

INTRODUCTION

Ces dernières années, l'évaluation des risques des produits chimiques (produits et utilisés) s'est réunie sur les dommages potentiels sur l'Homme.

Progressivement, on s'est rendu compte des implications écologiques de pollutions à large échelle et de la nécessité absolue de sensibiliser la population et d'y prêter attention.

Suite aux dommages écologiques causés par

- la déforestation
- la production agricole excessive,
- la consommation excessive d'énergie, etc.....

Ainsi, de nombreuses substances chimiques sont venues à menacer la diversité biologique, l'intégrité des écosystèmes et l'existence même de l'Homme.

La prise de conscience de ces problèmes s'est développée à partir d'une série d'accidents :

- De Tchernobyl (1986)
- L'affaire de la dioxine en Belgique (1999)
- Les accidents nucléaires de Fukushima (2011)
- Les déversements massifs de divers produits chimiques dans l'environnement, etc.....

Et donc une prise de conscience de la société des conséquences tant écologiques qu'économiques liées à de tels désastres.

Les problèmes rencontrés sont très variés, du fait de la diversité des polluants et de leurs effets et des différentes échelles géographiques auxquelles se produisent les contaminations. L'entrelacement des impacts est complexe.

L'évaluation des risques doit s'adapter à cette diversité et se développer de manière interdisciplinaire. Elle met en jeu des connaissances, des techniques et des procédures issues de tous les domaines de la science.

L'évaluation des risques est perçue comme la part objectivable de problèmes qui nécessitent des interventions à diverses échelles.

Chaque année, l'industrie (chimique, pharmaceutique, cosmétique, alimentaire, etc.,,,,) produit des centaines de nouveaux produits sur le marché.

D'où l'importance de connaître **l'innocuité** (ce qui n'est pas nuisible) ou **la nocivité** (ce qui est nuisible) des produits, pour comprendre les effets sur notre santé et sur l'environnement.



Nécessite:

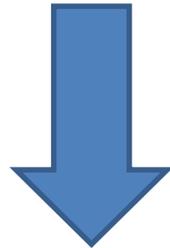
- une certaine connaissance des notions et
- des principes propres à la toxicologie

La toxicologie s'intéresse à plusieurs secteurs de l'activité humaine: l'agriculture, l'alimentation, l'industrie pharmaceutique, l'environnement, les milieux de travail, etc.

La toxicologie fondamentale fait appel à une multitude de connaissances scientifiques (mathématiques, statistique, physico-chimique, biologique, médicale) et prend en compte les effets néfastes de produits chimiques sur les êtres vivants.

Toxicologie

- Identifie le danger
- Analyse le risque lié à l'exposition des organismes vivants aux xénobiotiques (agents chimiques, physiques et d'origine biologiques)
- dans le but de définir les modèles expérimentaux moléculaires, cellulaires et intégrés ainsi que des modèles bio-informatiques.



Mettre en œuvre des procédés thérapeutiques appropriés et de mesures de prévention.

Toxicologie :

Etude des propriétés, du devenir dans l'organisme, du mode d'action et de la prévention du caractère nocif des xénobiotiques

Xénobiotiques

Substances chimiques ou biologiques ou physiques exogènes introduites dans un organisme vivant.

Substance toxique

Une substance est toxique lorsqu'elle provoque une fois qu'elle a pénétré dans l'organisme:

- des troubles d'une ou de plusieurs fonctions vitales, pouvant aller jusqu'à leur suppression complète et amener la mort (effets délétères sur l'organisme)
- de façon passagère ou durable,
- à court, à moyen ou à long terme,
- quelque soit la voie de pénétration,
- à dose relativement élevée, administrée en une fois ou plusieurs fois très rapprochées, ou par petites doses longtemps répétées

« Seule la dose fait le poison
» Paracelse (1493-1541)



« Seule la dose juste permet de distinguer
un médicament d'un poison »

Plusieurs formes de toxicité

- **En fonction du site d'action**

- **toxicité locale** :

HCl \Rightarrow OAP lésionnel, brûlure (irritants ou corrosifs)

- **toxicité systémique** : effets généraux dans l'organisme en totalité ou sur des organes cibles (foie, reins, système nerveux, système digestif, os, système sanguin, etc.)

HCN \Rightarrow inhibition respiration cellulaire

CO \Rightarrow poison de l'hémoglobine

(Le monoxyde de carbone (CO) entre en concurrence avec l'oxygène pour se lier à l'hémoglobine (dans les hématies circulantes)..

- **toxicité mixte** : H₂SO₄ \Rightarrow OAP lésionnel + inhibe respiration cellulaire

Ex: Acide cyanhydrique ou acide prussique



- Produit toxique, mortel par anoxie, existe sous diverses formes et est utilisé comme herbicide et rodenticide.
- L'intoxication aigüe peut survenir **par ingestion, inhalation, ou contact avec la peau.**
- Une cc de 300 ppm dans l'air tue un homme en quelques mn.
- Sa toxicité est due à l'ion cyanure.
- Peut se former au contact d'un **acide et d'un cyanure alcalin** comme le **cyanure de potassium** (utilisé entre autres par les entomologistes en mélange avec du plâtre pour tuer les insectes).

▪ En fonction du mode d'action

- Toxicité aiguë → à court terme (action rapide)
AsH₃ (gaz Arsine) ⇒ hémolyse fatale

Pour les essais de toxicité aiguë, les résultats sont généralement exprimés par une CE 50 (Concentration Efficace). La CE 50 est la concentration pour laquelle les effets sont observés pour 50 % des individus testés.

Les effets observés sont, par exemple, la létalité (le «E» est alors remplacé par le «L» CL50) ou l'inhibition de la mobilité (le «E» est alors remplacé par le «I» CI 50).

1. Les tests de DL50 et CL50 sont des tests dépendants du temps (24 h à 96 h).
2. Ne reflètent pas les conditions environnementales.
3. Ces tests sont hautement spécifiques et les résultats ne sont pas extrapolables à d'autres espèces.

Effets de diverses teneurs en AsH₃

Teneurs en arsine
(exprimé en ppm)

État de santé et effets sur l'homme

250

▶ Fatal en quelques minutes

11

▶ Seuil d'effets létaux après 30 minutes

1

▶ Seuil d'odeur perceptible

0,5

▶ Apparition des premiers symptômes non spécifiques

0,2

▶ Valeur limite d'exposition (15 minutes)

Parmi les substances à effet toxique aiguë:

- Anhydrides arsénieux,
- Dioxines,
- Soude caustique,
- Overdose d'héroïne,
- Barbiturique,
- Organophosphorés,
- Monoxyde de carbone,
- Cyanure, etc....

En cas de traitement **les effets peuvent être transitoires ou complètement réversibles** .

- **Toxicité subaiguë/ subchronique (à court terme) :**
Exposition en un temps court à plusieurs doses importantes (de 1 à 3 mois) : Paraquat ⇒ fibrose pulmonaire en 8-10 jours

a. Tétrachlorure de carbone (CCL₄) autrefois utilisé comme détachant et agent extincteur dont la cible principale est le foie où il subit une biotransformation.

Suite à une intoxication grave on a **une hépatite suivie d'une cirrhose puis un cancer du foie**

b. Autres produits chlorés tels que :
Les Chlorofluorocarbures (CFCs) sont des composés organochlorés volatils, composés de 2 à 4 atomes de carbone, dont **les atomes d'hydrogène** ont été remplacés par des **atomes de fluor et de chlore**; le bromure de méthyle, 1,1,1-Trichloroéthane qui attaquent la couche d'ozone atmosphérique et l'appauvrissent.

– **Toxicité chronique (à long terme)** : administration répétée de différentes doses (une dose/groupe/j) pendant un délai allant de quelques semaines à plusieurs années

Les signes cliniques d'intoxication se manifestent selon 2 manières :

1. Accumulation des toxiques: Soit parce que le poison s'accumule dans l'organisme :c.a.d que la quantité éliminée est inférieure à la quantité absorbée.

La concentration du toxique augmente progressivement jusqu'à l'obtention d'une concentration suffisante pour engendrer des manifestations cliniques (cas du Pb) **(Accumulation matérielle)**

2. Accumulation des effets engendrés : Soit parce que les effets engendrés par les expositions répétées s'additionnent sans que le toxique ne s'accumule dans l'organisme (cas de CS₂; (sulfure de carbone) utilisé pour dissoudre de nombreux composants organiques) **(Accumulation fonctionnelle).**

Cas du Benzène:

- À court terme: Dépression du SNC très soluble dans les lipides et donc dans les membranes des cellules nerveuses.
- À long terme: leucémie

Cas du Cd

- Toxicité cumulative :
- Cd \Rightarrow atteinte rénale et osseuse

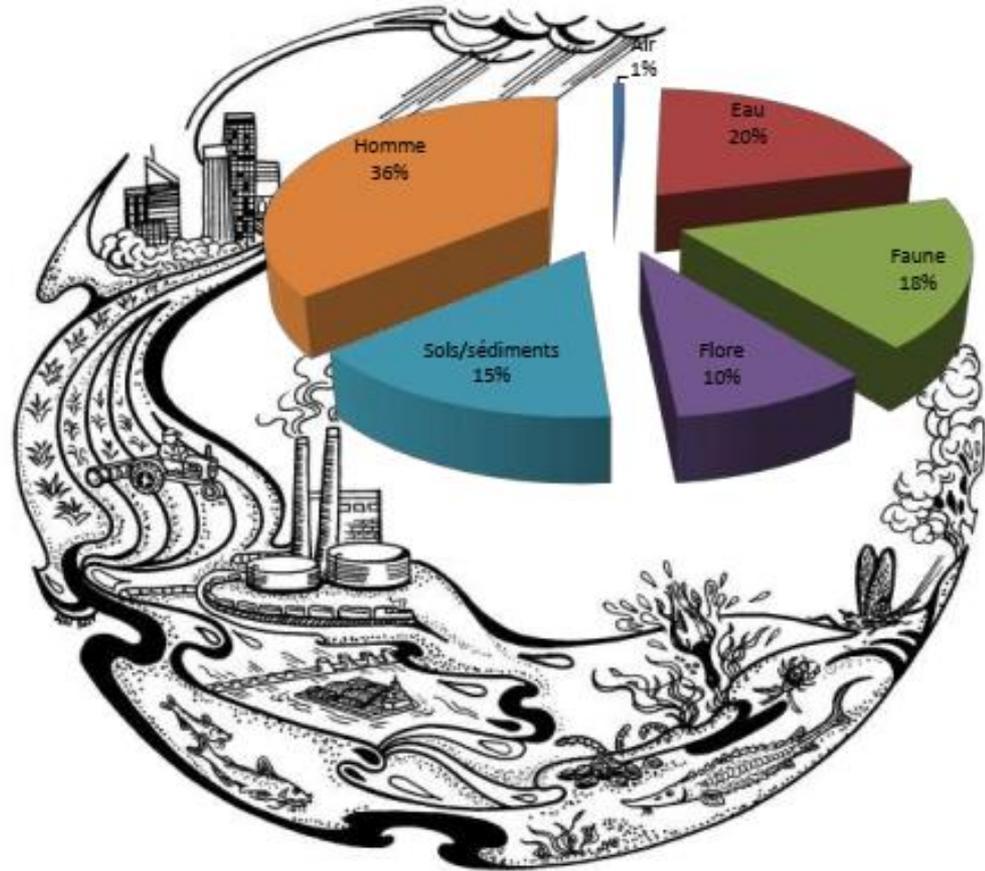
La dose du produit dans l'organisme détermine l'importance de ses effets.

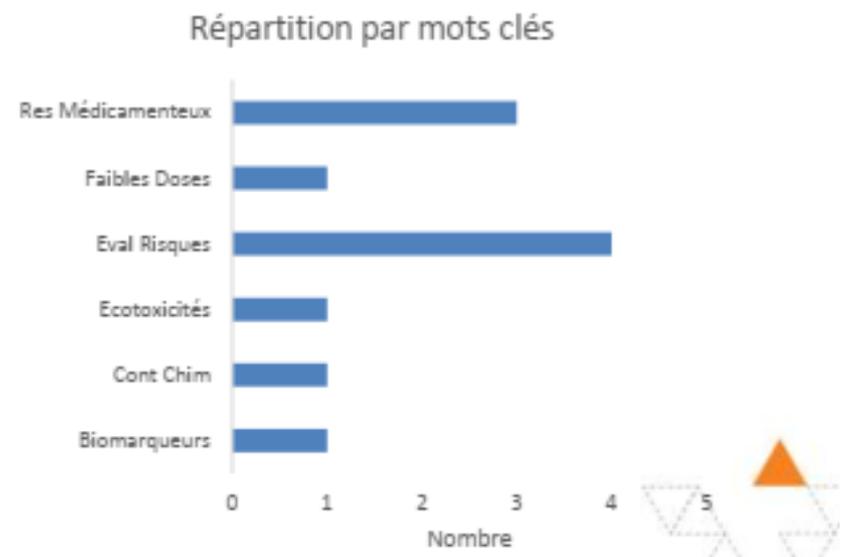
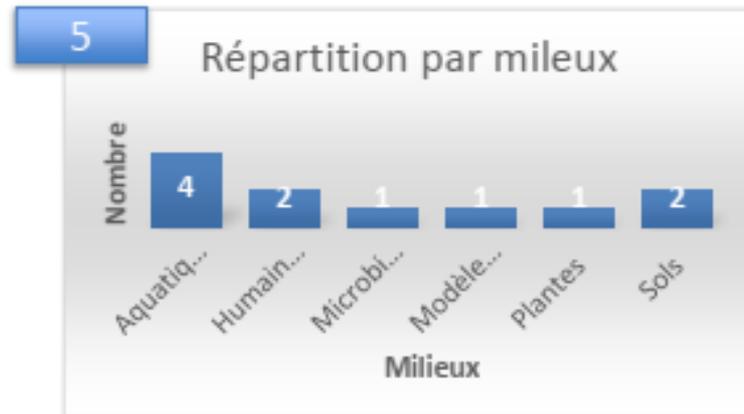
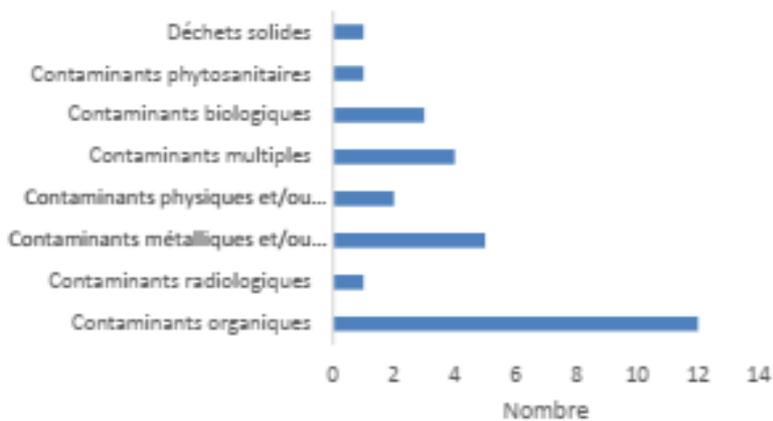
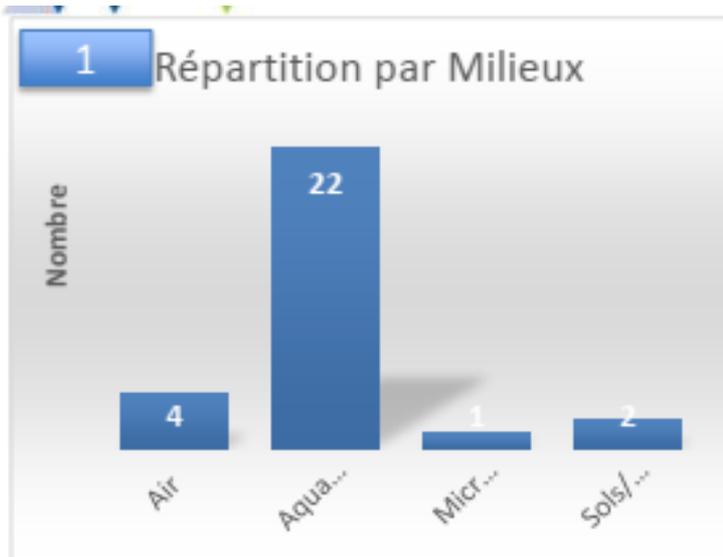
La dose du produit dans l'organisme dépend de :

- la durée d'exposition
- sa pénétration
- sa distribution
- ses transformations
- son élimination

Cibles des contaminants

- Homme
- Sol/Sédiments
- Flore
- Faune
- Eau
- Air





Modulation des effets toxiques

- **Facteurs concernant la substance toxique**

- La voie d'administration et la rapidité d'administration
- La concentration (les acides sont plus corrosifs sous forme concentrée que diluée)
- Les solubilités et l'ionisation (intervenant dans l'étape de résorption)
- La spéciation (forme spécifique d'un élément selon sa composition, isotopique, état d'oxydation, structure moléculaire, association avec molécules organiques)
 - Hg métal, Hg²⁺, méthylmercure
 - Cr³⁺ : se fixe sur les protéines. Ne franchit pas les membranes cellulaires Cr⁶⁺: passe les membranes. Est réduit en Cr³⁺ => fixation protéique => mutagène et cancérigène

- **Autres facteurs de toxicité**

- **Intolérance**

- Naturelle (sensibilité d'espèce, polymorphisme génétique)
- Acquis (réactions allergiques)

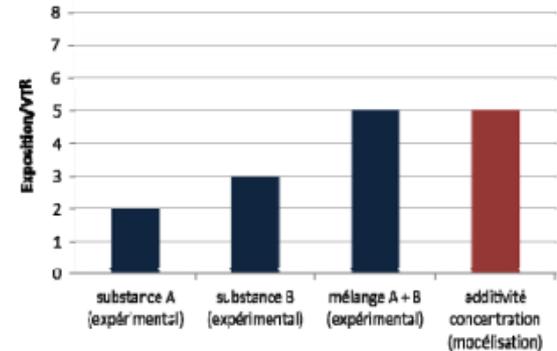
- **Tolérance** : adaptation de l'organisme à certaines substances ⇒ augmenter les doses pour retrouver les mêmes effets

- **Dépendance** à l'égard des drogues ou substances psychoactives

Les principaux types d'interactions: toxicité d'une substance peut être modifiée par **l'exposition préalable**, simultanée ou **consécutives** à une autre substance.

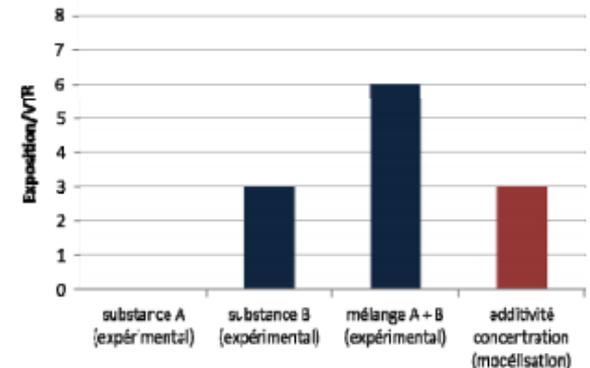
A. Effet additif Par exemple : $2 + 3 = 5$

Un effet est additif lorsque l'effet combiné d'au moins deux produits chimiques est **égal** à la **somme des effets** de chaque produit chimique pris individuellement (aucune interaction directe).



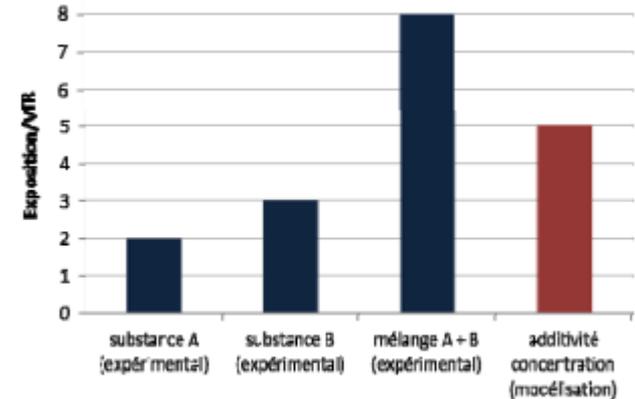
B. Potentialisation Par exemple : $0 + 3 > 3$

La potentialisation survient lorsqu'une substance qui n'a habituellement **pas d'effet toxique** est combinée à un produit chimique, ce qui a pour effet de rendre ce dernier **beaucoup plus toxique**.



C. Synergie Par exemple : $2 + 3 > 5$

La synergie est un phénomène par lequel plusieurs facteurs ou influences agissant ensemble créent un **Effet plus grand que la somme des effets** attendus s'ils avaient opéré indépendamment, ou créent un effet que chacun d'entre eux n'aurait pas créé isolément. **Ex. : amiante + tabagisme; CCl₄ (tétrachlorométhane) + éthanol**

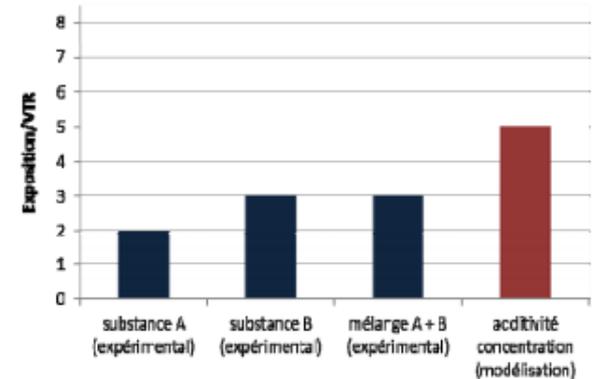


D. Antagonisme Par exemple: $2 + 3 < 5$

Il survient lorsque l'effet combiné d'au moins deux composés est **moins toxique** que les effets individuels des substances.

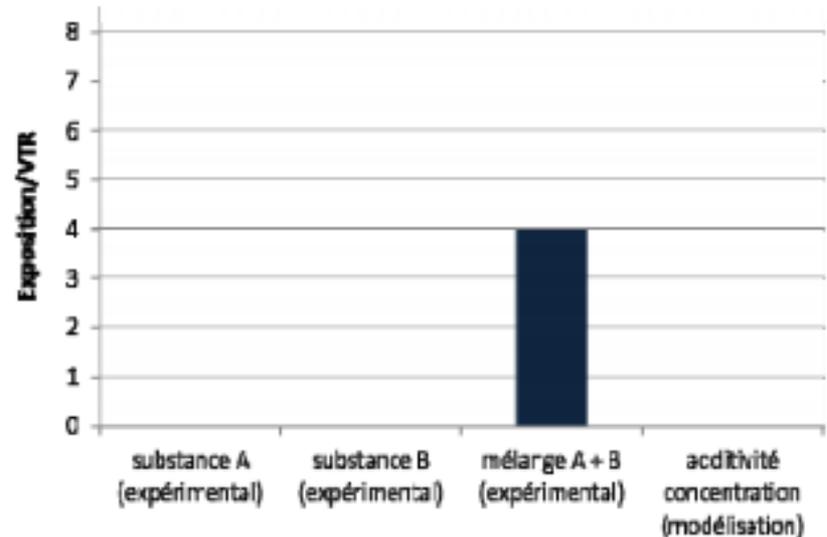
L'antagonisme est compétitif lorsque les 2 subst. agissent sur le même récepteur ou le même enzyme.

Ex : irritants respiratoires (HCl, Cl₂) et toxiques cellulaires (HCN, CO) dans les fumées d'incendie

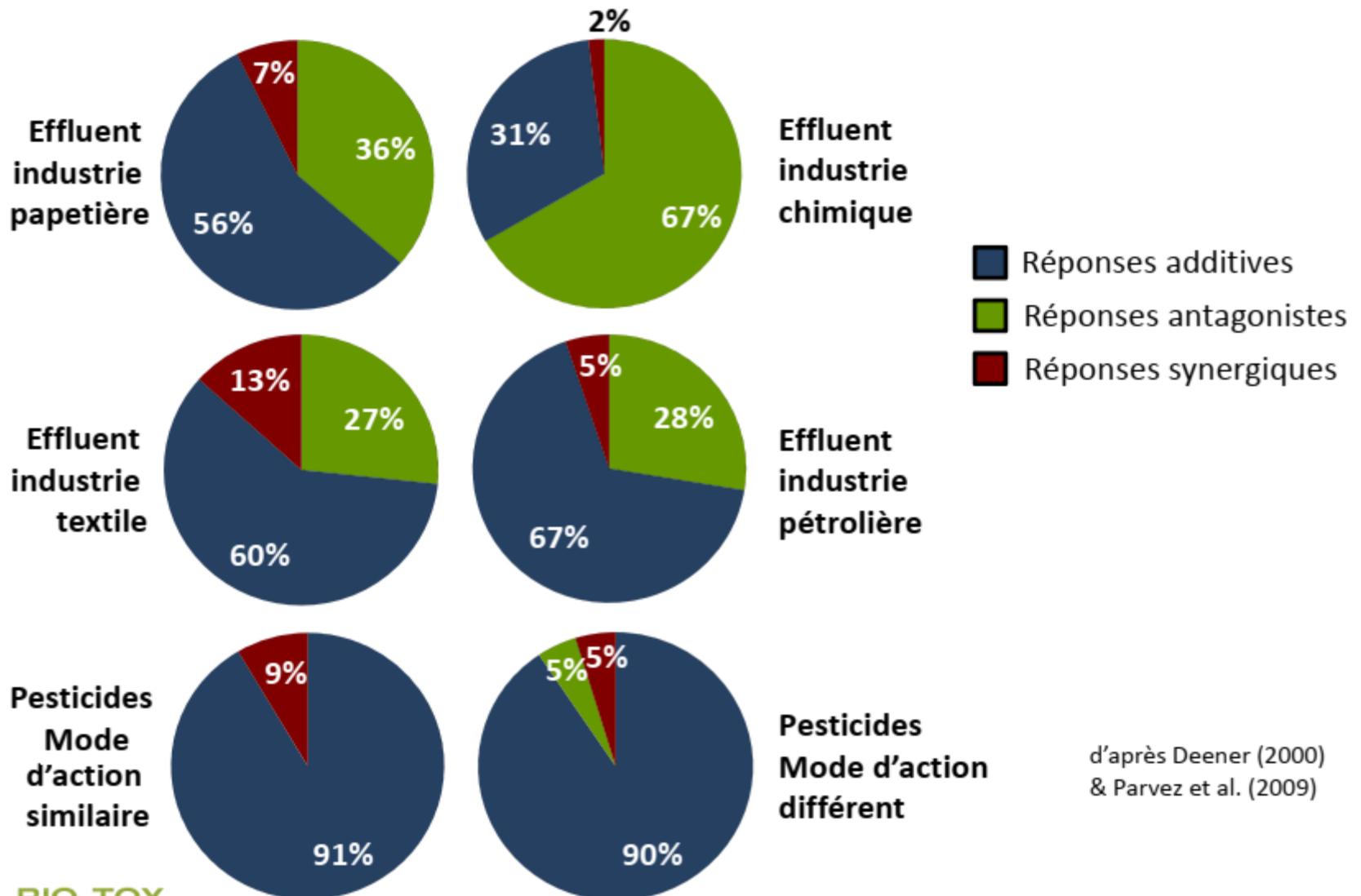


E. Action coalitive Par exemple : $0 + 0 = 4$

L'action coalitive est constatée lorsque chacune des substances prises individuellement ne produit pas d'effets toxiques mais que leur combinaison est toxique.



Occurrence des interactions (écotoxicité)



d'après Deener (2000)
& Parvez et al. (2009)

Mécanismes de la biotransformation

Les deux processus distingués sont intimement liés :

- b. **La toxicocinétique** couvre les phénomènes d'absorption, de distribution tissulaire, de métabolisme et d'excrétion, et elle a pour principal objectif de déterminer **la quantité de substance toxique susceptible d'atteindre sa cible et de préciser sous quelle forme** (composé initial ou métabolites) elle y arrive.
- c. **La toxicodynamie** se préoccupe de l'interaction du xénobiotique avec **sa cible et de l'effet** toxique que cela produit.

Les interactions entre ces deux domaines déterminent la toxicité d'une substance.

Phases du processus d'intoxication

a. La phase d'exposition est la mise en contact avec le Xénobiotique suivie de sa résorption et son action sur l'organisme.

■ Les résultats de cette action sont désignés **par des effets** (l'étude du mécanisme d'action de ces effets est la **toxicodynamie**).

■ Inversement, l'organisme peut agir sur ce produit par **biotransformation ou métabolisme** (leur étude fait partie de la **toxicocinétique**).

Surveillance de la qualité de l'environnement

Les perturbations de l'environnement remontent à partir du 19^{ème} siècle (premières civilisations) : on assiste à une **accentuation du processus de dégradation des écosystèmes.**

- Prise en compte de la gravité de polluer les écosystèmes
- Apparition des contaminations à grande échelle : Mercure, Cadmium, DDT, organochlorés,
- dès 1978 intensification des recherches consacrées aux problèmes de pollution des milieux naturels : cours d'eau, mer , air, sol, etc.....

Prise en compte de la gravité de polluer les écosystèmes n'est que très récente

Toxicologie environnementale et étude des répercussions sur les équilibres biologiques :

Etude des substances toxiques dans l'environnement de l'homme (activités anthropiques) et dans les populations et les individus exposés ainsi que les effets biologiques qui en résultent.

On peut aussi introduire les notions sur le développement durable

- **Ecotoxicologie:**

Science pluridisciplinaire, dont l'objet est l'étude des modalités de contamination de l'environnement par les agents polluants naturels ou artificiels produits par l'activité humaine (**aspect descriptif**) ainsi que de leur mécanismes d'action et de leurs effets sur l'ensemble des êtres vivants qui peuplent la biosphère (de l'homme jusqu'aux microorganismes) (**aspect causal**).

Récemment, Newman a défini l'écotoxicologie comme la science des contaminants dans la biosphère et leurs effets sur les constituants de la biosphère en y incluant l'homme

Elle étudie les polluants et leur dispersion dans le milieu et fait appel **à la chimie**.

Elle étudie au sein des écosystèmes les interactions entre les espèces et le milieu et fait appel **à l'écologie**.

Elle étudie les effets des polluants sur les organismes vivants et fait appel **à la toxicologie**.

Elle étudie les mécanismes d'action de ces substances sur les cellules et donc fait appel **à la biochimie** .

Enfin, elle étudie l'altération des fonctions normales ainsi que les propriétés des tissus des organismes vivants, humains, végétaux ou animaux. et donc fait appel **à la physiologie**

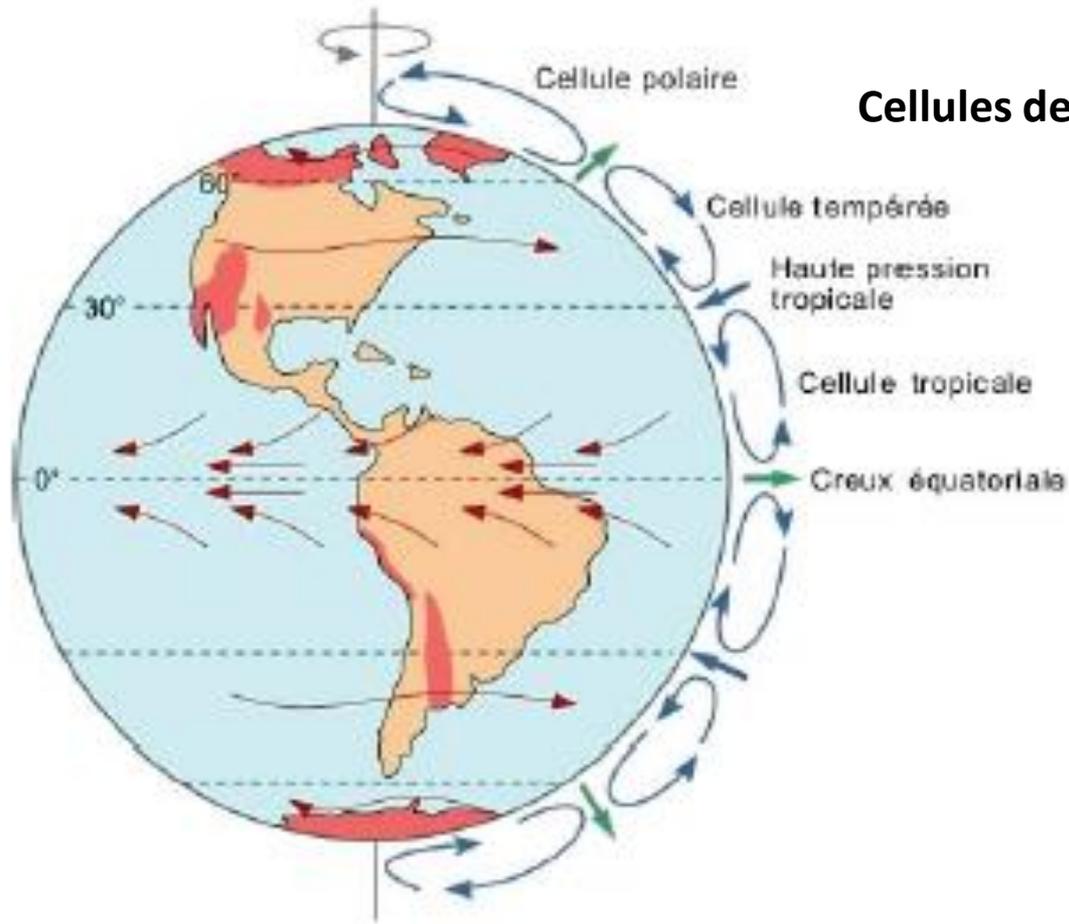
Définition de la pollution

Dictionnaire encyclopédique des pollutions (Ramade, 1992)

« constitue une pollution toute modification du flux de l'énergie, de l'intensité des rayonnements, de la concentration des constituants chimiques naturels ou encore l'introduction dans la biosphère de substances chimiques artificielles produites par l'homme »

Résumé pollution = effets de l'ensemble des composants toxiques libérés par l'homme dans la biosphère

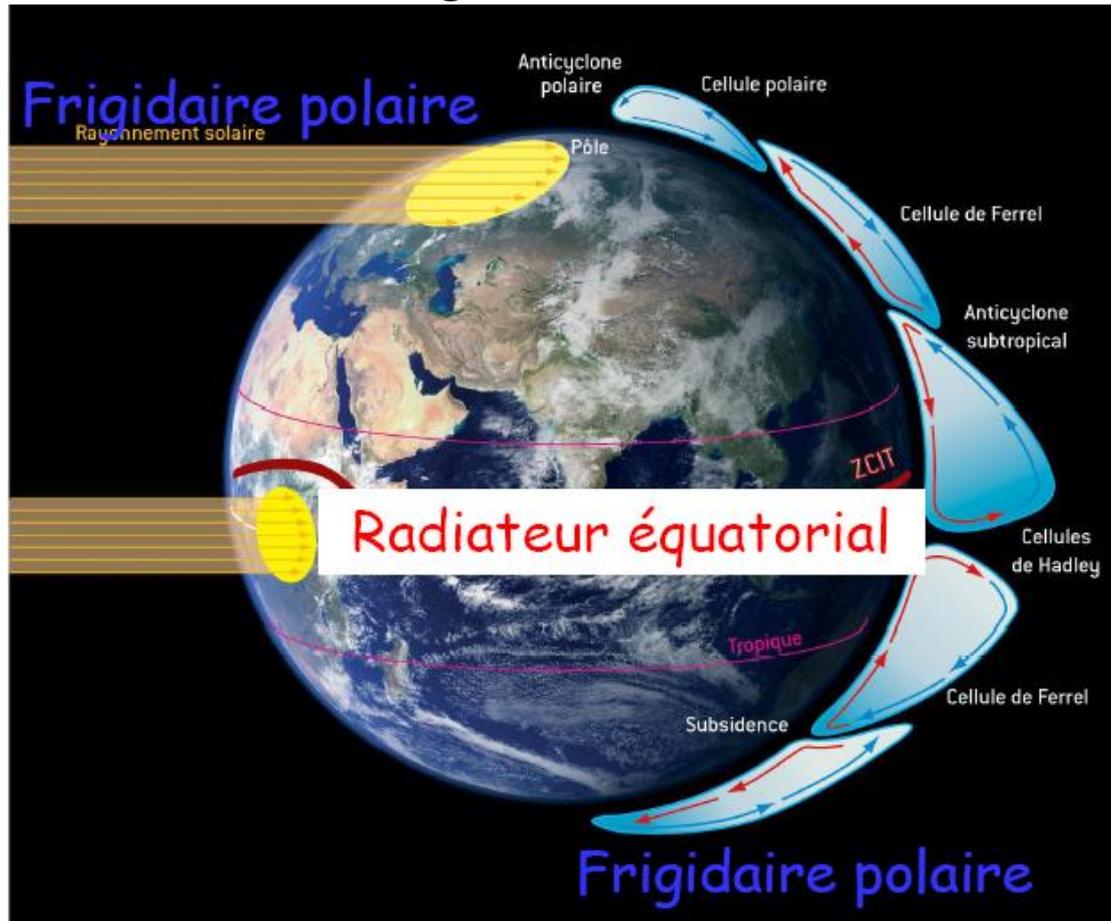
Circulation atmosphérique des polluants



Cellules de convection :

On étudie aussi la circulation et les transformations biogéochimiques des polluants dans les écosystèmes car ces substances une fois libérées dans l'air, les sols, les eaux continentales ou océaniques sont soumis au jeu des phénomènes biogéochimiques, au même titre que les substances naturelles.

L'atmosphère est un milieu en mouvement (circulation générale)
Définition: enveloppe essentiellement gazeuse qui entoure le globe terrestre assure la distribution des échanges thermiques entre les zones froides et les zones chaudes du globe

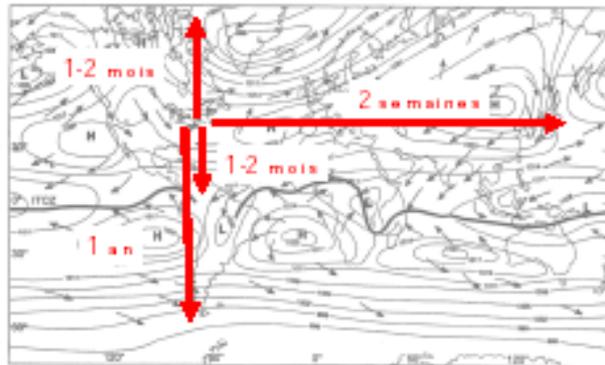


D'après la définition physique de l'atmosphère, on peut en déduire que plus la durée de vie d'un polluant est longue, plus il sera transporté loin de sa source d'émission (et vice-versa) et donc il y a impact à grande échelle

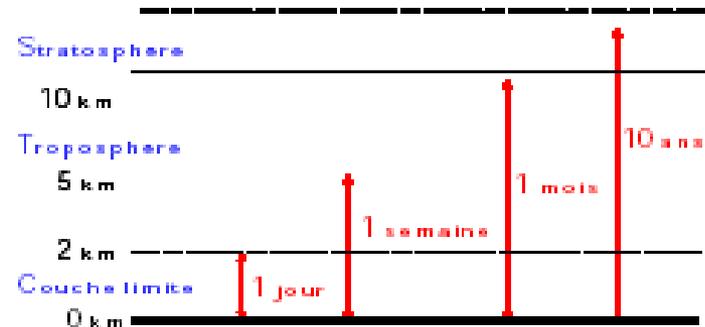
La pollution se transporte dans l'atmosphère entière à travers les:

- Mélanges verticaux: diffusion turbulente dans la couche limite, instabilité thermique, convection; durée caractéristique : jour
- Mélanges zonaux (dans le sens des parallèles) dus à la circulation atmosphérique générale; durée caractéristique: semaine - mois
- Mélanges méridiens (circulation cellulaire); durée caractéristique: mois-année
- Mélanges stratosphère-troposphère: mélanges faibles; durée caractéristique: plusieurs années

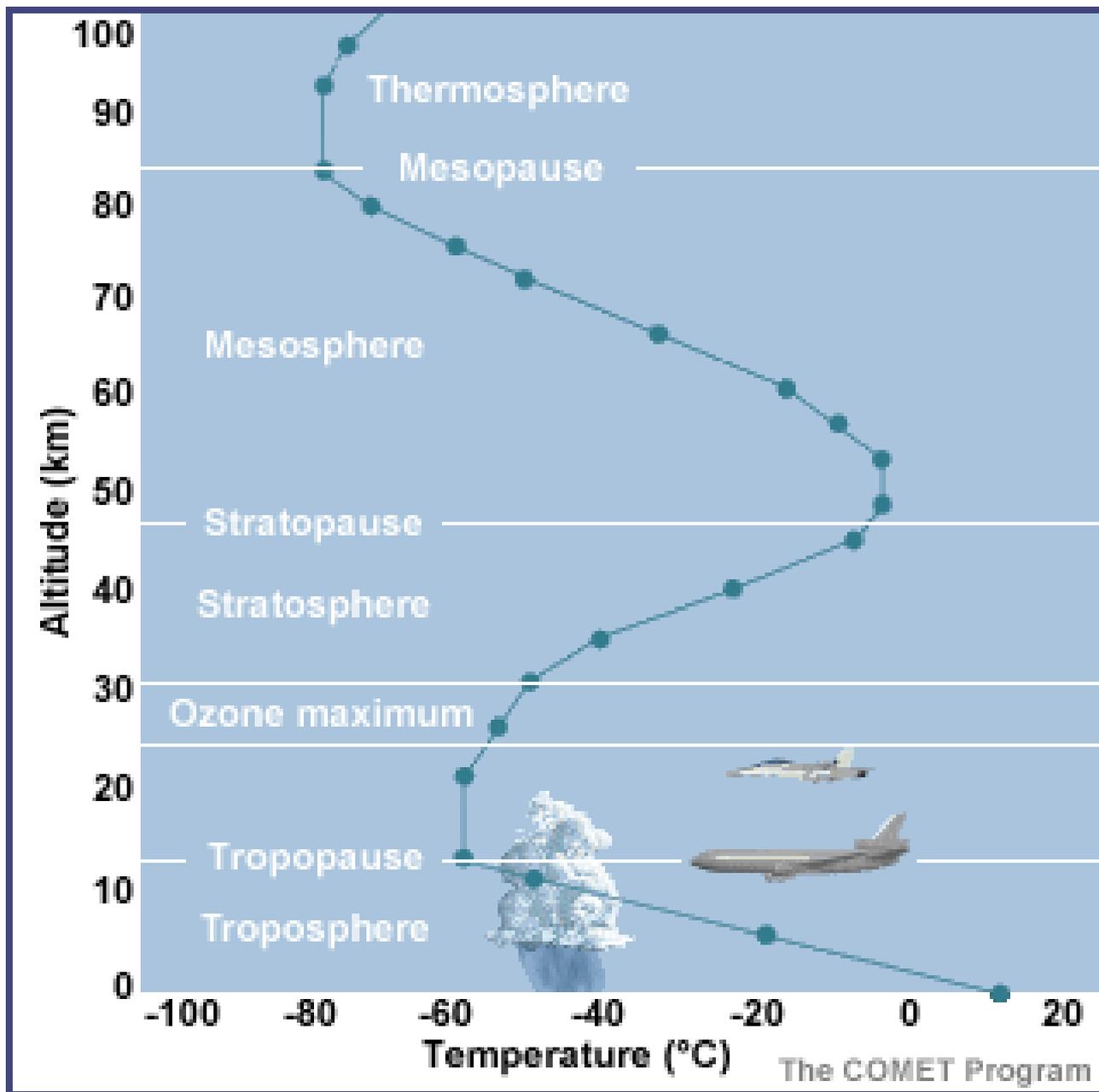
(a) Transport horizontal



(b) Transport vertical



Il y a donc un lien entre échelle temporelle (durée de vie) et échelle spatiale (zone géographique) pour les polluants dans l'atmosphère



Définition des Toxiques

Polluant = toute substance naturelle ou d'origine anthropique que l'homme introduit dans un biotope donné dont elle était absente ou encore dont il modifie ou augmente la teneur (dans l'eau, l'air ou les sols selon le biotope) lorsqu'elle y est spontanément présente.

Peut agir comme un polluant:

Toute modification d'un processus physique ou chimique qui conduit à accroître les flux d'énergie ou les niveaux de radiation dans l'environnement,

Généralités sur la pollution de l'eau

Pollution de l'eau :

Toute modification de la composition de l'eau ayant un caractère **gênant ou nuisible pour les populations**, la faune ou la flore donc perturbe l'écosystème aquatique.

Au cours de son utilisation, l'eau s'appauvrit ou s'enrichit de substances de toutes sortes, ou change de température.

Les pollutions qui en résultent se retrouvent dans le milieu naturel (cours d'eau, mer).

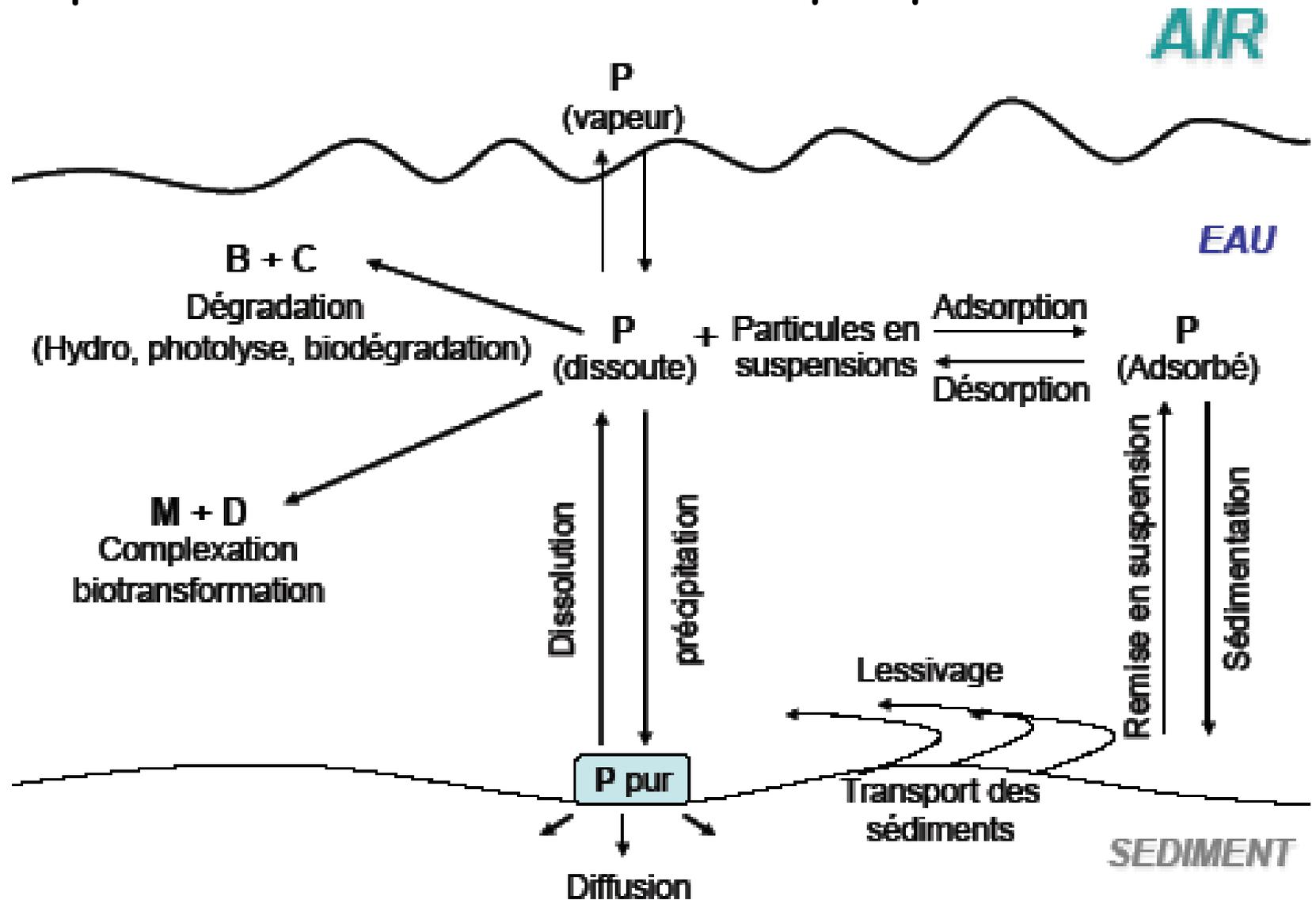
La pollution toxique de l'eau peut provenir:

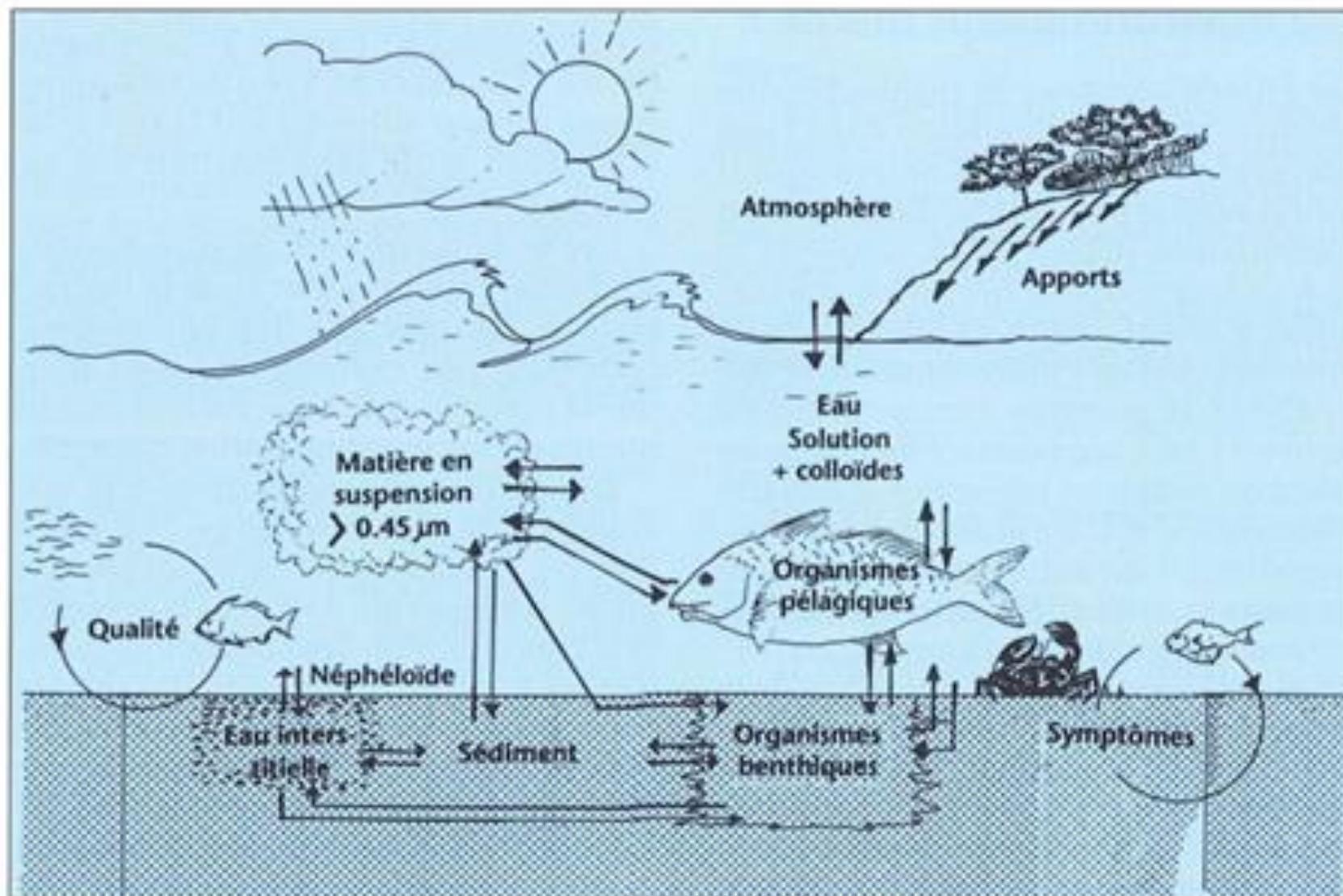
- des rejets ponctuels (industries, stations d'épuration urbaines,...),
- de rejets ponctuels dispersés (DTQD : déchets toxiques en quantités dispersés : rejets de nombreuses PMI, PME, artisans...)
- et/ou de rejets diffus moins bien connus (épandage de pesticides en agriculture (engrais, nitrates), retombées de micropolluants émis dans l'atmosphère, lessivages des voies routières et autoroutières,...).

Les substances peuvent être présentes dans le milieu naturel et dans les rejets sous plusieurs formes :

- dissoutes dans l'eau,
- adsorbées sur les matières en suspension et/ou les sédiments,
- accumulées dans les tissus des organismes aquatiques animaux ou végétaux.

Comportement des Polluants en milieu aquatique





. Interactions entre les différents compartiments de l'environnement marin.

Polluants métalliques

- pas biodégradables
- toxiques par accumulation dans les tissus des organismes vivants
- toxiques en grande quantité, mais souvent indispensables à la vie en petite quantité (oligo-éléments).

Radio-éléments

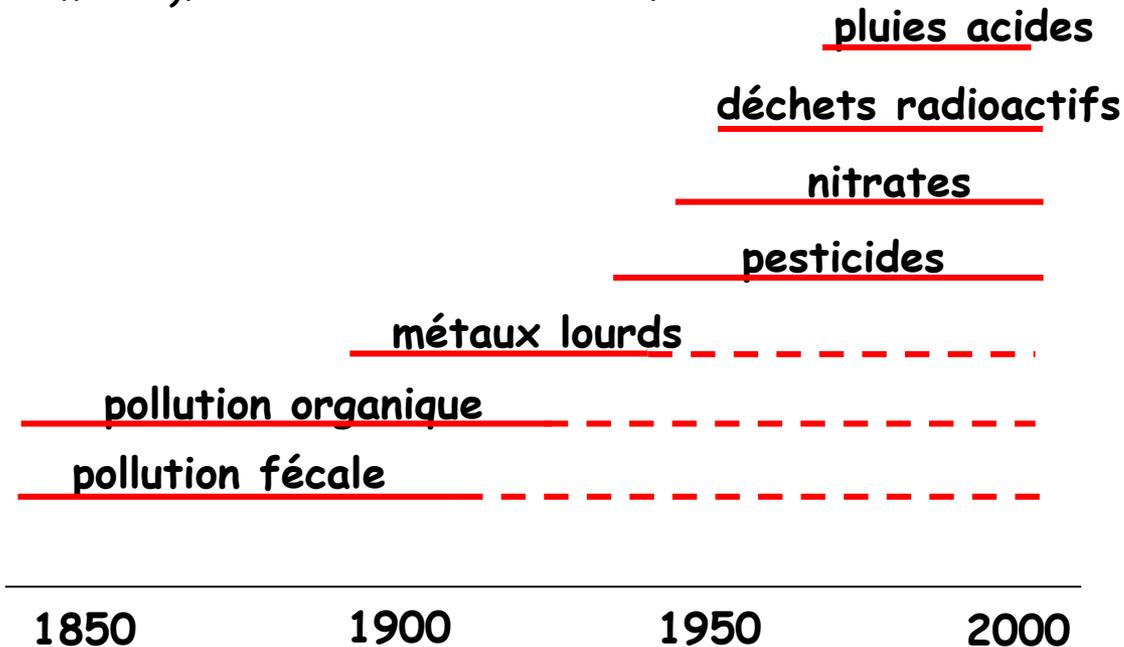
La concentration d'un radioélément est l'activité spécifique qu'il présente dans l'échantillon, exprimée en Bq/kg ou en Bq/l.

Les bryophytes et les sédiments sont de bons supports. Les bryophytes fixent et accumulent les iodes.

Polluants organiques

= produits de synthèse issus de l'activité anthropique.

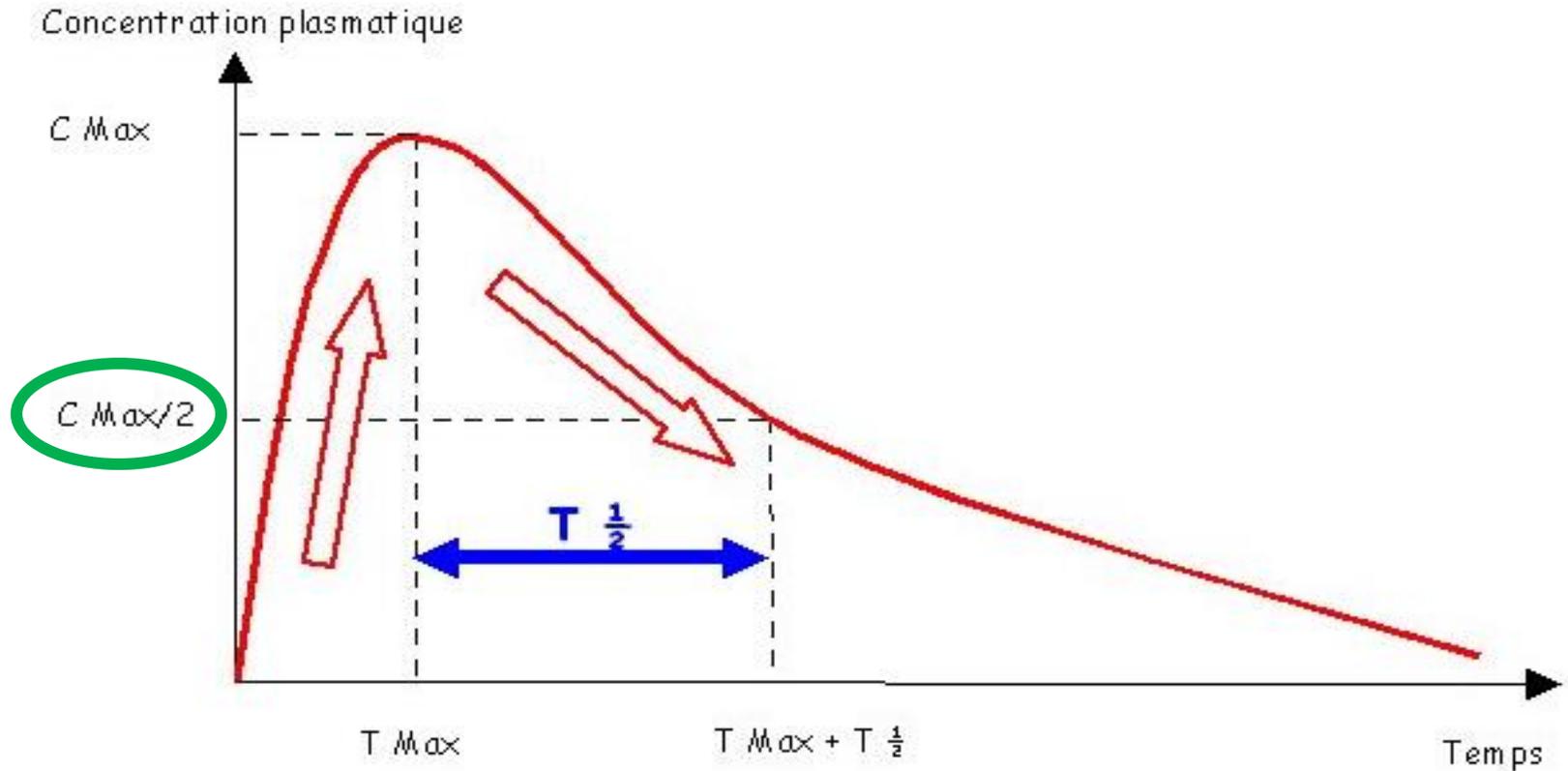
- **PCB** : polychlorobiphényles, substances chlorées non biodégradables. Forte affinité pour les lipides, se bioaccumulent fortement par la chaîne alimentaire dans la graisse des poissons.
- **Hydrocarbures HAP** issus de la combustion incomplète des produits pétroliers : activités urbaines (chauffage), industrielles et de transports. Peu solubles dans l'eau, se bioaccumulent dans les graisses, notamment des poissons et des mollusques. Nombre d'entre eux sont cancérigènes.
- **Pesticides ou phytosanitaires**. Ceux contaminant fréquemment les milieux aquatiques (rivières ou eaux souterraines) sont soumis à des restrictions d'usage et surveillés



Les caractéristiques des polluants vont conditionner leur transport et leur migration dans le sol, le sous-sol, les eaux souterraines ou les eaux de surface.

Leur densité, la viscosité, la solubilité, les conditions d'équilibre entre phase liquide ou dissoute et phase vapeur et la biodégradabilité vont conditionner leur transport.

- La solubilité d'un composé dans l'eau est exprimée en mg/L à 20°C. Les composés de solubilité plus élevée sont normalement plus facilement lixiviables dans les eaux souterraines.
- La pression de vapeur est la pression à laquelle un liquide et sa vapeur sont en équilibre à une température donnée. Plus la pression de vapeur d'un liquide est élevée plus ce liquide s'évapore rapidement.
- Rémanence: désigne l'aptitude d'un polluant à demeurer dans le milieu
- temps de $\frac{1}{2}$ vie (DT₅₀) temps nécessaire à l'élimination de 50% du polluant

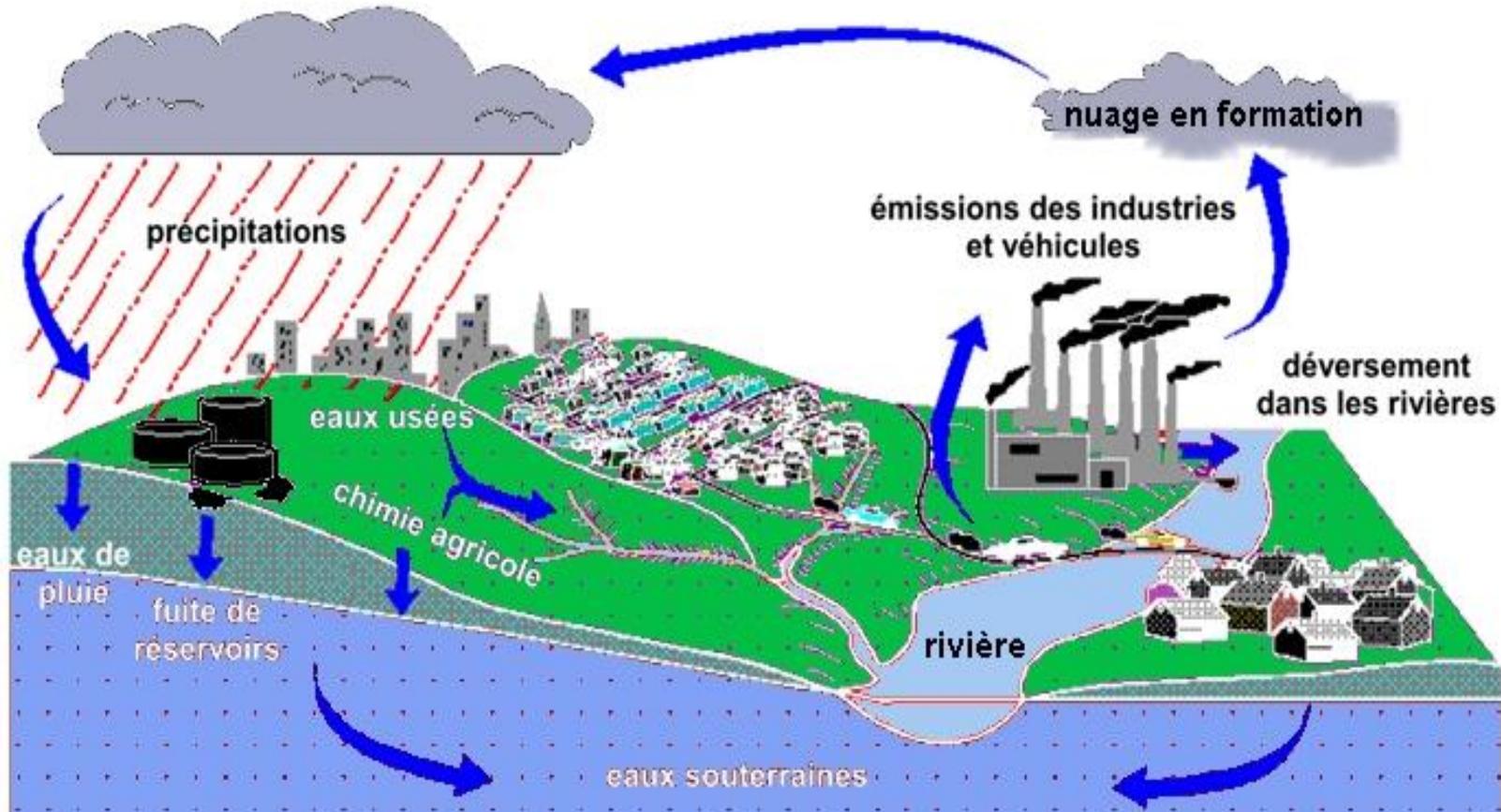


La concentration d'un médicament dans le sang présente l'allure d'une courbe en cloche : elle croît jusqu'à une valeur maximale (C_{max} obtenue après un temps T_{max}) puis décroît.

La décroissance est exponentielle, la cc diminue de moitié dans un intervalle de tps caractéristique : la $\frac{1}{2}$ vie ($T_{\frac{1}{2}}$) jusqu'à devenir nulle ou négligeable. Les temps T_{max} et $T_{\frac{1}{2}}$ varient avec les individus, entre des valeurs limites généralement données par le Vidal.

Cycle simplifié de propagation des polluants anthropiques dans les compartiments naturels. David Delmail

http://www.univubs.fr/1290600507630/0/fiche___article/&RH=ACTU



Les caractéristiques des polluants vont conditionner leur migration dans le :

- le sol,
- le sous-sol,
- les eaux souterraines ou
- les eaux de surface.

Leur transport sera conditionné par :

- La densité,
- La viscosité,
- La solubilité,
- Les conditions d'équilibre entre phase liquide ou dissoute et phase vapeur et
- La biodégradabilité

Effets sur l'environnement

- Changements climatiques
- appauvrissement des ressources
- *Pluies acides (SO₂),*
- *Ozone (nécrose végétales),*
- *fluor (ralentissement de croissance) etc.....*

Effets sur la santé

- 5 grandes pathologies ont augmenté :
- cancers (la mortalité augmente)
 - perturbations hormonales (environ 15% des couples sont stériles)
 - maladies neurodégénératives (Alzheimer)
 - asthme et allergies
 - maladies autoimmunes

L'**écosanté**, soit les écosystèmes et la santé humaine, fournit un cadre permettant d'étudier la façon dont **les différentes composantes d'un écosystème, et leur interaction complexe, déterminent la santé humaine et la qualité de l'environnement.**

L'écosanté se penche sur des moyens de protéger et d'améliorer la santé humaine grâce à la gestion durable des écosystèmes. Les chercheurs effectuent un travail interdisciplinaire afin de concevoir des solutions durables dont l'application dépasse le secteur de la santé.

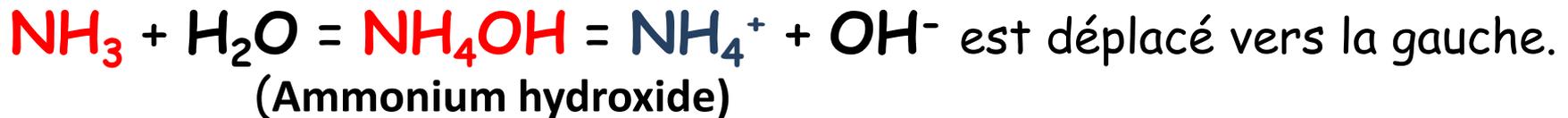
Les approches écosanté aident à transformer les résultats de la recherche en politiques et en actions.

Paramètres globaux caractérisant la pollution

1. pH

Au delà de certaines limites de pH, la faune aquatique succombe rapidement ; mais même à l'intérieur des limites compatibles avec la vie, le pH influe sur la toxicité de certaines substances en modifiant le degré de dissociation.

Ainsi une eau contenant des **sels ammoniacaux** voit sa toxicité s'accroître avec une élévation du pH car l'équilibre:



Or, NH_3 et NH_4OH sont beaucoup plus toxiques que l'ion ammonium.

L'inverse se produit avec les cyanures (HCN (**acide cyanhydrique**) étant plus toxique que **les ions CN**) (G. Leynaud, 1976).

2. Température

Une élévation de la température entraîne généralement une augmentation du métabolisme chez les organismes aquatiques et un accroissement de la perméabilité au niveau des branchies.

Elle favorise ainsi la pénétration des toxiques mais les processus de détoxification et d'excrétion sont aussi susceptibles d'être activés par la température et de compenser l'action précédente (G. Leynaud, 1976).

Les données disponibles montrent en fait que l'effet de la **température est très variable selon les espèces et les toxiques en cause.**

3. Oxygène dissous

Une diminution du taux d' O_2 dissous accélère les mouvements respiratoires chez les poissons et favorise ainsi la **pénétration des toxiques éventuellement présents** dans l'eau. (G. Leynaud, 1976).

4. Pollution organique

Les rejets renfermant des substances organiques sont à l'origine d'une consommation de l' O_2 présent dans le milieu récepteur et peuvent, s'ils sont trop abondants, entraîner la mort des poissons par asphyxie.

La pollution organique présente également un impact sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

Le terme POP (Polluants Organiques Persistants) (DDT, Aldrine, PCB, etc...) recouvre un ensemble de substances organiques qui possèdent 4 propriétés.

Elles sont :

- **persistantes** : la substance se dégrade « lentement »,
- **bioaccumulables** : la substance « s'accumule » au sein des êtres vivants,
- **toxiques** : l'exposition à la substance est susceptible de provoquer des effets nocifs,
- **mobiles sur de grandes distances (semi volatils)** : mesure de concentrations élevées loin des points de rejet (en Arctique par exemple).

Une pollution par les matières organiques (ou M.O.) peut se caractériser par différents paramètres dont principalement :

*** La demande chimique en oxygène (DCO) :**

DCO est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques y compris les matières biodégradables et non biodégradables par voie chimique.

Vu la simplicité de mesure de DCO et sa précision, il s'est avéré nécessaire de développer des corrélations entre la DBO_5 et la DCO ainsi le rapport DCO / DBO_5 des eaux usées urbaines est proche de 2 (**Gomella et Guerree, 1978**), le rapport DCO / DBO_5 des effluents domestiques est de 1,9 à 2,5. (**Hamdani et al, 2002**).

* Demande biologique en oxygène (DBO) :

Les phénomènes **d'auto-épuration dans les eaux superficielles** résultent de la **dégradation des charges organiques polluantes par les micro-organismes**.

La DBO_5 est la quantité d' O_2 dissous consommée en **5 jours à 20°C par les micro-organismes vivants présents dans l'eau pour réaliser une autoépuration** de celle-ci donc pour assurer l'oxydation et la stabilisation des matières organiques présentes dans l'eau usée.

Le principe est de mesurer l'oxygène dissous résiduel (Eckenfelder, 1982).

C'est un **paramètre qui permet d'évaluer la fraction de la pollution organique biodégradable**.

La gamme de la DBO_5 des eaux usées urbaines au Maroc est 200-400mg/L (Foutlane, 2005).

*Le Carbone Organique Totale ou COT

II représente la teneur en carbone lié à la matière organique et repose sur une mesure **de CO₂ après oxydation complète.**

5. Pollution Toxique

II s'agit de **matières inhibitrices ou MI.** Un certain nombre de substances présentes dans les rejets industriels peuvent, même à de faibles doses, être dangereuses pour le milieu aquatique.

Les substances pouvant entraîner une pollution toxique peuvent être rangées en deux groupes suivant leurs origines :

* **Les produits d'origine minérale** tels que certains métaux et métalloïdes (mercure, cadmium, plomb, arsenic, ...).

* **Les produits d'origine organique:** ce sont souvent des produits de synthèse (organohalogénés, organophosphorés, ...), des dérivés nitrés, certaines huiles.

6. Pollution par les matières solides en suspension

Les **matières en suspension ou MES** présentes dans les eaux donnent à la rivière un aspect sale et trouble. Par leur effet obscurcissant, elles réduisent l'activité photosynthétique et abaissent la productivité des eaux.

Elles affectent directement la vie aquatique en inhibant le développement de la faune benthique et **perturbent le peuplement ichtyologique** (diminution du stock de nourriture disponible, bouchages des branchies, ...).

Les MES se définissent par leur taille (particules de taille telle qu'elles sont arrêtées par un filtre de $0,45\mu\text{m}$) et sont donc facilement mesurées par filtration (généralement sur filtre en fibres de verre normalisé) et séchage du filtre à 105°C .

Les MES sont un mélange de **substances organiques et minérales** et elles caractérisent bien les eaux usées.

- Les MES (**matières en suspension**), recueillies par filtration ou centrifugation ; elles sont pesées et indiquent la quantité de matières non dissoutes.

$$E = \frac{(A - B) \times 1\,000\,000}{D}$$

Elles s'expriment en mg/l

E : quantité de matières en suspension (mg/l);

A : poids du filtre + solides (g) (après $103-105^{\circ}\text{C}$);

B : poids du filtre vierge (g) (avant $103-105^{\circ}\text{C}$);

D : volume d'échantillon utilisé (ml).

L'analyse peut être complétée par une calcination du filtre à 550°C, de façon à éliminer les matières les plus fragiles, les plus volatiles (MESV) ne laissant que les matières "fixes", constituées essentiellement de sels et d'oxydes stables (MESF).

On assimile parfois grossièrement les MESV à la matière organique en suspension.

- Les MVS (**matières volatiles en suspension**), représentent la partie organique (donc biodégradable) des matières en suspension.

$$E = \frac{(A - F) \times 1\,000\,000}{D}$$

E : quantité de matières en suspension volatiles (mg/l);

A : poids du filtre + solides avant calcination (g) (après 103-105 °C);

F : poids du filtre + solides après calcination (g) (après 550°C);

D : volume d'échantillon utilisé (ml).

7. Pollution azotée

Une augmentation de la pollution azotée entraîne une croissance excessive des algues et plantes dans le milieu récepteur et une consommation supplémentaire de l'oxygène dissous, d'où une dégradation du milieu aquatique (phénomène d'eutrophisation). Elle a également un impact sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

L'azote organique se transforme lentement en azote minéral
- l'azote minéral évolue de la forme ammoniacale NH_4 , vers la forme nitrique NO_3 .

Les formes NH_4 (ammoniac) et NO_3 (nitrates), sont assimilables par les plantes.

Facilement solubles, les nitrates en excès sont entraînés par lessivage des sols.

Ainsi, en période pluvieuse ils ruissellent vers les cours d'eau ou s'infiltrent dans les nappes.

II s'agit des matières azotées ou M.A.

L'azote peut se trouver dans les eaux sous 4 formes :

1. Azote organique, pouvant avoir comme origine :
 - la décomposition des déchets organiques (protéines, polypeptides, acides aminés)
 - les rejets organiques d'origine humaine ou animale (urée)
 - les adjuvants de certains détergents.

II s'agit des matières azotées ou M.A.

L'azote peut se trouver dans les eaux sous 4 formes :

1. Azote organique, pouvant avoir comme origine :
 - la décomposition des déchets organiques (protéines, polypeptides, acides aminés)
 - les rejets organiques d'origine humaine ou animale (urée)
 - les adjuvants de certains détergents.

2. Ammoniaque

À l'état primitif est un gaz soluble dans l'eau.

Suivant les conditions de pH, il se transforme soit sous forme moléculaire (NH_3), soit sous forme ionisée (NH_4^+). Les formes NH_3 et NH_4OH sont plus toxiques que la forme ammonium (NH_4^+).

3. Nitrates (NO_3) qui constituent le stade final de l'oxydation de l'azote.

4. Nitrites (NO_2) qui s'insèrent entre l'ammoniaque et les nitrates. Ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et sont facilement oxydés en nitrates.

Pollution azotée et phosphorée

Pollution microbiologique

Elle correspond à la présence dans l'eau de germes (bactéries ou virus) pathogènes pour l'homme ou pour la faune aquatique.

Elle provient en général de rejets directs d'effluents contaminés non traités : eaux usées domestiques, les hôpitaux, les élevages et certaines industries agro-alimentaires

9. Termes utilisés en écotoxicologie

* **Bioaccumulation** désigne le résultat net de l'absorption, de la transformation et de l'élimination d'une substance par un organisme à partir de toutes les voies d'exposition (via l'atmosphère, l'eau, les sédiments/sol et l'alimentation).

- Coefficient de partage octanol-eau (Kow)

Rapport de la concentration de polluant dans la phase octanol et dans l'eau.

$$Kow = [poll]_{octanol} / [poll]_{eau}$$



Généralement exprimé en log : $Kow = 10^6 \log Kow = 6$
Le Kow rend compte de la tendance d'une molécule à s'accumuler dans les membranes biologiques (substances lipophiles) des organismes vivants (**bioaccumulation**).

* **Bioconcentration** désigne le résultat net de l'absorption, de la transformation et de l'élimination d'une substance par un organisme à partir d'une exposition via l'eau.

* **Biodisponibilité** d'une substance indique dans quelle mesure cette substance est absorbée par un organisme et se répartit dans une certaine zone de cet organisme.

La biodisponibilité dépend des propriétés physico-chimiques de la substance, de l'anatomie et de la physiologie de l'organisme, de la pharmacocinétique et de la voie d'exposition. La disponibilité n'est pas une condition à priori nécessaire de la biodisponibilité.

* *CEx désigne la concentration associée à une réponse de x %.*

* *CSEO (concentration sans effet observé) désigne la concentration expérimentale juste inférieure à la plus basse concentration testée dont l'effet nocif est statistiquement significatif. La CSEO n'a pas d'effet nocif statistiquement significatif, comparé à celui de l'essai.*

* *Danger aigu (à court terme) signifie, aux fins de la classification, le danger d'un produit chimique résultant de sa toxicité aiguë pour un organisme lors d'une exposition de courte durée à ce produit chimique en milieu aquatique.*

* *Danger à long terme signifie, aux fins de la classification, le danger d'un produit chimique résultant de sa toxicité chronique à la suite d'une exposition de longue durée en milieu aquatique.*

* **Dégradation** signifie la décomposition de molécules organiques en molécules plus petites et finalement en dioxyde de carbone, eau et sels.

* **Disponibilité d'une substance** indique dans quelle mesure cette substance devient une substance soluble ou désagrégée. Pour les métaux, elle indique dans quelle mesure la partie ion métallique d'un composé métallique (MO) peut se détacher du reste du composé (molécule).

* **Mélanges complexes ou substances à multicomposants** ou substances complexes désigne les mélanges contenant une combinaison complexe de substances individuelles, présentant des solubilités et des propriétés physico-chimiques différentes.

** Toxicité aquatique aiguë signifie la propriété intrinsèque d'une substance de provoquer des effets néfastes sur des organismes aquatiques lors d'une exposition de courte durée en milieu aquatique.*

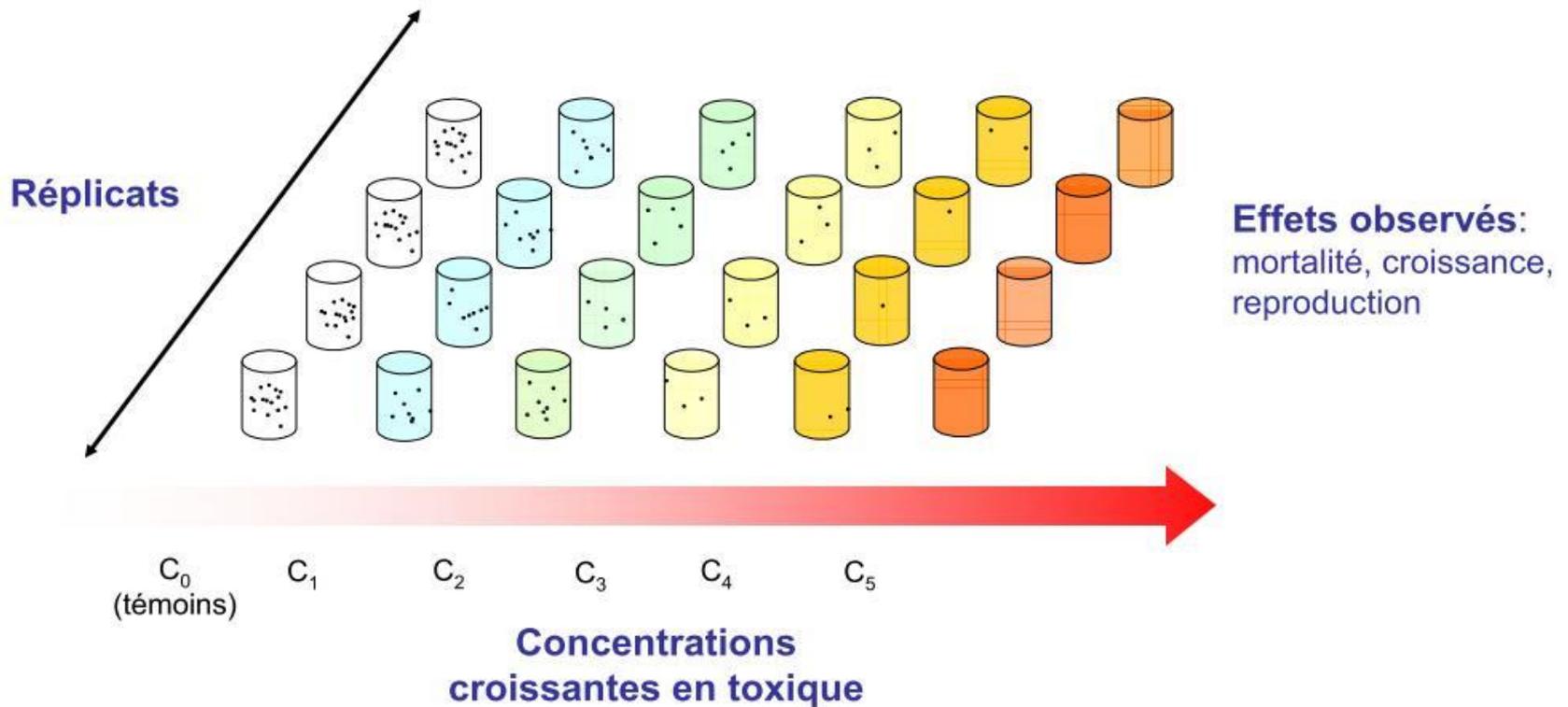
** Toxicité aquatique chronique désigne la propriété intrinsèque d'une substance de provoquer des effets néfastes sur des organismes aquatiques, au cours d'expositions en milieu aquatique déterminées en relation avec le cycle de vie de ces organismes.*

Les éléments fondamentaux du système harmonisé sont les svts:

- a) toxicité aiguë pour le milieu aquatique ;
- b) toxicité chronique pour le milieu aquatique ;
- c) bioaccumulation potentielle ou réelle ; et
- d) dégradation (biotique ou abiotique) des composés organiques.

Principe d'un test d'écotoxicité

Après une durée d , on compte le nombre d'individus affectés dans chaque récipient



a. Toxicité aquatique aiguë

La toxicité aiguë pour le milieu aquatique se détermine normalement à l'aide d' :

⇒ une **CL₅₀** 96 heures sur le poisson (Ligne directrice 203 de l'OCDE ou essai équivalent),

⇒ une **CE₅₀** 48 heures sur un crustacé (Ligne directrice 202 de l'OCDE ou essai équivalent) et/ou

⇒ une **CE₅₀** 72 ou 96 heures sur une algue (Ligne directrice 201 de l'OCDE ou essai équivalent).

Ces espèces sont considérées comme représentatives de tous les organismes aquatiques et les données relatives à d'autres espèces telles que Lemna peuvent aussi être prises en compte si la méthode d'essai est appropriée.

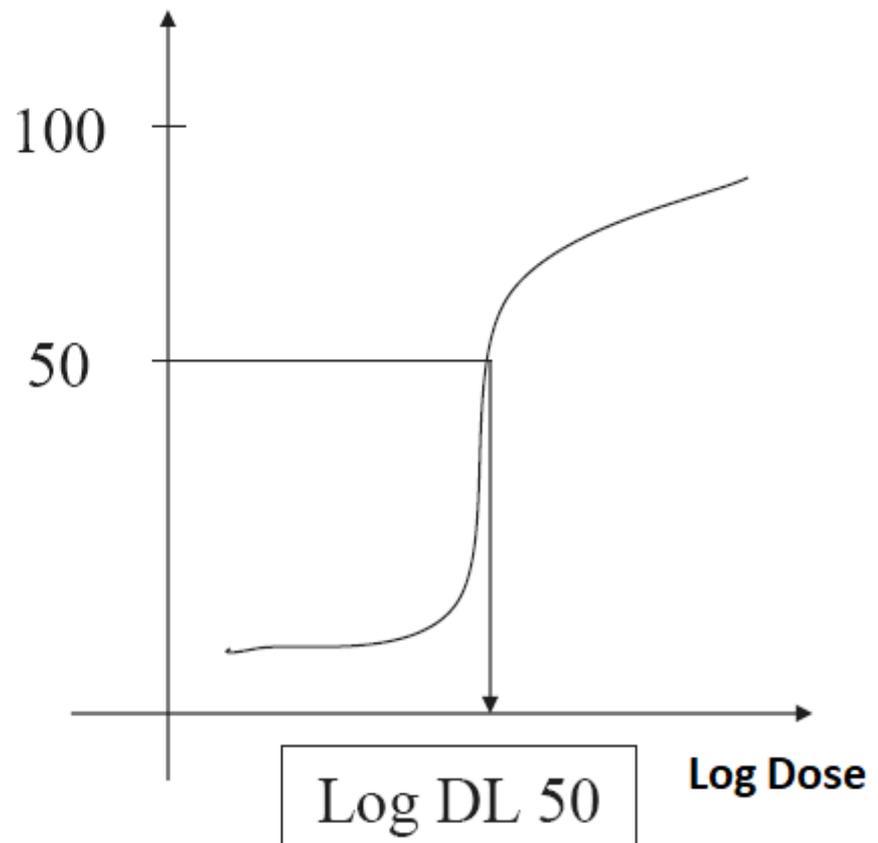
OCDE: Organisation de coopération et de développement économiques



Dose létale 50%

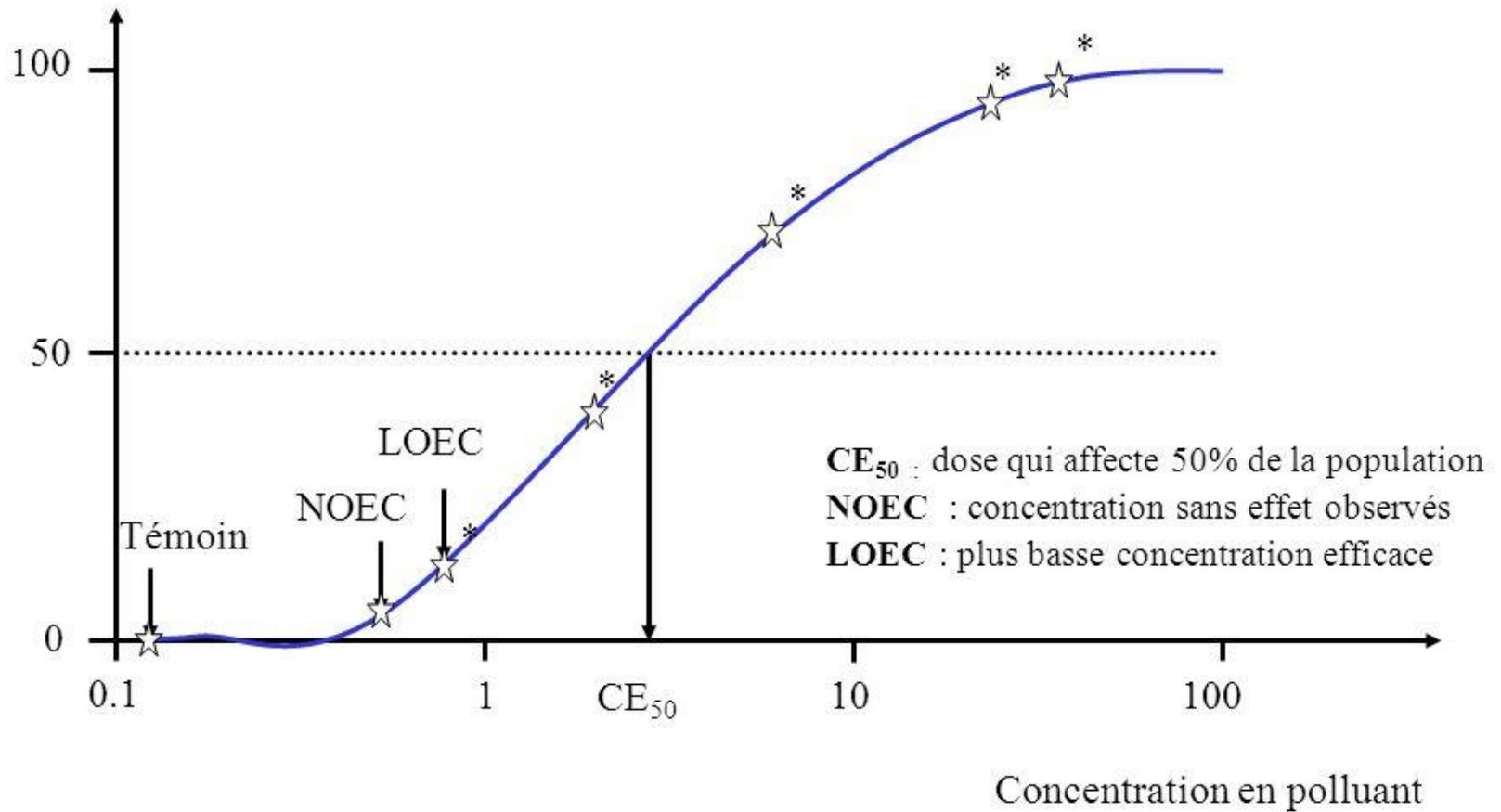
- ❖ **Courbe Dose/réponse** : Courbe en S
- ❖ Plus la dose augmente, plus la réponse augmente
 - soit par la sévérité de cette réponse
 - soit par le pourcentage des individus affectés
- ❖ **Estimation statistique** d'une dose unique de produit supposé tuer 50% des animaux expérimentés
- ❖ **Pour les gaz** : essai par inhalation CL 50
- ❖ **Procédure**
 - ❖ 5 à 6 lots d'animaux
 - ❖ 14 jours d'observation
 - ❖ Courbe en S (Courbe de Trévan)
 - ❖ DL 50 (en mg/kg de poids corporel)

% Mortalité



Courbe théorique dose réponse :

Réponse (%)



b. Toxicité aquatique chronique

Il existe moins de données sur la toxicité chronique que sur la toxicité aiguë et l'ensemble des méthodes d'essai est moins normalisé.

Les données obtenues suivant les Lignes directrices de l'OCDE

***210 (Poisson, essai de toxicité aux premiers stades de la vie) ou**

***211 (Daphnia magna, essai de reproduction) et
*201 (Algues, essai d'inhibition de la croissance) sont acceptables .**

D'autres essais validés et reconnus au niveau international conviennent également.

Les CSEO ou autres CEx équivalentes peuvent être utilisées.

c. Potentiel de bioaccumulation

Le potentiel de bioaccumulation se détermine habituellement à l'aide du **coefficient de répartition octanol/eau**, généralement donné sous forme **logarithmique (log Kow)**, déterminé selon les Lignes directrices 107 ou 117 de l'OCDE.

Cette détermination ne donne qu'une valeur théorique, alors que **le facteur de bioconcentration (FBC) déterminé expérimentalement offre une meilleure mesure et devrait être utilisé de préférence** à celle-ci, lorsqu'il est disponible. Le facteur de bioconcentration se détermine suivant la Ligne directrice 305 de l'OCDE.

« facteur de bioconcentration » Rapport entre la concentration d'une substance à l'intérieur d'un organisme et sa concentration dans l'eau (biotope), compte tenu seulement de l'absorption provenant du milieu ambiant. (bioconcentration factor)

$$\text{Cas des PCB : } F_c = \frac{[\text{PCB}]_{\text{organisme}}}{[\text{PCB}]_{\text{eau ou sol}}}$$

Les êtres vivants peuvent accumuler dans leur organisme, à des degrés divers, toute substance peu ou pas biodégradable. Certains d'entre eux présentent une aptitude particulière à la bioconcentration des polluants.

Avec un régime détritiphage, les lombrics ingèrent/j une masse d'humus égale à plusieurs fois leur poids, peuvent bioconcentrer le D.D.T. ou le pb à des concentrations très supérieures à celles des sols.

d) Dégradabilité rapide

La dégradation peut être biotique ou abiotique (par exemple par hydrolyse) et les critères appliqués reflètent ce point .

La biodégradation facile peut être déterminée en utilisant les essais de biodégradabilité (A-F) de la Ligne directrice 301 de l'OCDE.

Les substances qui atteignent les niveaux de biodégradation requis par ces tests peuvent être considérées comme capables de se dégrader rapidement dans la plupart des milieux.

2. Préparation de l'essai

- > Pour réaliser un essai de biodégradation il faut :

Simuler un milieu naturel (T° , humidité, oxygène, sels minéraux) avec grande précision.



Des micro-organismes (prélevés dans le sol) qui serviront à attaquer le polymère.

3. Principe

- > Il existe 3 essais de biodégradabilité:
Le test « In situ »,
Enfouissement en sol (le plus utilisé)



Le test en simulation de sol,
le polymère est posé sur le sol et se
dégrade sous l'effet de la chaleur

Test de Sturm, en milieu aqueux



- > Ces 3 essais ont les mêmes principes: On récupère ce qui est dégagé par le matériaux lors du test puis on compare le polymère avant et après la biodégradation:
 - Mesure de la perte de poids ou de surface (**désintégration**)
 - Mesure de CO_2 dégagé ou oxygène consommée (test respirométrique qui consiste à piéger le CO_2 en utilisant le KOH ou le NOH).
- > Travail à l'échelle microscopique

Ces essais se déroulent en eau douce, par conséquent les résultats de la Ligne directrice 306 de l'OCDE (qui se prête mieux aux milieux marins) doivent également être pris en compte.

Si ces données ne sont pas disponibles, on considère qu'un rapport DBO5 (demande biochimique en oxygène sur 5 jours)/DCO (demande chimique en oxygène) $\geq 0,5$ indique une dégradation rapide.

Remarque: On distingue des polluants stables et instables.

Beaucoup des substances rejetées sont instables, leur dégradation par des microorganismes, donne des dérivés peu ou pas toxiques.

Mais un certain nombre de composés sont peu ou pas biodégradables (substance organo-halogenées, PCB).

Ce sont des composés extrêmement stables, qui vont difficilement être dégradés à l'état simple et difficilement intégrable dans les cycles de matière et d'énergie (système de flux de l'écosystème).

Ces éléments non biodégradables vont alors contaminer les communautés végétales puis animales, c'est-à-dire l'ensemble des réseaux trophiques (différents niveaux de la chaîne alimentaire) de chaque biocénose.

A cela s'ajoute, l'élaboration de nouveaux produits plus toxiques que le produit initial (forme, méthyle mercure qui est le fait de bactéries et micro-organismes).

Par rapport à la toxicité, un des paramètres à prendre en compte est la **rémanence**.

Ainsi, les produits non rémanents, bien que souvent très toxiques, sont plus faciles à mettre en évidence que les produits rémanents (du fait de leur grande stabilité).

En effet, ceux-ci interviennent à long terme et à longue distance de l'origine de la pollution (DDT présent dans les glaces polaires, dont on estime à plus de 40 ans la durée nécessaire à leur disparition du milieu pollué).

Critères de classification des substances

Le système harmonisé de classification comprend:

3 catégories de classification pour la toxicité aiguë

4 catégories de classification pour la toxicité chronique,

Le corps du système de classification harmonisé des substances comprend:

- trois catégories de classification pour la toxicité aiguë et
- trois catégories de classification pour la toxicité chronique.

Les catégories aiguë et chronique s'appliquent indépendamment. Les critères de classification d'une substance dans les catégories Aiguë 1 à 3 sont définis exclusivement d'après des données de toxicité aiguë (CE50 ou CL50).

Les critères de classification d'une substance dans les catégories Chronique 1 à 3 résultent d'une démarche séquentielle:

1. la première étape consistant à examiner si les informations disponibles sur la toxicité chronique justifient une classification de danger à long terme. En l'absence de données appropriées sur la toxicité chronique,

2. l'étape suivante consiste à conjuguer deux types d'informations: des données de toxicité aiguë et des données sur le devenir du produit dans l'environnement (données de dégradabilité et bioaccumulation)

Danger aigu (à court terme) pour le milieu aquatique

Catégorie: Aiguë 1 (Nota 2)

CL ₅₀ 96 h (pour les poissons)	≤ 1 mg/l et/ou
CE ₅₀ 48 h (pour les crustacés)	≤ 1 mg/l et/ou
CEr ₅₀ 72 ou 96 h (pour les algues et d'autres plantes aquatiques)	≤ 1 mg/l (Nota 3)

La catégorie Aiguë 1 peut être subdivisée pour certains systèmes réglementaires de façon à inclure une gamme inférieure: C(E)L₅₀ ≤ 0,1 mg/l

Catégorie: Aiguë 2

CL ₅₀ 96 h (pour les poissons)	> 1 mais ≤ 10 mg/l et/ou
CE ₅₀ 48 h (pour les crustacés)	> 1 mais ≤ 10 mg/l et/ou
CEr ₅₀ 72 ou 96 h (pour les algues ou d'autres plantes aquatiques)	> 1 mais ≤ 10 mg/l (Nota 3)

Catégorie: Aiguë 3

CL ₅₀ 96 h (pour les poissons)	> 10 mais ≤ 100 mg/l et/ou
CE ₅₀ 48 h (pour les crustacés)	> 10 mais ≤ 100 mg/l et/ou
CEr ₅₀ 72 ou 96 h (pour les algues ou d'autres plantes aquatiques)	> 10 mais ≤ 100mg/l (Nota 3)

Certains systèmes réglementaires peuvent étendre cette fourchette au-delà d'une C(E)L₅₀ de 100 mg/l par l'introduction d'une autre catégorie.

Danger à long terme pour le milieu aquatique

- i) Substances non rapidement dégradables (Nota 4) pour lesquelles il existe des données appropriées sur la toxicité chronique

Catégorie: Chronique 1 (Nota 2)

CSEO ou CE _x chronique (pour les poissons)	≤ 0,1 mg/l et/ou
CSEO ou CE _x chronique (pour les crustacés)	≤ 0,1 mg/l et/ou
CSEO ou CE _x chronique (pour les algues ou d'autres plantes aquatiques)	≤ 0,1 mg/l

Catégorie: Chronique 2

CSEO ou CE _x chronique (pour les poissons)	≤ 1 mg/l et/ou
CSEO ou CE _x chronique (pour les crustacés)	≤ 1 mg/l et/ou
CSEO ou CE _x chronique (pour les algues ou d'autres plantes aquatiques)	≤ 1 mg/l

- ii) Substances rapidement dégradables pour lesquelles il existe des données appropriées sur la toxicité chronique

Catégorie: Chronique 1 (Nota 2)

CSEO ou CE _x chronique (pour les poissons)	≤ 0,01 mg/l et/ou
CSEO ou CE _x chronique (pour les crustacés)	≤ 0,01 mg/l et/ou
CSEO ou CE _x chronique (pour les algues ou d'autres plantes aquatiques)	≤ 0,01 mg/l

Catégorie: Chronique 2

CSEO ou CE _x chronique (pour les poissons)	≤ 0,1 mg/l et/ou
CSEO ou CE _x chronique (pour les crustacés)	≤ 0,1 mg/l et/ou
CSEO ou CE _x chronique (pour les algues ou d'autres plantes aquatiques)	≤ 0,1 mg/l et/ou

Catégorie: Chronique 3

CSEO ou CE _x chronique (pour les poissons)	≤ 1 mg/l et/ou
CSEO ou CE _x chronique (pour les crustacés)	≤ 1 mg/l et/ou
CSEO ou CE _x chronique (pour les algues ou d'autres plantes aquatiques)	≤ 1 mg/l

iii) Substances pour lesquelles il n'existe pas de données appropriées sur la toxicité chronique

Catégorie: Chronique 1 (Nota 2)

CL ₅₀ 96 h (pour les poissons)	≤ 1 mg/l et/ou
CE ₅₀ 48 h (pour les crustacés)	≤ 1 mg/l et/ou
CE _{r50} 72 ou 96 h (pour les algues ou d'autres plantes aquatiques)	≤ 1 mg/l (Nota 3)

et la substance n'est pas rapidement dégradable et/ou le facteur de bioconcentration déterminé par voie expérimentale est ≥ 500 (ou, s'il est absent, $\log K_{oe} \geq 4$) (Notas 4 et 5)

Catégorie: Chronique 2

CL ₅₀ 96 h (pour les poissons)	> 1 mais ≤ 10 mg/l et/ou
CE ₅₀ 48 h (pour les crustacés)	> 1 mais ≤ 10 mg/l et/ou
CE _{r50} 72 ou 96 h (pour les algues ou d'autres plantes aquatiques)	> 1 mais ≤ 10 mg/l (Nota 3)

et la substance n'est pas rapidement dégradable et/ou le facteur de bioconcentration déterminé par voie expérimentale est ≥ 500 (ou, s'il est absent, $\log K_{oe} \geq 4$) (Notas 4 et 5)

Catégorie: Chronique 3

CL ₅₀ 96 h (pour les poissons)	> 10 mais ≤ 100 mg/l et/ou
CE ₅₀ 48 h (pour les crustacés)	> 10 mais ≤ 100 mg/l et/ou
CE _{r50} 72 ou 96 h (pour les algues ou d'autres plantes aquatiques)	> 10 mais ≤ 100 mg/l (Nota 3)

et la substance n'est pas rapidement dégradable et/ou le facteur de bioconcentration déterminé par voie expérimentale est ≥ 500 (ou, s'il est absent, $\log K_{oe} \geq 4$) (Notas 4 et 5)

Le système une classification de type «filet de sécurité» (catégorie Chronique 4):

lorsque les données disponibles ne permettent pas de classer la substance d'après les critères officiels, mais suscitent néanmoins certaines préoccupations.

Les critères précis ne sont pas définis, à une exception près : Les substances peu solubles dans l'eau pour lesquelles aucune toxicité n'a été démontrée peuvent être classées si elles ne se dégradent pas rapidement et si elles présentent en outre un potentiel de bioaccumulation.

On estime que pour ces substances peu solubles, la toxicité peut ne pas avoir été évaluée correctement au cours de l'essai à court terme en raison des faibles niveaux d'exposition et de la lenteur potentielle de l'absorption par l'organisme.

c) **Classification de type « filet de sécurité »**

Catégorie: Chronique 4

Les substances peu solubles pour lesquelles aucune toxicité aiguë n'a été enregistrée aux concentrations allant jusqu'à leur solubilité dans l'eau, qui ne se dégradent pas rapidement et qui possèdent un $K_{oe} \geq 4$, indiquant qu'elles sont susceptibles de s'accumuler dans les organismes vivants, seront classées dans cette catégorie, à moins que d'autres données scientifiques montrent que cette classification est inutile. Ces données scientifiques incluent un facteur de bioconcentration déterminé par voie expérimentale < 500 ou des CSEO de toxicité chronique $> 1 \text{ mg/l}$, ou des données attestant une dégradation rapide dans l'environnement.

Différence entre contamination et pollution

Contaminer vient du latin « *contaminare* », qui signifie « souiller par contact », « faire perdre la pureté initiale ». **Un contaminant est un élément qui a été ajouté dans un milieu.** De part sa nouvelle présence même, il a modifié l'état initial du milieu, celui-ci n'est plus le même. M de La Palice n'aurait pas dit mieux

Polluer vient du latin « *polluere* », qui signifie « salir », ce qui suggère une progression du niveau de contamination. **Un polluant est un contaminant qui a dégradé l'état du milieu, qui l'a perturbé, qui a eu un effet délétère sur son fonctionnement, dont l'action s'est avérée toxique, qui empêche l'usage qui en est fait habituellement...**
en résumé, **qui a eu un impact négatif mesurable.**



La contamination souille là où la pollution dégrade. Un contaminant pourra être qualifié de polluant en fonction, notamment, de sa quantité dans le milieu, de sa propre toxicité potentielle, de sa biodisponibilité, de son interaction avec l'environnement, de la capacité de l'écosystème à « absorber » la contamination et de notre capacité à mesurer son impact.

Contaminant

Définition

Élément, tel qu'une matière solide, liquide ou gazeuse, une radiation, un son, une vibration, une chaleur ou une odeur, susceptible de nuire à la santé des êtres vivants ou d'altérer la qualité de l'environnement.

Note(s) : Dans certains contextes, les termes contaminant et polluant sont employés comme des synonymes.

La distinction entre ces deux concepts varie considérablement selon les sources, certains affirmant par exemple qu'un contaminant est un polluant présent à des quantités décelables dans la nature, alors que d'autres affirment qu'un polluant est un contaminant présent en quantité excessive dans un milieu donné.

Une très ancienne conversation entre mari et femme concernant leurs moyens de subsistance. Bien entendu, il n'est pas inhabituel pour des couples d'évoquer la possibilité de gagner davantage d'argent une conversation sur ce sujet qui remonte au VIII siècle avant J.-C. présente un intérêt particulier.

Comme le raconte le texte sanskrit de Brihadaranyaka Upanishad, Maitreyee et son mari Yajnavalkya parlent précisément de ce sujet.

Mais ils passent rapidement à une question plus vaste que le simple moyen de gagner davantage d'argent : comment cette richesse les aidera-t-elle à obtenir ce qu'ils veulent ?

Maitreyee se demande s'il serait possible, au cas où toute la terre et l'ensemble de ses richesses n'appartiendraient qu'à elle, qu'elle parvienne ainsi à l'immortalité.

"Non", répond Yajnavalkya, "ta vie sera alors semblable à la vie des gens riches, mais la richesse ne permet en aucun cas d'atteindre l'immortalité".

Maitreyee fait alors observer "qu'ai-je à faire de ce qui ne me permet pas d'accéder à l'immortalité ?".