 (NAS, 1994)(Figure 1). Elle apporte une réponse technique à l'application du principe de précaution dans le domaine du risque chimique, en ce sens qu'elle fournit une probabilité d'effet chez l'homme et non une certitude, sur la base de laquelle le gestionnaire peut prendre des décisions. Un élément clef est la distinction entre la notion de danger (caractéristique intrinsèque d'une substance) et la notion de risque (probabilité d'occurrence d'un effet). en donnant les définitions suivantes aux 4 phases du processus :

- **Identification des dangers** : identification des effets indésirables qu'une substance est intrinsèquement capable de provoquer.

- **Evaluation du rapport dose-réponse** : estimation de la relation entre la dose ou le niveau d'exposition à une substance, et l'incidence et la gravité d'un effet.

- **Evaluation de l'exposition** : détermination des émissions, des voies de transfert et des vitesses de déplacement d'une substance et de sa transformation ou de sa dégradation afin d'évaluer les concentrations/doses auxquelles les populations humaines ou les composantes de l'environnement (le milieu aquatique, le milieu terrestre et l'air) sont exposées ou susceptibles d'être exposées.

- **Caractérisation des risques** : estimation de l'incidence et de la gravité des effets indésirables susceptibles de se produire dans une population humaine ou une composante de l'environnement en raison de l'exposition, réelle ou prévisible, à une substance ; la caractérisation peut comprendre « l'estimation du risque », c'est à dire la quantification de cette probabilité.



V.6. Gestion du risque chimique pour l'environnement

Le danger de ces produits sont surtout environnementaux car ils ne sont pas biodégradables et peuvent être trouvés dans l'air, le sol ou les cours d'eau. Une exposition courte ne permet pas d'avoir des problèmes de santé pour l'homme. Mais, lors d'une exposition aiguë à forte dose, des irritations de la peau ou des troubles plus graves peuvent exister. Par contre, si les effets sont répétés, ils peuvent entraîner des dommages sur la santé de la personne. Les PCB sont classés en tant que substances probablement cancérigènes pour l'homme.

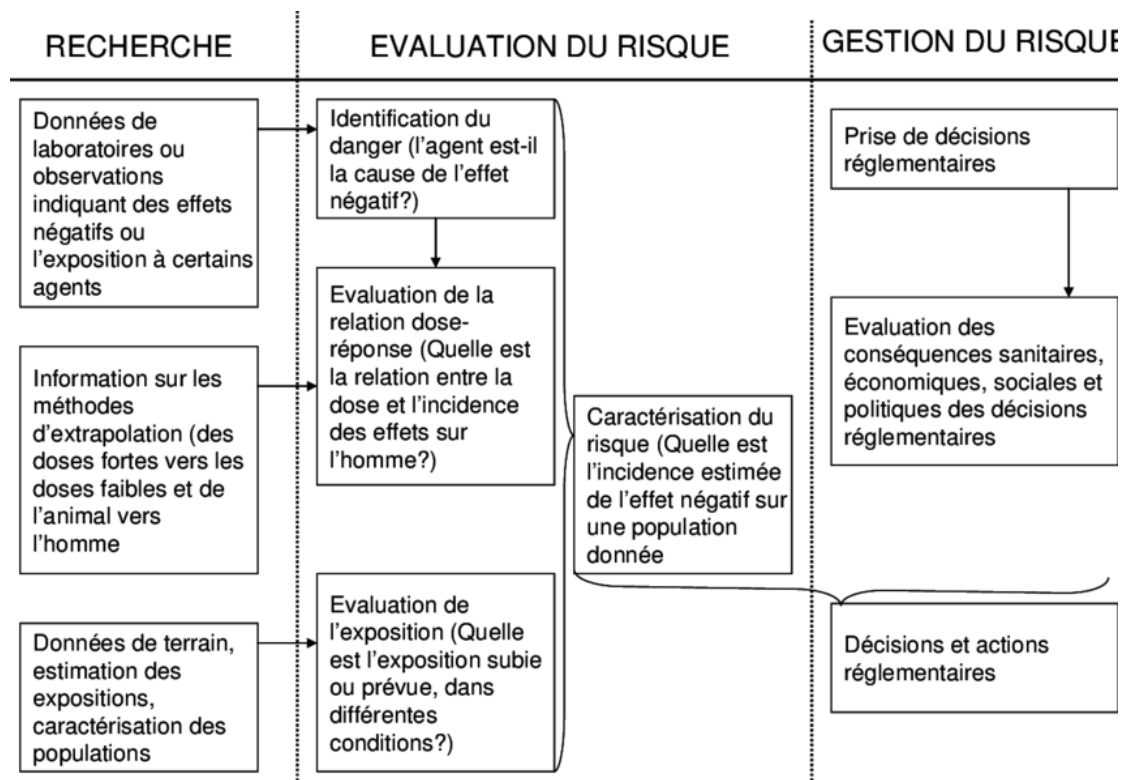
✓ **La réglementation des produits chimiques**

La réglementation va servir à assurer un niveau de protection élevé de l'être humain, animaux et environnement.

✓ **Le REACH** est un règlement de l'Union européenne créé en 2007 afin de protéger la santé humaine et l'environnement contre les risques chimiques. Cette réglementation est appliquée pour toutes les substances chimiques que ce soit dans un cadre industriel ou pour la vie quotidienne. C'est aux entreprises de d'identifier et gérer les risques des produits chimiques qu'elles exploitent ou produisent dans l'UE. De plus, elles doivent communiquer lors de la vente ou utilisation les différents dangers aux usagers.

Si les risques ne peuvent être maîtrisés, la substance utilisée par l'entreprise peut se voir interdite, ou dans des cas moins graves, peut avoir une utilisation restreinte.

Paradigme de l'évaluation des risques
(figure 1, Académie des Sciences, USA, 1983)



✓ **Description résumée des instruments juridiques clés en rapport avec les produits chimiques en Algérie**

La classification et l'étiquetage des produits chimiques sont disponibles au Ministère de l'Industrie.

La classification des déchets de produits chimiques est établie conformément au décret exécutif n° 06-104 initié par le ministère de l'environnement fixant la nomenclature des déchets, y compris les déchets spéciaux dangereux.

Le contrôle de l'application des textes réglementaires est effectué par les directions de wilaya des différents secteurs.

Concernant les déchets de produits chimiques, la nomenclature des déchets y compris les déchets spéciaux dangereux (Décret exécutif n°06-104) fixe la codification et les critères de dangerosité de ces déchets.

Un arrêté conjoint des ministères de l'environnement et des transports est en cours d'examen, il fixe les caractéristiques techniques de l'étiquetage des déchets spéciaux dangereux (déchets de produits chimiques).

Le secteur industriel a entamé des démarches de motivation afin de minimiser les risques liés aux produits chimiques, en application des dispositions législatives et réglementaires, et ce après l'apparition des lois et de leurs textes d'application dans les journaux officiels. Il est à noter que plusieurs textes réglementaires sont en cours

d'élaboration par les différentes structures ministérielles mais leur mise en œuvre ne sera applicable qu'après leurs adoption et publication dans le journal officiel.

Les textes réglementaires et législatifs résultants directement des conventions ou accords internationaux sont :

Décret Présidentiel n° 92-354 portant adhésion, à la convention de Vienne pour la protection de la couche d'ozone, signé à Vienne.

Décret Présidentiel n° 92-355 portant adhésion, au protocole de Montréal relatif à des substances appauvrissant la couche d'ozone, signé à Montréal ainsi qu'à ses amendements Londres 27 et 29 juin 1990 .

Décret Présidentiel n°98-158 portant adhésion, avec réserve, de la République Algérienne Démocratique et Populaire, à la convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et de leur élimination.

Décret Présidentiel n° 04-141 Portant ratification des amendements à la convention pour la protection de la mer Méditerranée.

Loi n° 03-09 portant répression des infractions aux dispositions de la convention sur l'interdiction de la mise au point, de la fabrication, du stockage et de l'emploi des armes chimiques et sur leur destruction

Décret Présidentiel n° 95-157 portant ratification de la convention sur l'interdiction de la mise au point, de la fabrication, du stockage et de l'emploi des armes chimiques et sur leur destruction

Décret Présidentiel n° 97-125 portant création, organisation et fonctionnement du comité interministériel chargé de la mise en oeuvre de la convention sur l'interdiction de la mise au point, de la fabrication, du stockage et de l'emploi des armes chimiques et sur leur destruction.

VI.Approche de la santé humaine et méthode épidémiologique

Introduction

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a défini, dans le préambule de sa constitution, la santé comme « un état de complet bien-être physique, mental et social, et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité ».

Quand un problème de santé (maladie) devient-il une priorité de santé publique ? Une maladie pose un problème de de santé publique ou devient une priorité de santé publique si elle est :

- **Grave** :estimation de la gravité d'une maladie en fonction de son taux de létalité (mortalité), de la survenue de séquelles et d'incapacités.
- **Fréquente** (Ampleur) : nombre de cas par mois.
- **Impact socio-économique** : estimation du coût du traitement et donc de la charge incombant aux familles pour se soigner.

- **Perception sociale.**

VI.1. Qu'est-ce que l'épidémiologie ?

Le mot « **épidémiologie** » provient du grec *epi* = « au-dessus », « parmi » ; et *demos* = « peuple », « district » ; *logos* = « mot », « discours »,.

Il existe plusieurs définitions pour l'épidémiologie. On peut citer pour illustration celle de Mac Mahon : « Étude de la distribution et des déterminants d'une maladie dans des populations humaines, et application des résultats de cette étude dans la lutte contre cette maladie. » et celle de Jenicek : « L'épidémiologie est un raisonnement et une méthode propres au travail objectif en médecine et dans d'autres sciences de la santé, appliqués à la description des phénomènes de santé, à l'explication de leur étiologie, et à la recherche des méthodes d'intervention les plus efficaces ».

l'épidémiologie étudie les variations de fréquence des maladies dans les groupes humains et recherche les déterminants de ces variations

l'épidémiologie décrit les variations de fréquence des maladies dans les groupes humains, et recherche les déterminants de ces variations. Elle vise à la compréhension des causes des maladies, et à l'amélioration de leurs traitements et moyens de prévention.

VI.2. Les champs d'application

on distingue deux champs d'application :

VI.2.1 l'épidémiologie de population ou « classique » elle concerne les études épidémiologiques en population générale. Elles ont pour objectif l'élaboration de stratégies en santé publique. Et sont fondées sur la description et la mesure des phénomènes de santé dans une population

VI.2.2 l'épidémiologie clinique ou « recherche clinique » il s'agit des études épidémiologiques sur des populations de patients en vue d'améliorer les connaissances et techniques médicales en vue de leurs applications à l'activité clinique courante. (permettant l'amélioration des connaissances et stratégies médicales, ainsi que l'évaluation de leurs applications dans le cadre d'activités cliniques).

VI.3. Méthodes d'étude épidémiologique

La principale distinction entre les méthodes d'études *in vitro* et *in vivo* et les méthodes d'étude épidémiologique réside dans sa nature observationnelle, par opposition au caractère expérimental de la toxicologie. La nature observationnelle de l'épidémiologie implique que l'exposition n'est pas randomisée (attribuée aléatoirement à chaque sujet), mais qu'elle est constatée, et est le fait de sa situation

personnelle (lieu de vie, comportements, caractéristiques sociodémographiques). La conséquence est que la répartition des facteurs de risque de la maladie (autres que l'exposition considérée) peut différer entre les groupes de sujets comparés, ce qui peut entraîner ce que les épidémiologistes appellent un biais de confusion ;

VI.3.1. Les 3 branches de l'épidémiologie

les différentes branches ou catégories de l'épidémiologie :

L'épidémiologie descriptive :

Elle a pour objectif d'étudier la fréquence des problèmes de santé dans les populations et de mesurer la variation de leur répartition en fonction des phénomènes susceptibles de les influencer (l'espace, le temps, les caractéristiques des populations concernées, ...). La connaissance de l'état de santé des populations s'exprime à partir d'indicateurs de santé.

L'épidémiologie analytique : Elle a pour but d'analyser le rôle des facteurs susceptibles d'influencer l'incidence des phénomènes de santé. Ces facteurs sont appelés « facteurs de risque ». Leur connaissance permet une recherche des moyens de lutte ou de prévention. De manière générale, les méthodes employées consistent en des comparaisons de groupes de sujets diversement exposés aux facteurs dont on cherche à analyser le rôle et parmi lesquels certains sont atteints de la maladie et d'autres indemnes. Les études épidémiologiques analytiques qui évaluent le risque relatif sont de trois types : étude de cohorte ; étude cas-témoins ; études expérimentales ou essais .

L'épidémiologie évaluative ou d'intervention : Elle a pour objet d'étudier les effets des interventions préventives ou curatives dans le domaine de la santé. Les interventions en santé publique se définissent comme des actions visant à améliorer l'état de santé d'un groupe (prévention primaire, secondaire ou tertiaire). Est exclue l'évaluation de thérapeutiques appliquées au niveau individuel (essai thérapeutique). L'épidémiologie évaluative a recours idéalement à des enquêtes de type quasi expérimental (à rapprocher des méthodes mises en œuvre en recherche clinique), à défaut à des études de type « avant-après » ou « ici-ailleurs » qui comparent un groupe ayant bénéficié de l'intervention et un autre qui n'en a pas bénéficié. Ces différents éléments peuvent être résumés sur le schéma suivant :

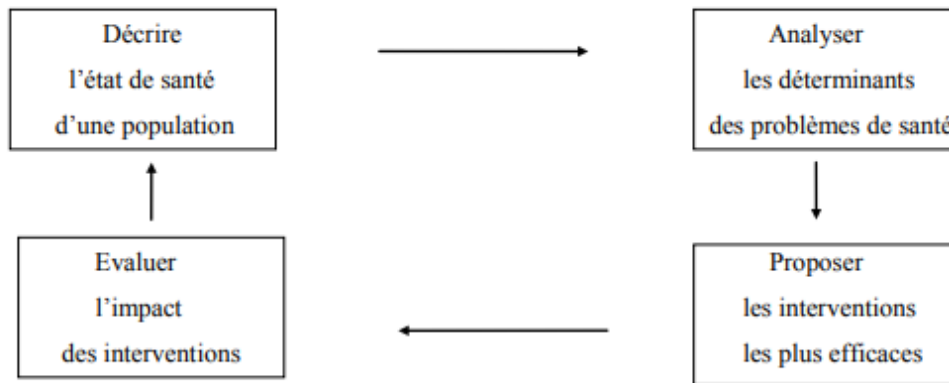


Figure 11 : « Le cycle de l'épidémiologie »

Pour explorer les domaines d'investigation de l'épidémiologie, il peut être nécessaire de faire appel à d'autres disciplines, en particulier :

- les sciences sociales, pour comprendre les raisons et les conditions de l'exposition des personnes à des facteurs défavorables pour la santé,
- les sciences de l'environnement, pour décrire le milieu de vie des populations,
- les sciences biomédicales, pour étudier les mécanismes qui vont de l'exposition aux risques à l'apparition de la maladie.

VI.3.2. Les études épidémiologiques analytiques

Les épidémiologistes distinguent deux grands schémas d'études dans la recherche des facteurs de risque :

- **les études de cohorte ou** enquête exposés / non exposés, dans leur principe, comparent le devenir de deux groupes de sujets : l'un exposé aux facteurs de risque étudiés et l'autre non exposé. Ces études sont « prospectives » car elles suivent l'histoire d'un sujet depuis son exposition aux facteurs de risque suspectés jusqu'au moment de sa maladie. On parle de « cohorte historique », quand le point de départ commence dans le passé (on parle aussi d'étude prospective « non concurrente ») ;
- **est l'étude cas-témoins** dans laquelle on compare des cas d'une maladie à des témoins judicieusement choisis en ce qui concerne leurs expositions passées aux facteurs de risque d'intérêt. Ces études sont aussi appelées « rétrospectives » (car, sur le plan temporel, elles partent du présent (la maladie) et recherchent dans le passé l'exposition à des facteurs de risque).

VI.3. 3. Autres méthodes épidémiologiques :

- **l'expérimentation**, qui comprend principalement les essais randomisés thérapeutiques et de prévention, a pris une importance décisive en médecine et en santé publique. Ce domaine est en forte croissance et diffuse dans toutes les disciplines médicales. On ne peut plus le considérer comme relevant exclusivement de l'épidémiologie, sauf en ce qui concerne la recherche méthodologique ;

L'épidémiologie génétique L'étude des facteurs de risque génétique est effectuée dans le cadre d'une sous-discipline identifiée de l'épidémiologie, avec laboratoires, journaux et sociétés savantes.

Les études épidémiologiques « écologiques » Dans les « études écologiques », on étudie la relation éventuelle entre un facteur de risque et une maladie, en étudiant leur corrélation à partir de données agrégées sur des unités géographiques et non pas à partir de données collectées au niveau de l'individu. On a analysé ainsi les variations de mortalité par cause cardiorespiratoire dans un certain nombre de villes américaines (Samet et al., 2000) ou européennes (Katsouyanni et al., 1997) en fonction des taux de pollution moyens relevés dans ces sites. Les résultats des « études écologiques » sont considérés avec prudence par les épidémiologistes du point de vue de leur capacité à découvrir des relations causales. En effet, deux paramètres peuvent être corrélés géographiquement sans l'être au niveau individuel. Les études écologiques permettent, en tout cas, de générer des hypothèses. Un exemple récent et intéressant d'hypothèse générée ainsi est celui de la relation observée entre la baisse de l'incidence de certaines pathologies infectieuses et, corrélativement, la hausse des maladies à forte composante immunitaire (asthme, diabète type-1, maladie de Crohn, sclérose en plaques) (Bach, 2002).

Les biais

Les biais sont des erreurs méthodologiques ayant comme conséquence systématique de produire des estimations supérieures ou inférieures à la valeur réelle des paramètres étudiés, plusieurs types de biais : Le biais de sélection (ou de population) , Le biais de mesure (d'investigation, ou d'information) et Le biais de confusion concerne une mauvaise analyse ou un facteur incriminé qui n'a aucun lien de causalité avec le phénomène observé.

VI.4. Facteurs de risque

Les facteurs de risque considérés peuvent être génétiques, biologiques (hypertension artérielle, glycémie, ...), comportementaux (régime alimentaire, tabagisme, . . .), environnementaux (exposition professionnelle, exposition à des polluants, . . .), psychologiques ou sociaux. Ils peuvent être individuels ou collectifs. La consommation de tabac, le taux de cholestérol sanguin, sont des facteurs de risque individuels ; l'exposition aux radiations naturelles dans le lieu de résidence est un facteur de risque collectif.

VI.5. Quelle est la place de l'épidémiologie en santé publique ?

L'épidémiologie vise à quantifier l'état de santé des populations, permettant ainsi :

- L'identification des problèmes de santé
- La priorisation des problèmes de santé
- La planification d'actions pour résoudre ces problèmes
- L'évaluation des actions mises en place