

TD III. Conséquences écologiques et effets écotoxicologiques de la pollution des eaux

1) **L'écotoxicologie** : C'est la science qui étudie **les impacts des agents polluants sur la structure et le fonctionnement des écosystèmes**. Ces agents polluants modifient la répartition dans les différents compartiments de la biosphère. Les effets d'un agent polluant dépendent de plusieurs facteurs, comme par exemple l'évolution du polluant dans le milieu, le mode et la voie d'administration du polluant.

L'objectif de l'écotoxicologie est avant tout la **prévention**. Pour cela, l'écotoxicologie caractérise le **risque d'une substance** qui est fonction (i) du **danger** de la substance et (ii) de la **probabilité d'exposition** à cette substance.

2) **Notions de danger** : **Le danger** est fonction de la toxicité intrinsèque de la substance. Cette toxicité est évaluée en laboratoire à l'aide de tests sur différents organismes de la chaîne trophique, et permet de déterminer une **concentration en dessous de laquelle la substance n'a pas d'effets nocifs** sur l'organisme testé.

On distingue deux types de toxicité:

- la **toxicité aiguë** dont les **effets** sont rapides et **généralement mortels** suite à une exposition très courte à une concentration élevée de substance toxique. Les polluants sont toxiques à des doses de l'ordre du microgramme par litre. La concentration conduisant à des effets toxiques aigus est forte par rapport à celle conduisant à des effets toxiques chroniques.

- la **toxicité chronique** dont les effets apparaissent **après une exposition prolongée à la substance**, mais sont imperceptibles sur une courte échelle de temps. La substance peut exprimer sa toxicité de différentes façons. Elle peut se bio accumuler dans les tissus de l'organisme. Après un temps de latence suffisamment long, la concentration accumulée dépasse le seuil de toxicité chronique et les effets toxiques s'expriment. La substance peut également provoquer à de faibles concentrations de légers symptômes. Lorsque ces symptômes se prolongent dans le temps, ils entraînent un dysfonctionnement de l'organisme beaucoup plus important. **Le seuil de toxicité aiguë est toujours plus élevé que le seuil de toxicité chronique.**

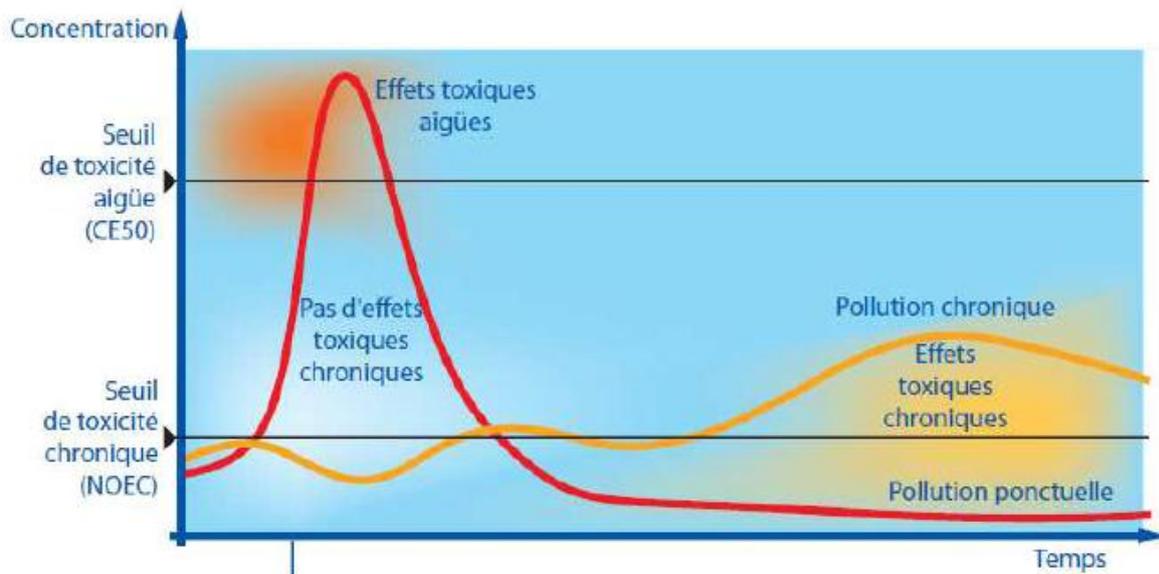


Fig. 1. Principes des toxicités aiguës et chroniques

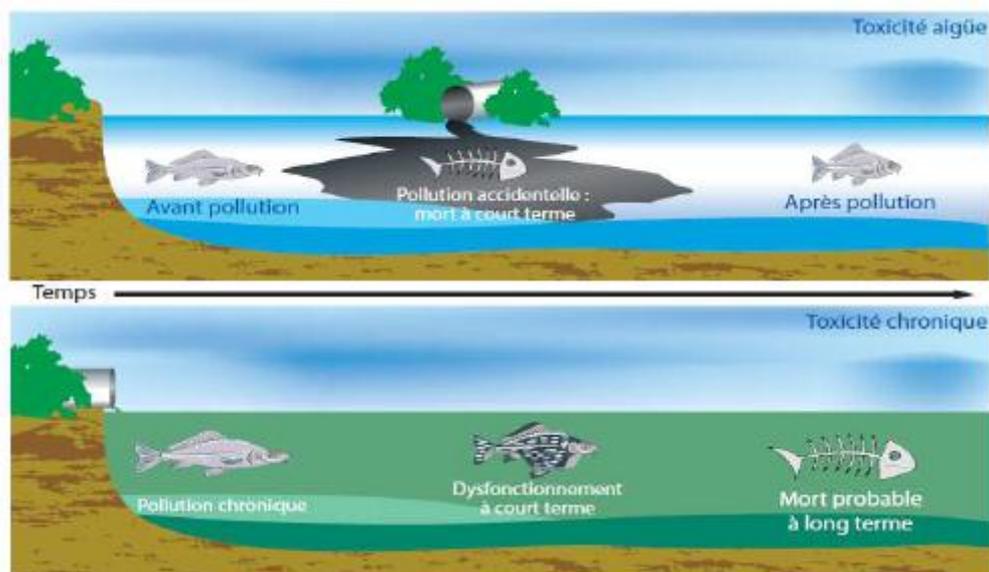


Fig.2. Pollutions chroniques ou aiguës : Une toxicité différente

Pour évaluer la toxicité d'une substance, des tests de laboratoire standardisés sont utilisés. Le principe est de déterminer à quelle concentration une substance est toxique sur un organisme, afin d'appréhender les effets de cette substance sur les populations du milieu. Des organismes vivants sont mis en contact avec les substances à tester et les effets de cette exposition sont observés. Pour une évaluation correcte de la toxicité, il est nécessaire d'effectuer ces tests sur plusieurs organismes de la chaîne trophique (en général : bactéries, algues, daphnies (microcrustacés), poissons...).

Exemple : le toluène

- Seuil de toxicité aiguë = 6,3 mg/l (tests effectués sur poissons, *Oncorhynchus kisutch*, pendant 96 heures).
- Seuil de toxicité chronique = 1,4 mg/l (tests effectués sur poissons, *Oncorhynchus kisutch*, pendant 40 jours).

3) Notions d'exposition

La **probabilité d'exposition** à une substance est relative à tout ce qui peut déterminer le devenir de la substance dans l'environnement. Ainsi, elle dépend essentiellement de ses **propriétés physico-chimiques** qui vont influencer le devenir et la persistance du polluant dans le milieu naturel mais également des **caractéristiques du milieu récepteur**. La probabilité d'exposition prend également en compte la **durée d'exposition** (continue, occasionnelle), la **voie d'exposition** (per-cutanée, ingestion, inhalation...) et **l'individu exposé** (sexe, âge...).

L'exposition est donc la résultante d'un couple "concentration en polluants/durée" auquel les organismes sont exposés. Certains facteurs influençant le devenir et la persistance des polluants dans le milieu aquatique à savoir la biodisponibilité, la biodégradation, la bioaccumulation

a) La biodisponibilité

La biodisponibilité se définit comme la propriété d'un élément ou d'une substance d'atteindre les membranes cellulaires des organismes vivants. Il s'agit d'un des paramètres essentiels de la toxicité car **un changement de la biodisponibilité d'un polluant équivaut à un changement de toxicité**. C'est le statut physique (adsorbé, solubilisé) ou chimique (complexé, ionisé) dans lequel se trouve un polluant qui conditionne son écotoxicité.

Un polluant, dans un compartiment, peut-être à la fois toxique et non toxique pour un organisme s'il est ou non bio disponible. Si nous prenons l'exemple du mercure (Hg) fixé dans les sédiments, il est, sous cette forme, non toxique pour les organismes qui vivent dans les sédiments car non bio disponible. A l'inverse, le Hg en solution dans les sédiments est toxique car bio-disponible pour les organismes des sédiments. Les organismes de pleine eau (zooplancton, algues, poissons de pleine eau) ont peu de risques d'y être exposés.



Fig. 3: La biodisponibilité, paramètre essentiel de la toxicité : le cas du mercure

b) La dégradation et la biodégradation

Ce sont les principaux facteurs qui régissent le devenir des substances chimiques dans l'environnement. **La dégradation** désigne toute action physico-chimique aboutissant à la minéralisation plus ou moins complète d'une molécule. La **biodégradation** est une dégradation biologique effectuée par les êtres vivants (bactéries, champignons...). Elle est fonction de l'abondance et de la variété des micro-organismes dans le milieu considéré. L'attaque d'une molécule chimique par des micro-organismes a pour aboutissement sa minéralisation et l'obtention de métabolites de faibles poids moléculaires (également appelés "sous-produits").

Deux types de biodégradation sont distingués:

- la **biodégradation primaire** qui est une attaque partielle de la molécule. Dans certains cas, elle peut aboutir à l'apparition de métabolites persistants, plus biodisponibles et/ou plus toxiques que la molécule initiale.
- la **biodégradation ultime** qui est une dégradation complète conduisant à la formation de dioxyde de carbone, méthane, eau, éléments minéraux. Cette biodégradation, si elle se fait rapidement, conduit à l'élimination du polluant dans le milieu.

Une substance qui subit une biodégradation ultime est une substance qui présente moins de risque pour l'environnement aquatique qu'une substance qui subit une biodégradation primaire.

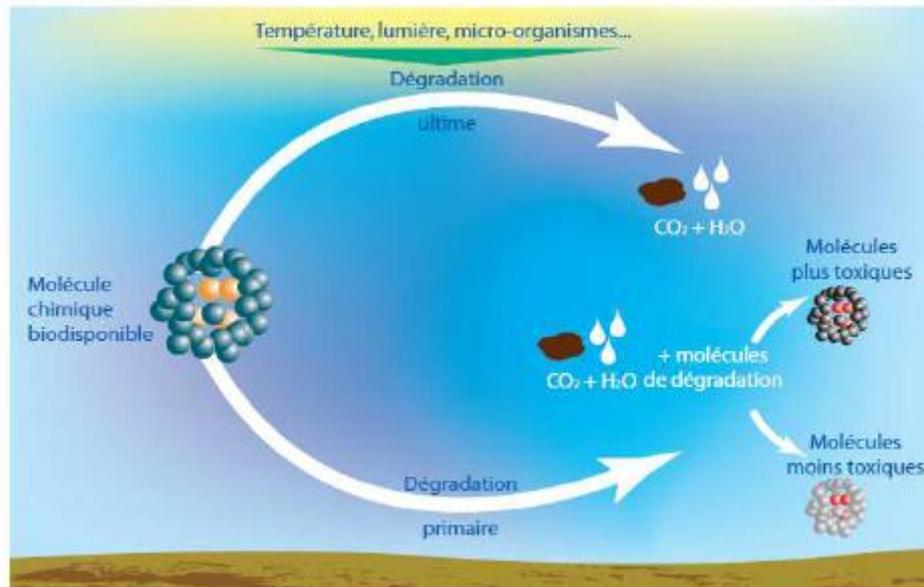


Fig. 4: Dégradation primaire ou ultime : un risque différent

Pour évaluer la biodégradabilité d'une substance, il existe des méthodes normalisées basées sur des suivis de cinétique de dégradation bactérienne en conditions standard de laboratoire. Cependant, à défaut, 2 paramètres facilement mesurables peuvent être utilisés pour avoir une appréciation de l'aptitude à la biodégradation des molécules :

- **DBO (Demande Biologique en Oxygène)** : quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes pour dégrader toutes les matières organiques fermentescibles, ou substances biodégradables.
- **DCO (Demande Chimique en Oxygène)** : quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder par voie chimique tous les éléments oxydables.

On utilise en général la DBO5 qui est la demande en oxygène des micro-organismes sur 5 jours de test. Une substance est facilement biodégradable si $DBO5/DCO \geq 0,5$. **Exemples :** Substances peu biodégradables : organochlorés (DDT), PCB...

c) La bioaccumulation

La bioaccumulation est l'accumulation de substances toxiques dans les tissus des organismes vivants. Tous les organismes vivants sont ainsi capables, à divers degrés, d'accumuler des substances toxiques, ce qui peut, dans un certain nombre de cas, entraîner des phénomènes de transfert et d'amplification dans la chaîne alimentaire, avec des teneurs observées d'autant plus fortes que l'organisme est élevé dans la chaîne trophique.

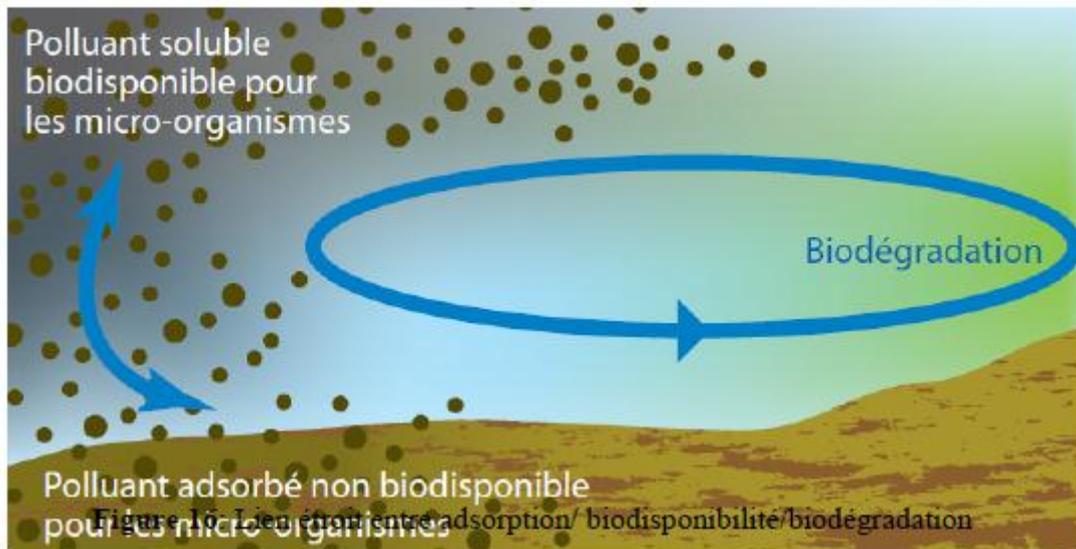


Figure 5: Lien étroit entre adsorption/ biodisponibilité/biodégradation