

**CNEEIC**

**Collège National d'Experts  
en Environnement de l'Industrie Chimique**

Secrétariat : Le Diamant A - 92909 PARIS LA DEFENSE CEDEX

☎ : 01.46.53.11.14 - Fax : 01.46.53.11.04

---

# LES PROPRIÉTÉS ENVIRONNEMENTALES DES SUBSTANCES

---

**Version révisée - juillet 2010**

Rédigé par : Roger PAPP, Président du Comité Scientifique et Technique du CNEEIC. Professeur honoraire de l'Ecole Centrale de Paris.

**Les Propriétés Environnementales des Substances Rév 1– Roger Papp © CNEEIC –  
Collège National d'Experts en Environnement de l'Industrie Chimique - [www.cneec.org](http://www.cneec.org)**

# LES PROPRIÉTÉS ENVIRONNEMENTALES DES SUBSTANCES

## SOMMAIRE

**I – INTRODUCTION**

**II – LES PROPRIÉTÉS DE RÉPARTITION ET DE TRANSPORT**

**2.1 / LA VOLATILISATION À PARTIR DU MILIEU AQUATIQUE**

**2.2 / L'ADSORPTION SUR LES SOLS ET LES SÉDIMENTS**

**III – LA BIOCONCENTRATION DANS LES ESPÈCES AQUATIQUES  
BIOACCUMULATION – BIOMAGNIFICATION**

**IV – L'HYDROLYSE DES SUBSTANCES**

**V – LA BIODÉGRADATION**

**VI – LES PROPRIÉTÉS ÉCOTOXICOLOGIQUES DES SUBSTANCES  
ESSAIS D'ÉCOTOXICITÉ AQUATIQUE  
LES CLASSEMENTS DE L'UNION EUROPÉENNE**

**VII – LA PHOTOLYSE ET LA PHOTO OXYDATION DES SUBSTANCES  
(dans l'atmosphère et dans l'eau)**

## **REFERENCES**

**ANNEXE 1 : Définitions**

**ANNEXE 2 : Sources de données. Exemples de recherche sur Environmental Fate Data Base (EFDB)**

**ANNEXE 3 : Distribution ultime d'une substance dans l'environnement suivant modèle de Mac Kay de niveau I – exemple**

**ANNEXE 4 : Critères de persistance et de bioaccumulation d'après le Règlement REACH**

**ANNEXE 5 : Les essais normalisés de produits chimiques biodégradation et accumulation**

**ANNEXE 6 : Rappels de cinétique chimique**

**ANNEXE 7 : Les food chain multipliers FCM, selon US EPA**

oooooooooooooooooooo

## I – INTRODUCTION

Toute émission d'une substance dans l'environnement –air, eau, sol- est susceptible d'avoir un impact sur l'homme et l'environnement.

L'analyse des risques environnementale a pour objet de caractériser l'impact sur l'environnement et d'évaluer de tels risques.

Pour effectuer ces études et pour chaque substance émise, il est nécessaire de disposer des propriétés environnementales de cette substance.

Ces propriétés permettent de prévoir :

- **la répartition** de la substance dans les compartiments de l'environnement (air, eau, sol, sédiments).

Cette étude de répartition fait appel à des propriétés physico-chimiques : volatilité, solubilité, adsorption, coefficient de partage eau-octanol, etc... qui permettent d'évaluer la concentration de la substance dans les compartiments. On parle alors de propriétés de transport.

Ainsi, le chlorure de vinyle, fortement volatil, s'évapore rapidement du milieu aqueux. Une émission de chlorure de vinyle dans l'eau se retrouvera à 99 % dans l'air atmosphérique. Au contraire, les hydrocarbures aromatiques polycycliques à plus de 5 noyaux benzéniques se retrouveront à 99% dans les sols et les sédiments

Cette étude de répartition est fondamentale puisque le risque dans un compartiment donné est lié à la concentration de la substance dans ce compartiment.

- **le devenir de la substance** dans un compartiment considéré.

De nombreux phénomènes tendent à transformer la substance dans l'environnement. Par exemple :

- La biodégradation, aérobie ou anaérobie.
- L'hydrolyse.
- La photolyse directe, la photo minéralisation.
- La décomposition.
- L'oxydation.
- La photo-oxydation dans l'atmosphère et dans l'eau, ou photolyse indirecte

Il est nécessaire pour effectuer une prévision correcte du devenir des substances dans l'environnement, de connaître l'importance de ces phénomènes et leur cinétique, processus qui vont transformer la substance.

Évidemment, il faudra s'intéresser aux produits secondaires obtenus (par exemple, les radicaux peroxyacétyl, produits par la photo-oxydation de l'acétone, peuvent réagir avec les oxydes d'azote pour former du peroxyacétylnitrate -- PAN, nocif pour l'environnement et la santé, de même que l'ozone). En biodégradation, certains métabolites peuvent poser problème, par exemple, le DDE métabolite du DDT, est aussi persistant et bioaccumulable.

- enfin la connaissance des **propriétés toxicologiques et écotoxicologiques** de la substance est indispensable à l'évaluation des risques :
  - Toxicologiques : effets sur l'homme et les animaux supérieurs.
  - Écotoxicologiques : effets sur la faune et la flore.

Les effets toxicologiques sont en général assez bien connus, bien que les problèmes d'extrapolation des essais de laboratoire soient importants (métabolisme, effets de concentration –« threshold value »). En outre les critères de cancérogénèse, de toxicité pour la reproduction et d'effets perturbateurs endocriniens sont souvent imprécis. Mais le problème est beaucoup plus complexe pour la faune aquatique très diversifiée : bactéries, algues, crustacés, poissons ne réagissant pas de la même façon. De grandes différences sont constatées suivant les espèces. La réglementation aura tendance à ne considérer que les effets les plus importants et les espèces les plus sensibles.

- **Bioaccumulation et biomagnification. Persistance.**

Les effets toxicologiques peuvent se manifester à travers la chaîne alimentaire. Ainsi le DDT, le mercure, se concentrent à travers la chaîne des poissons prédateurs et peuvent ainsi être ingérés par l'homme. Les dioxines se concentrent à travers les poissons, mais aussi les ruminants, le lait, les œufs...

Pour aboutir à ce résultat la substance doit être **bioaccumulable** c'est-à-dire que la substance doit franchir les barrières biologiques et se concentrer dans les graisses du poisson. La bioaccumulation est une propriété possible des substances lipophiles et peu solubles, appelées aussi hydrophobes.

Ainsi le DDT se concentre 39 000 fois dans le poisson, ce qui signifie qu'une concentration de 0,01 microgramme par litre suffit pour faire apparaître des concentrations de 0,39 mg par kg dans le poisson, en supposant l'équilibre et le renouvellement du milieu pour que la concentration dans l'eau soit constante.

Il faut également que la substance ne soit pas **éliminée** par l'animal ou **métabolisée** en d'autres substances. La métabolisation est une forme de dégradation de la substance.

La combinaison de facteurs de bioaccumulation élevés et de l'absence de dégradation – que ce soit dans la nature ou dans l'organisme de l'espèce biologique- ou d'une vitesse d'élimination insuffisante, aboutit à un phénomène de **biomagnification**. (Voir en III et en Annexe 1 les définitions de ces termes). Le Canada parle de **bioamplification**, terme plus adapté car biomagnification est un anglicisme.

Des substances particulièrement connues à cet égard sont les dioxines et furanes. La concentration de 6 picogrammes par gramme de crème retrouvée dans le lait de vache dans les années 1990 provenait de la contamination de l'herbe autour des sites émetteurs (incinérateurs). Par le lait mais aussi d'autres aliments, poissons, viande, œufs, les dioxines atteignent l'homme, qui en « ingère » à peu près 1 picogramme par kilogramme de poids corporel et par jour (L'OMS estime à 4 pg/kg jour la dose acceptable et L'Union Européenne a fixé cette dose à 1 pg/kg jour.) les dioxines ne sont pas génotoxiques, et il existe donc une dose sans effet (CSHPF)

L'estimation de la « dose acceptable » est souvent sujet de controverse. Ainsi la dose OMS pour la dioxine 2, 3, 7, 8 polychlorodibenzodioxine (PCDD)<sup>1</sup> n'est pas acceptée par l'EPA aux USA qui a fixé cette dose de façon assez irréaliste à 0,07 pg par kg et par jour !, chiffre non accepté par d'autres instances réglementaires aux États-Unis, et donc non publié.

Il est clair qu'une substance biomagnifiable est susceptible d'avoir un impact important sur l'environnement et sur l'homme, en particulier par sa nourriture. S'y ajoute la notion « d'accumulation » de la substance si celle-ci se dégrade peu dans l'environnement (notion de persistance).

Il faut cependant faire une différence entre biomagnification et bioaccumulation. Toutes les substances susceptibles de se bioaccumuler ne sont pas nécessairement persistantes et biomagnifiables. Ainsi le cuivre, bioaccumulable, est suffisamment éliminé par les espèces pour que la biomagnification n'ait pas lieu, ce qui n'est pas le cas du mercure. En outre, la vitesse d'élimination peut augmenter moins vite dans la chaîne trophique que les besoins en nourriture pour satisfaire les besoins en énergie, et la concentration en substance lipophile dépend de la teneur en lipides de l'espèce : la concentration en substance dans les prédateurs peut donc augmenter sans qu'il y ait biomagnification (Le Blanc 1995) Finalement la biomagnification est un phénomène assez rare.

oooooooooooooooooooooooooooo

---

<sup>1</sup> Cette dose est en général exprimée en Toxic Equivalent (ITEQ) à la dioxine 2, 3, 7, 8, grâce à des facteurs d'équivalence définis pour les différents isomères de la famille des dioxines et des furanes. Il existe également des facteurs d'équivalence pour les 12 congénères PCB classés « dioxine like »