

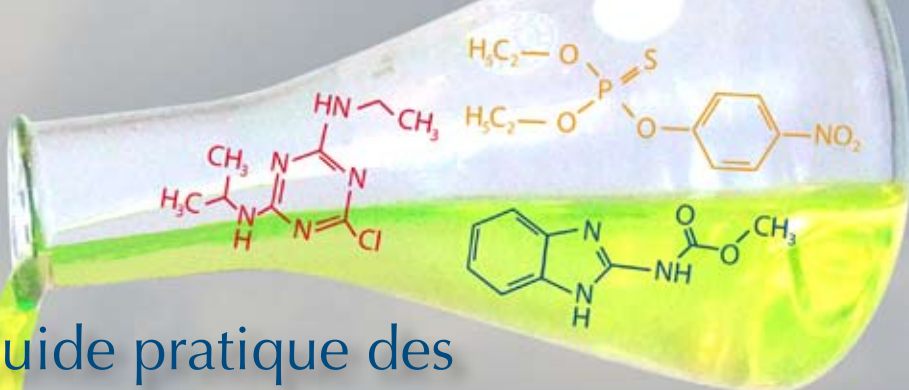


eau  
seine  
NORMANDIE



Guide pratique des  
**Substances Toxiques**  
dans les  
Eaux Douces et Littorales

du bassin  
**Seine-Normandie**



ENSEMBLE  
DONNONS  
VIE à L'eau

Agence de l'eau





**Guide pratique  
des  
Substances Toxiques  
dans les Eaux  
Douces et Littorales  
  
du Bassin  
Seine-Normandie**



Mise à jour février 2008



### **Auteurs AQUASCOP :**

Danielle LEVET

avec la collaboration de

Agnès LE HEN

Sandrine JACQUES

Jérôme MOUCHELIN

Alain BERLY

1, avenue de Bois l'Abbé - 49070 Angers-Beaucouzé

### **Comité de rédaction AESN :**

Jean DUCHEMIN

Mireille RAGUET

Baptiste CASTEROT

Anne-Sophie ALLONIER-FERNANDES

Claude MIGNARD

Arnaud MOKRANI

Manuel SARRAZA

### **Remerciements**

Nous remercions de leur collaboration à ce dossier :

Sarah Feuillette, AESN

Cédric Fisson, GIP Seine-aval - Rouen

Xavier Sarda et Anthony Fastier, DIVE - AFSSA - Maison Alfort

Maxime Pontié, Groupe Analyses et Procédés, Université d'Angers

Marine Liétout, Jonathan Pillier, AQUASCOP

### **Crédit photographique**

Agence de l'Eau Seine-Normandie

AQUASCOP

Photo de couverture : Emmanuelle Vastel

### **Coordination et diffusion :**

Jean Duchemin

DDD - Chargé de mission eau et santé

AESN - DLM

21 rue de l'Homme-de-Bois - 14600 Honfleur

02 31 81 90 00

duchemin.jean@aesn.fr

# SOMMAIRE

## UN GUIDE POUR LES ACTEURS DE L'EAU ..... 6

### QU'EST CE QUE LA POLLUTION PAR LES TOXIQUES ? .. 7

Qu'est-ce qu'un toxique ? .....	7
Toxicologie et écotoxicologie .....	7
Micropolluants .....	7
D'où vient la pollution toxique ? .....	7
Les principaux groupes de substances toxiques .....	8
Les métaux .....	8
Autres micropolluants minéraux .....	8
Les organométalliques .....	8
Les HAP .....	9
Les PCB .....	9
Les diphényles polybromés (PBDE, PBB) .....	10
Les solvants .....	10
Autres organochlorés .....	10
- Les chloroalcanes .....	10
- Les chlorophénols .....	10
- Les chloroanilines .....	11
Détergents et plastifiants .....	11
- Les alkylphénols .....	11
- Les phtalates .....	11
- Le bisphénol A .....	11
MTBE (méthyl-tert-butyl éther) .....	11
Les pesticides .....	11
Les biocides, dont désinfectants et conservateurs .....	12
Les produits pharmaceutiques .....	12
L'analyse des toxiques .....	12
Le prélèvement, une étape déterminante .....	13
Des méthodes normalisées, mais pas pour toutes les substances .....	13
Les difficultés de l'analyse des micropolluants .....	13
Des analyses dans l'eau, le sédiment et le biote ..	13

### COMPORTEMENT DES TOXIQUES DANS

### L'ENVIRONNEMENT ..... 14

Dispersion et circulation .....	14
Les polluants passent d'un compartiment environnemental à un autre .....	14
Dégradation, biodégradation et persistance .....	14
Les processus d'insertion des polluants dans les réseaux trophiques .....	15
La biodisponibilité .....	15
Bioaccumulation et bioconcentration .....	15

### ESTIMATION DE L'EFFET D'UN CONTAMINANT SUR LES POPULATIONS D'UN ECOSYSTEME (ECOTOXICITE) ... 16

MESURE de la toxicité INTRINSEQUE (ou danger) d'une substance vis-a-vis d'organismes aquatiques .....	16
Toxicités aiguë et chronique .....	16
Synergie, effets «cocktail» et antagonisme .....	16
PNEC .....	17
Evaluation du risque toxique en milieu aquatique au moyen du rapport PEC/PNEC .....	17
La prise en compte des risques sanitaires .....	17
Evaluation des risques sanitaires liés à l'eau .....	17
Méthodes alternatives en toxicologie .....	18

### LE DIAGNOSTIC ET LA SURVEILLANCE DE L'ÉTAT DES MILIEUX NATURELS AQUATIQUES ..... 18

Un ensemble de réseaux de mesure denses et pérennes .....	18
Des mesures sur les différents éléments constitutifs du milieu .....	19
Les biomarqueurs écotoxicologiques de terrain .....	19
Les indicateurs de fonctionnement de l'écosystème (ou bioindicateurs) .....	19
Des actions ciblées .....	19
Des organismes d'étude et de recherche .....	20
Des axes de recherche .....	20

### LA PRISE EN COMPTE DES TOXIQUES PAR LA RÉGLEMENTATION ..... 21

Certains toxiques donnent lieu à DES restrictions de mise sur le marché et/ou d'emploi .....	21
La nouvelle réglementation européenne REACH renforce le contrôle a priori des produits chimiques .....	21
Les substances dangereuses sont spécifiquement classées, emballées et étiquetées .....	21
Des normes règlementent les teneurs en toxiques de l'eau selon ses usages .....	22
Eau potable .....	32
Eaux conchylicoles (culture des huîtres, moules, coques, praires, ...) .....	33
Baignade .....	33
Des normes règlementent les teneurs en toxiques dans les produits de la pêche et de l'aquaculture .....	22
Des normes règlementent la qualité environnementale des milieux aquatiques .....	22

La Directive cadre sur l'eau (DCE).....	22
Les normes de qualité environnementales .....	23
Normes de qualité environnementales provisoires (NQE <sub>p</sub> ) (circulaire du 7 mai 2005) .....	23
La réglementation des rejets .....	23
Rejets de substances polluantes .....	23
Appréciation de l'effet d'une opération sur le milieu naturel .....	24
Suivi des toxiques rejetés .....	24
<b>DES PROGRAMMES ET PLANS D' ACTIONS PUBLIQUES POUR PREVENIR ET LIMITER LA DISPERSION DES TOXIQUES DANS LES MILIEUX AQUATIQUES PAR LES ACTIVITES HUMAINES .....</b>	<b>24</b>
Le programme «3RSDE».....	24
Le programme national d'actions contre la pollution des milieux aquatiques par certaines substances dangereuses .....	24
Le plan national santé environnement .....	25
Le plan interministériel de réduction des risques liés aux pesticides .....	25
<b>FICHES TECHNIQUES - PRINCIPALES FAMILLES DE MICROPOLLUANTS DANS LE BASSIN SEINE-NORMANDIE .....</b>	<b>26</b>
<b>Métaux .....</b>	<b>30</b>
<b>Cadmium .....</b>	<b>30</b>
<b>Mercure .....</b>	<b>36</b>
<b>Nickel .....</b>	<b>42</b>
<b>Plomb .....</b>	<b>48</b>
<b>Argent .....</b>	<b>54</b>
<b>Chrome.....</b>	<b>59</b>
<b>Cuivre .....</b>	<b>64</b>
<b>Zinc .....</b>	<b>70</b>
<b>Métalloïdes et Organométalliques .....</b>	<b>75</b>
<b>Arsenic .....</b>	<b>75</b>
<b>Sélénium .....</b>	<b>80</b>
<b>Antimoine.....</b>	<b>85</b>
<b>Organoétains.....</b>	<b>89</b>
<b>Organiques.....</b>	<b>96</b>
<b>Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)....</b>	<b>96</b>
<b>HAP Pyrolytiques.....</b>	<b>101</b>
<b>Fluoranthène, naphtalène, acénaphène, anthracène .....</b>	<b>109</b>

<b>Polychlorobiphényles (PCB, PCB-DL), dioxynes (PCDD) et furanes (PCDF).....</b>	<b>116</b>
<b>Polybromodiphényléthers (PBDE) et polybromobiphényles (PBB).....</b>	<b>128</b>
<b>Benzène et dérivés .....</b>	<b>133</b>
<b>Solvants chlorés aliphatiques .....</b>	<b>142</b>
<b>C10-13 Chloroalcanes.....</b>	<b>151</b>
<b>Chlorophénols .....</b>	<b>154</b>
<b>Alkylphénols.....</b>	<b>158</b>
<b>Phtalates .....</b>	<b>162</b>
<b>Bisphénol A .....</b>	<b>167</b>
<b>Chloroanilines .....</b>	<b>170</b>
<b>MTBE .....</b>	<b>174</b>
<b>Formaldéhyde (Formol).....</b>	<b>177</b>
<b>Parabènes .....</b>	<b>180</b>
<b>Pesticides.....</b>	<b>183</b>
<b>Triazines.....</b>	<b>188</b>
<b>Urées substituées.....</b>	<b>196</b>
<b>Organochlorés .....</b>	<b>206</b>
<b>Alachlore .....</b>	<b>216</b>
<b>Carbamates .....</b>	<b>220</b>
<b>Organophosphorés .....</b>	<b>227</b>
<b>Glyphosate (et AMPA) .....</b>	<b>234</b>
<b>Aminotriazole .....</b>	<b>241</b>
<b>Pyréthrinoïdes.....</b>	<b>244</b>
<b>Substances pharmaceutiques et hormones .....</b>	<b>251</b>

## **BILAN ET PERSPECTIVES DANS LE BASSIN SEINE-NORMANDIE .....**

Bibliographie.....	257
Glossaire .....	260
Sigles et abréviations.....	264
Récapitulatif des principaux textes règlementaires .....	266
Signification des cadres de «classification environnementale», risques et conseils de prudence .....	268
Quelques listes de substances toxiques .....	270
Adresses utiles.....	271

## UN GUIDE POUR LES ACTEURS DE L'EAU

**N**otre société utilise des dizaines de milliers de produits chimiques, d'origine naturelle (sels minéraux, hydrocarbures, métaux lourds) ou synthétique (solvants, plastifiants, cosmétiques, détergents, médicaments, phytosanitaires...). Ceux-ci, par leur écotoxicité, leur persistance, bioaccumulation, ou celles de leurs métabolites, dans les écosystèmes aquatiques et chez le consommateur en bout de chaîne trophique (homme, oiseau piscivore, mammifère marin), sont susceptibles d'entraîner des menaces pour la santé et la biodiversité.

Les conventions marines (OSPAR...), la Directive-cadre sur l'Eau (liste des substances prioritaires), le Plan National Santé Environnement (PNSE, action II sur les « substances émergentes ») se font l'écho de cette préoccupation.

La variété et la complexité des substances en cause, le vocabulaire spécifique qui les définit et les décrit laissent souvent perplexes usagers, industriels ou agriculteurs qui les manipulent, ou les services publics locaux chargés de ces polluants et de leurs impacts.

Le bassin Seine-Normandie regroupe 30% de la population française et 40% de l'industrie nationale.

Le présent guide pratique est à destination des acteurs de l'eau, des enseignants, du milieu médical et du monde associatif. Il présente :

- les principales familles de substances chimiques toxiques et écotoxiques, l'accent étant mis sur les plus persistantes et bioaccumulables, produites ou utilisées dans le bassin, susceptibles d'affecter le milieu aquatique, ses chaînes trophiques et ses usages (y compris la pêche ou l'aquaculture), et la santé du consommateur,
- leurs caractéristiques physicochimiques et biologiques, leur comportement dans le milieu aquatique,
- leur toxicité et leur écotoxicité sur l'homme et sur l'environnement,
- les principaux usages et émetteurs dans le bassin Seine-Normandie et l'exposition humaine à ces substances,
- les flux rejetés dans différents compartiments du milieu et leur évolution, et l'imprégnation de certains sites,
- le contexte technique et réglementaire.

Ce guide est le deuxième de la collection de guides pratiques « eau et santé » de l'AESN.

## QU'EST CE QUE LA POLLUTION PAR LES TOXIQUES ?

### Qu'est-ce qu'un toxique ?

Un toxique<sup>1</sup> est une substance susceptible de provoquer des perturbations, des altérations des fonctions d'un organisme vivant, entraînant des effets nocifs dont le plus grave est la mort.

### Toxicologie et écotoxicologie

La toxicologie s'appelait autrefois l'étude des poisons. Elle étudie les désordres induits dans la physiologie des êtres vivants par l'exposition à des concentrations excessives de composés minéraux ou organiques. On distingue classiquement la toxicologie de l'écotoxicologie. La première étudie les effets sur la santé de l'individu humain et animal ; la deuxième étudie les effets des agents polluants sur la structure et le fonctionnement des écosystèmes.

### Micropolluants

Le terme de « micropolluant » désigne des substances inexistantes ou présentes en très faible quantité dans un milieu à l'état naturel, et susceptibles d'induire des effets négatifs dans ce milieu à faible ou très faible concentration. On distingue les micropolluants minéraux (métaux et métalloïdes) des micropolluants organiques (hydrocarbures, pesticides,...).

Les substances répertoriées dans ce guide sont celles listées par la directive-cadre sur l'eau comme « substances prioritaires » ainsi que d'autres substances toxiques, souvent persistantes dans les milieux aquatiques, voire bioaccumulables par certains organismes vivants de ces milieux.

Elles sont regroupées par « famille chimique », à l'exception des produits pharmaceutiques, différenciés uniquement selon leurs usages, étant donné leur grande diversité chimique.

<sup>1</sup> : Poison dont on enduisait la pointe des flèches dans l'antiquité hellénique.

### D'où vient la pollution toxique ?

La pollution toxique est due à l'introduction par l'homme dans l'environnement de substances nocives non naturelles ou originellement présentes en concentration moindre.



Pollution d'une petite rivière par des rejets contenant des toxiques



Par comparaison, un cours d'eau en bon état de fonctionnement écologique

La pollution toxique de l'eau a plusieurs origines : elle peut provenir des rejets industriels, domestiques et urbains, ou agricoles. Les rejets peuvent être ponctuels (établissement industriel, arrivée d'un égout) ou diffus (épandage de pesticides en agriculture, retombées atmosphériques, lessivage des routes ...).

## Les principaux groupes de substances toxiques

### Les métaux

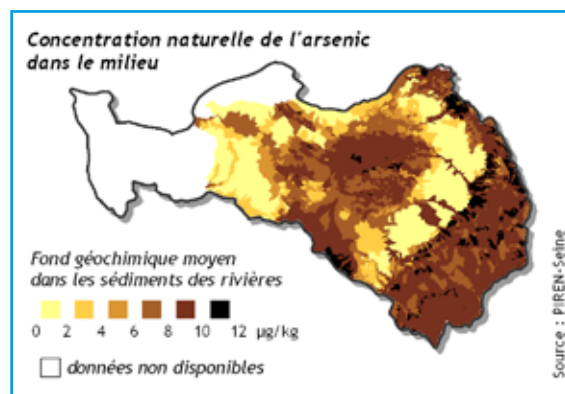
Les métaux sont des composants de l'écorce terrestre. Par mobilisation mécanique et chimique, ils sont présents de façon naturelle dans les eaux de surface et les nappes souterraines ainsi que dans les poussières atmosphériques. Les volcans et les incendies de forêts sont des sources naturelles très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

C'est le fond « géochimique » (dû à la dissolution des éléments des roches-magasin dans l'eau des nappes souterraines, et à leur mobilisation dans les sols et sédiments pour les eaux de surface) qui explique les concentrations parfois observées en dehors de toute pollution anthropique, notamment dans les sédiments ou les eaux souterraines, pour des éléments minéraux comme le fer, le nickel, le sélénium et l'arsenic... Mais les activités anthropiques peuvent conduire à une augmentation de ces concentrations naturelles. C'est pourquoi les métaux sont considérés comme des « micropolluants minéraux ».

Certains minéraux sont, à petites doses, indispensables au métabolisme des êtres vivants (par exemple le zinc, le cuivre, le sélénium...) La carence, ainsi que l'excès de ces minéraux, provoquent des maladies. Ils sont appelés **oligo-éléments**.

Les métaux toxiques de forte masse atomique sont souvent appelés « métaux lourds ».

La biodisponibilité des métaux en milieu aquatique est limitée du fait de leur forte capacité d'adsorption (sédiments, matières organiques) et de complexation ; mais elle est très variable suivant les conditions physico-chimiques du milieu (par exemple, le cadmium passe de la phase particulaire à la phase dissoute lorsque la salinité augmente). L'accumulation de stocks considérables de métaux dans les sédiments pose par ailleurs le problème de leur remobilisation et de la persistance éventuelle de leurs nuisances bien au-delà d'un arrêt des rejets.



Carte du « bruit de fond » géochimique en arsenic.

La présence naturelle d'arsenic dans les sols peut conduire à un dépassement du seuil de potabilité (10 µg/L) dans l'eau souterraine sous-jacente.

### Autres micropolluants minéraux

Les métalloïdes sont également des constituants des roches. Comme leur nom l'indique, ils sont semblables aux métaux mais n'en possèdent ni la malléabilité, ni la ductilité, et sont sans l'éclat qui les caractérise.

Il y a au moins 7 éléments classés comme métalloïdes : le bore (B), le silicium (Si), le germanium (Ge), l'arsenic (As), l'antimoine (Sb), le tellure (Te), le polonium (Po). Le sélénium (Se) est parfois considéré comme un métal dans sa forme la plus stable parce qu'il devient conducteur lorsqu'il est soumis à la lumière.

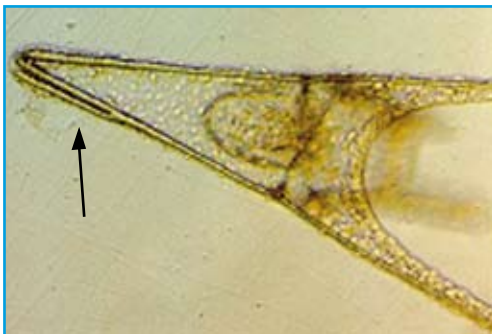
Certains de ces minéraux ont, comme les métaux, un rôle d'oligo-élément indispensable au fonctionnement des organismes. Dans l'environnement, au delà de certaines (faibles) concentrations, ils sont considérés comme des polluants.

### Les organométalliques

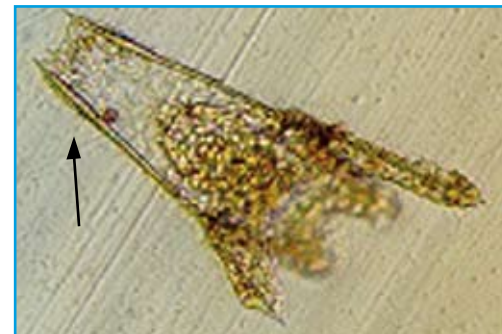
Un composé organométallique peut être défini comme un composé dans lequel il existe une liaison métal-carbone. Les grandes familles sont les organostanniques, les organomagnésiens, les organolithiens, les organocuivreux et cuprates, et les organozinciques. Il s'agit de composés utilisés en chimie organique, comme intermédiaires de synthèse organique, comme catalyseurs, ou comme biocides. Un des composés les plus connus est le tributylétain (TBT) qui, interdit depuis 2003, a notamment



Larves d'oursin :  
photo 1 : développement normal © A.-S. Allonier



Larves d'oursin présentant des anomalies de développement en présence de sédiments contaminés :  
photo 2 : spicules dédoublés - photo 3 : spicules écartés © A.-S. Allonier



été utilisé dans les peintures « anti-salissure » sur les coques de bateaux.

Si tous ces composés sont susceptibles de s'accumuler dans le foie des organismes, le TBT est connu pour ses effets perturbateurs sur la croissance et la reproduction des organismes marins (huître, oursin, bigorneau...)

## Les HAP

Les feux de forêt sont une source « naturelle » d'HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques). Ces composés sont également issus de la combustion incomplète des produits pétroliers (HAP « pyrolytiques » liés au transport, au chauffage, à l'industrie), ainsi que de la fabrication des bitumes, goudrons et enduits d'étanchéité ou de certains biocides). Ces composés généralement peu solubles dans l'eau s'adsorbent sur les matières en suspension dans l'eau, et dans les sédiments, où ils se concentrent. Ils s'accumulent aussi dans les graisses, notamment celles des poissons et des mollusques, mais sont mieux métabolisés et biodégradés que les substances chlorées<sup>2</sup>.

Quelques exemples de HAP : benzopyrène, naphthalène... Nombre d'entre eux (notamment le benzo(a)pyrène) sont reconnus cancérigènes. Des effets perturbateurs endocriniens sont également suspectés.

## Les PCB

Les polychlorobiphényles sont des substances chlorées de synthèse très stables, résistantes au feu et très lentement biodégradables (plusieurs dizaines d'années). On les trouve encore pour cette raison sous forme

2 : cf. pyramide trophique page 272

confinée dans les transformateurs électriques, les condensateurs et les fluides hydrauliques de machines. Ils entraient autrefois dans la composition des vernis, encres, peintures, solvants... (usages « ouverts »). Au vingtième siècle, un million de tonnes a été produit à l'échelle mondiale.

En raison de leur très faible solubilité dans l'eau mais de leur forte affinité pour les matières en suspension, et les lipides, ils s'accumulent dans le milieu naturel et se bioaccumulent fortement dans la chaîne alimentaire, par exemple dans la graisse des poissons, des oiseaux marins, des phoques... et des populations humaines qui les consomment.<sup>2</sup>

Ils sont aujourd'hui interdits à la mise sur le marché et font l'objet de restrictions d'usage importantes du fait de leur grande persistance dans le milieu et de leur forte aptitude à la bioaccumulation.

On distingue les PCB coplanaires<sup>3</sup> à effets toxiques proches de ceux des dioxines (PCB-DL « dioxines like »), des PCB non coplanaires, majoritaires, aux effets toxiques certains (système nerveux, immunité), mais selon des mécanismes mal connus et différents.

Les dioxines et furanes sont des composés organochlorés formés par oxydation lors de combustions incomplètes de dérivés aromatiques chlorés.

Les dioxines ou furanes sont également des impuretés de fabrication de certains pesticides (ex. 2,4 D) et des PCB.

Ces substances sont toxiques, perturbateurs endocriniens et et cancérigènes à des concentrations extrêmement faibles (cf. SEVESO, « agent orange » au Vietnam, maladie de Yusho au Japon...).

3 : La position des atomes de chlore fait que les deux cycles de la molécule se trouvent dans le même plan.

## Les diphényles polybromés (PBDE, PBB)

Les éthers diphényliques polybromés sont des substances utilisées comme ignifuges dans une vaste gamme de produits de consommation. Ajoutés par exemple à la mousse de polyuréthane, aux fibres textiles et à divers plastiques, ils sont utilisés pour rembourrer les sièges, les textiles non destinés aux vêtements (bâches, auvents, tapis), les isolants électriques et les boîtiers d'ordinateurs et de téléviseurs.

Ces composés, comme les PCB, persistent dans l'environnement, peuvent entrer dans la chaîne alimentaire et s'accumulent dans les tissus graisseux et les liquides corporels<sup>4</sup>, comme le lait, en raison de leurs propriétés physiques et chimiques. Des troubles du développement et des effets sur le foie et la thyroïde ont été observés dans des études expérimentales sur des animaux exposés. Cependant, aucune étude n'a établi de lien concluant chez l'humain entre les concentrations de PBDE et la santé.

Sont appelés PBDE, à la fois le pentabromodiphényléther (C<sub>12</sub>H<sub>5</sub>Br<sub>5</sub>O), substance prioritaire DCE, et les 209 isomères de la famille des poly-BDE. Sous leur forme commerciale, les PBDE sont en fait un mélange de différents isomères de pentabromodiphényléthers et d'autres polybromodiphényléthers (dont les tétra, octo et décaBDE).

Le groupe des phényles bivalents polybromés ou polybromobiphényles (PBB) est également utilisé comme retardateur de flamme (ignifuge). Ils ont un comportement et des effets similaires à ceux des PBDE.

## Les solvants

Un solvant est un liquide qui a la propriété de dissoudre, de diluer ou d'extraire d'autres substances sans provoquer de modification chimique de ces substances et sans lui-même se modifier. Il existe environ un millier de solvants différents, dont une centaine d'usage courant, en particulier dans l'industrie et le bâtiment (peintures et revêtement).

Certains solvants peuvent également être utilisés en intermédiaire de synthèse organique (exemple : benzène, tétrachlorure de carbone).

Aucun solvant organique n'est inoffensif pour la santé.

● **Les solvants chlorés** servent au dégraissage des pièces en mécanique, au décapage de peintures, au nettoyage à sec (pressings). Certains dérivés servent à la synthèse organique (pesticides et produits pharmaceutiques...)

<sup>4</sup> : dans les tissus adipeux humains et le lait maternel, les taux sont 10 à 70 fois plus élevés en Amérique du Nord qu'en Europe (INÉRIS, 2005).

Les propriétés chimiques de ces composés très volatils (pollution de l'air), très fluides et très solubles dans l'eau font qu'ils migrent rapidement sans dégradation vers les nappes d'eau souterraines. En revanche, ils subsistent peu de temps dans les eaux superficielles.

Quelques exemples de molécules : perchloréthylène, chloroforme, chlorure de méthylène.

Leur biodégradabilité est généralement faible ; ils ont une forte persistance et se bioaccumulent. Même si la toxicité est très variable d'un solvant à un autre, tous peuvent être à l'origine d'intoxications. Les effets sont neurologiques et/ou cancérogènes sur le foie et le sang. Globalement, leur usage en tant que solvants est en diminution.

### ● Les solvants benzéniques

Le benzène, le toluène et le xylène (BTX) sont les plus connus. Le benzène est le plus toxique de tous. Il se distingue par sa grande toxicité pour les cellules sanguines et les organes qui les produisent (moelle osseuse) ; il est cancérogène.

## Autres organochlorés

### ● Les chloroalcanes

Autrefois appelés paraffines, les chloroalcanes sont un ensemble de composés de synthèse, dangereux pour l'environnement, nocifs et cancérogènes. Progressivement interdits depuis 1999 dans diverses applications, ils sont utilisés dans l'usinage du métal, les peintures, mastics et adhésifs et comme retardateurs de flamme dans les textiles et caoutchoucs.

### ● Les chlorophénols

Comme leur nom l'indique, il s'agit de phénols chlorés avec un nombre variable d'atomes de chlore. Ces substances ont été largement utilisées dans l'industrie du traitement du bois et du papier.

Ils servent à la fabrication de pesticides, détergents, colorants, et de médicaments.

Plusieurs chlorophénols sont des biocides relativement persistants. Quelques exemples de molécules : le PCP (pentachlorophénol), le 2,4-DCP (dichlorophénol), toxiques pour les organismes aquatiques.

De nombreux effets ont été constatés sur la santé en milieu professionnel lors d'intoxications accidentelles (irritations de la peau et des muqueuses, atteintes aux appareils digestif et respiratoire, au système nerveux, effets sur le cœur, le foie, le rein).

### ● Les chloroanilines

Ces composés aromatiques chlorés, dérivés de l'aniline, sont utilisés principalement dans la fabrication d'herbicides (diuron, linuron), de colorants, et du caoutchouc synthétique. Ils peuvent être présents dans l'eau en tant que produits de dégradation biologique d'autres molécules (exemple : chloronitrobenzène). Ils sont très toxiques pour les organismes aquatiques et toxiques pour l'homme (atteintes respiratoires, méthémoglobinémie).

## Détergents et plastifiants

### ● Les alkylphénols

Les alkylphénols sont des surfactants anioniques encore fréquemment utilisés comme détergents industriels et agents de mouillage. Parmi eux, les plus fréquents sont les octylphénols et les dérivés éthoxylés du nonylphénol, imparfaitement retenus par les systèmes de traitement des eaux usées. Certaines de ces molécules sont susceptibles de perturber le système endocrinien, en particulier en mimant l'action des oestrogènes.

### ● Les phtalates

Ce sont des substances entrant dans la composition des matières plastiques, des fluides diélectriques et des insecticides. Les phtalates sont très employés comme plastifiants dans la production d'objets en PVC souple. Le plus utilisé reste le DEHP (di(2-éthylhexyl)phtalate), en raison notamment de son très bon rapport qualité-prix, même si la place qu'il occupe sur le marché est en diminution.

Le risque de toxicité directe paraît faible pour l'écosystème aquatique du fait de sa faible solubilité dans l'eau. Des effets perturbateurs ont été observés sur des poissons et le DEHP est connu comme perturbateur endocrinien (effets œstrogènes) et suspecté de cancérogénicité.

Son usage est interdit dans les industries du jouet pour enfant et des cosmétiques ; il fait actuellement l'objet d'une évaluation dans les plastiques alimentaires.

### ● Le bisphénol A

C'est un composé chimique synthétique issu de la réaction entre le phénol et l'acétone. Il entre dans la composition des récipients en polycarbonates (ex. biberons, bonbonnes d'eau) et autres plastiques (plastifiant assurant leur souplesse). Migrant assez facilement dans l'eau, c'est une substance considérée comme préoccupante, car elle pourrait notamment avoir des effets de perturbation endocrinienne tant sur la faune aquatique que sur l'homme.



La concentration des boues de stations d'épuration en micropolluants persistants (métaux, PCB, HAP...) est normalisée et surveillée régulièrement, afin de garantir l'innocuité de leur valorisation agricole, que justifie par ailleurs leur richesse en carbone et éléments fertilisants (N, P, K).

## MTBE (méthyl-tert-butyl éther)

Ces composés ajoutés aux carburants visent à améliorer les performances des moteurs par une meilleure combustion.

Le **MTBE**, qui a remplacé le plomb tétraéthyle, améliore l'indice d'octane des supercarburants qui peuvent en contenir jusqu'à 13,6 % en masse. À cause de sa grande volatilité, le MTBE libéré dans l'environnement se retrouve sous forme de gaz dans l'atmosphère. Il est hautement soluble dans l'eau et pourrait conduire à une contamination des réserves souterraines d'eau potable.

Des effets ont été constatés sur l'animal (atteintes au systèmes nerveux, respiratoire et digestif de la souris) ; les effets sur l'homme sont mal connus.

## Les pesticides

Les pesticides sont des substances chimiques, minérales ou organiques de synthèse, également appelées « phytosanitaires », ou plus récemment « phytopharmaceutiques », par les fabricants et utilisateurs, destinées à lutter contre les parasites animaux et végétaux des cultures. La France

est un très gros consommateur de pesticides (le 3<sup>e</sup> dans le monde, le 1<sup>er</sup> en Europe en 2006).

Compte tenu de leur très grand nombre, seules quelques familles seront étudiées dans ce guide : celles reconnues comme étant à ce jour les plus toxiques ou persistantes dans l'environnement.

Ils peuvent être classés en grandes familles chimiques : organochlorés, -phosphorés, -azotés, substances minérales... ou par famille d'usages (herbicides, fongicides, insecticides, molluscicides, acaricides...).

La toxicité dépend du mode de pénétration dans l'organisme. Des études épidémiologiques ont mis en évidence des liens entre l'exposition à certains pesticides et des effets retardés tels que cancer (leucémie, gliome<sup>5</sup>), effets immunitaires, neurologiques ou troubles de la reproduction, ainsi que des réactions allergiques.

En 1993, la Commission européenne a lancé un important programme d'évaluation des substances actives dans les pesticides et de leur sécurité d'emploi au sein de l'U.E. Ces travaux devraient être publiés en 2008. Actuellement, plus d'une centaine de substances réévaluées ont été interdites.

### Les biocides, dont les désinfectants et conservateurs

Au-delà des pesticides, les biocides sont utilisés contre les vecteurs d'infections parasitaires (vers, protozoaires) ou microbiologiques (champignons, bactéries et virus).

Le formol, les parabènes, les produits bromés, la chlorhexidine, le glutaraldéhyde sont quelques exemples de produits utilisés pour la désinfection ou la conservation. Certains pesticides et solvants chlorés ont aussi des usages biocides.

A long terme, ils ne sont pas aussi inoffensifs que leur usage dans des produits de consommation courante (denrées alimentaires, cosmétiques...) peut le laisser penser. Il existe par exemple une forte suspicion de cancérogénicité pour le formol, d'allergies ou d'effets perturbateurs endocriniens pour de nombreux biocides... Un effort d'évaluation des effets sur la santé est en cours, en application de la directive « Biocides » (98/8/CE).

5 : Variété de tumeur du tissu nerveux, et en particulier de la substance servant de soutien aux neurones au niveau du système nerveux central (encéphale et moelle épinière).



Une prairie brûlée par un herbicide en bordure de ruisseau

### Les produits pharmaceutiques

Ces composés synthétiques d'usage très répandu ont été créés pour avoir un effet thérapeutique. 4 000 matières actives pharmaceutiques sont autorisées en Europe pour l'homme ou l'animal.

Les principales « familles » selon leur effet thérapeutique, sont les antalgiques, les anti-inflammatoires, les psychotropes, les bêtabloquants, les hypolipémiants, les antibiotiques, les diurétiques, les antiépileptiques, les antiparasitaires et les antifongiques (liste non exhaustive).

Ces produits ou leurs métabolites se retrouvent à l'état de traces (quelques nanogrammes (ng) ou dizaines de ng par litre) dans les cours d'eau car ils sont imparfaitement retenus par les systèmes d'assainissement. De telles concentrations ne sont pas à même de créer des effets de toxicité aiguë ; d'éventuels effets à long terme, en cas de synergie notamment, sur les écosystèmes et la santé restent encore à évaluer, mais paraissent peu probables aux très faibles concentrations retrouvées dans les eaux naturelles, sauf peut-être pour les hormones et certains anticancéreux très toxiques.

### L'analyse des toxiques

#### Le prélèvement, une étape déterminante

Les substances à analyser étant souvent présentes à de faibles, voire de très faibles concentrations dans l'eau ou dans le sédiment (de l'ordre

du microgramme( $\mu\text{g}$ ) par litre ou par kg), il est indispensable de prendre certaines précautions pour assurer la représentativité de l'échantillon, éviter sa contamination, garantir sa conservation et ainsi obtenir une analyse correcte.

## Des méthodes normalisées, mais pas pour toutes les substances

La majorité des substances étudiées fait l'objet de méthodes normalisées garantissant la reproductibilité, avec une bonne précision, des résultats obtenus. En revanche, la méthode d'analyse est laissée à l'appréciation et au savoir-faire du laboratoire dans un certain nombre de cas : bisphénol A, PBDE, parabènes...

Un certain nombre de substances ne disposent pas de méthodes d'analyse suffisamment fines. L'exemple des chloroalcanes est intéressant : aucune méthode d'analyse dans l'environnement n'est couramment acceptée par la communauté scientifique, les techniques étant en cours de développement ; de plus, le choix des composés (ou mélange de composés) à déterminer n'est pas encore arrêté.

Enfin, l'analyse n'est pas encore au point pour de nombreux métabolites qui ne peuvent donc être recherchés à l'état de traces dans l'environnement.

## Les difficultés de l'analyse des micropolluants

### ● Préparation de l'échantillon

Afin de pouvoir réaliser l'analyse, il est souvent nécessaire de conditionner l'échantillon : minéralisation pour les métaux, extraction et purifications en série pour certaines substances organiques. Cette étape permet d'éliminer les interférences dues à la présence d'autres substances que celle recherchée et de concentrer l'échantillon afin de permettre une meilleure quantification. Du rendement d'extraction (pourcentage de matière que l'on a réussi à concentrer dans un solvant en l'extrayant de l'échantillon) dépend notamment la précision de la quantification.

### ● Incertitude analytique

Le résultat de toute analyse chimique comporte une incertitude liée aux différentes manipulations réalisées, ainsi qu'à la sensibilité des techniques utilisées. Particulièrement dans le sédiment, support de nombreux micropolluants, la concentration exacte d'une substance n'est connue qu'avec une précision donnée, calculée à partir d'essais multiples intra- et inter-laboratoires.

### ● Limite de détection/limite de quantification

La limite de détection (LD) correspond à la plus petite concentration observable au dessus du bruit de fond, sans pouvoir être quantifiée.

La limite de quantification (LQ) est la plus petite concentration à partir de laquelle le résultat de la mesure est quantifiable. Elle est en général 2 à 3 fois supérieure à la limite de détection.

### ● Evolutions des LQ

Les limites de quantification diminuent progressivement au fil de l'avancement des techniques mais pas toujours aussi rapidement que le besoin de protection de l'environnement et/ou la réglementation le demandent<sup>6</sup>. Il existe ainsi pour une substance dangereuse un projet de NQE<sup>7</sup> 20 fois plus faible que sa limite actuelle de détection dans l'eau.

## Des analyses dans l'eau, le sédiment et le biote

Du fait de la grande diversité des familles chimiques auxquelles ils appartiennent, les micropolluants montrent des propriétés très variées, notamment en termes de volatilité, de solubilité dans l'eau et dans les graisses, d'adsorption et de bioaccumulation... De ce fait, la recherche est effectuée de manière complémentaire ou alternative dans l'eau ou dans le sédiment. La recherche de micropolluants dans les tissus des organismes (muscles, foie) répond à une exigence réglementaire (poissons, mollusques, crustacés consommés par l'homme), mais permet aussi de mettre en évidence l'importance de la contamination d'un milieu et du réseau trophique (poissons, oiseaux, mammifères marins notamment). Une substance présentant un coefficient de partage carbone organique-eau (Koc) supérieur à 500 sera ainsi recherchée de préférence dans le sédiment (cf. « TGD »-Technical Guidance Document- européen); un coefficient de partage n-octanol-eau (Kow) de  $\log > 5$  orientera vers une recherche dans le biote de préférence à l'eau (produit lipophile s'accumulant dans les graisses animales).

<sup>6</sup> : Notons que ce n'est pas parce qu'une substance n'est pas détectée qu'elle n'est pas présente à une concentration suffisante pour être toxique.

<sup>7</sup> : Norme de qualité environnementale, Koc, Kow, voir explication de ces termes dans le chapitre suivant et dans le glossaire.

## COMPORTEMENT DES TOXIQUES DANS L'ENVIRONNEMENT

### 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.



Le sédiment peut accumuler, selon son épaisseur et les conditions chimiques de grandes quantités de polluants.

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). Dans le cas d'un estuaire, la zone d'influence est à la fois en aval et en amont des rejets (alternance du sens du courant).

Suivant leur nature et les conditions du milieu, les polluants se retrouvent dans l'eau à l'état dissous ou particulaire (précipités, adsorbés sur des matières en suspension,...) ou en partie dans l'un et l'autre état ; la fraction particulaire sédimente plus ou moins rapidement dans le lit des cours d'eau, au fond des lacs ou des mers, d'où elle peut être reprise et remobilisée par des processus physiques, chimiques ou biologiques (désorption, relargage, érosion, bioturbation).

Les effluents de toutes origines (domestique, industrielle, artisanale, agricole), transférés directement ou par l'intermédiaire de la pluie, sont susceptibles d'apporter des polluants toxiques aux cours d'eau. 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.

- Divers processus abiotiques conduisent à la destruction des molécules et/ou à leur transformation en dérivés peu ou pas toxiques ou au contraire plus toxiques que la substance d'origine. La 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.
- La « biodégradation » est la dégradation effectuée par les êtres vivants (bactéries, champignons, organes digestifs des animaux supérieurs...).

Dégradation abiotique et biodégradation tendent plus ou moins rapidement à la minéralisation des composés organiques (transformation en eau, CO<sub>2</sub> et sels minéraux).

- 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.

## Les processus d'insertion des polluants dans les réseaux trophiques

### La biodisponibilité

C'est la présence d'une substance dans l'environnement sous une forme susceptible d'interagir avec le vivant. Un polluant peut être peu biodisponible. C'est le cas par exemple des polluants stockés dans les sédiments : ils ne présentent alors un risque que pour les organismes fousisseurs (par exemple, les vers), les organismes vivant uniquement dans l'eau (par exemple les poissons) ayant peu de chance d'y être exposés directement. Cependant, même si la probabilité d'exposition ne concerne, dans un premier temps, que certains organismes de la chaîne trophique, les substances toxiques des sédiments sont à surveiller, d'une part en raison de leur risque de remise en solution suite à un changement d'équilibre entre leur forme libre dans l'eau et leur forme stockée dans les sédiments (par exemple lors des crues), d'autre part en raison du risque de transmission par la chaîne alimentaire (ex. : poissons ou oiseaux se nourrissant des vers fousisseurs).

### Bioaccumulation et bioconcentration

Les organismes sont susceptibles de concentrer les polluants dans leurs tissus

- La **bioaccumulation** désigne le stockage de longue durée de polluants persistants par un organisme vivant, contaminé par son milieu (biotope) ou par sa nourriture, et dont il n'est pas capable de se débarrasser par excrétion ou métabolisme. Chez les animaux et l'homme, les produits solubles (métaux par exemple) s'accumulent plutôt dans les muscles et les os, et les peu solubles (organochlorés par exemple) dans les graisses (produits lipophiles).

- La **bioconcentration** est le phénomène par lequel des êtres vivants absorbent des substances présentes dans leur milieu (biotope), et les accumulent dans leur organisme à des concentrations supérieures à celles auxquelles elles se rencontrent dans le milieu naturel.

- La **bioamplification** (ou bioampliation ou biomagnification) est le phénomène par lequel une substance présente dans un biotope voit sa concentration augmenter, au fur et à mesure qu'elle circule vers les maillons supérieurs d'une chaîne trophique. Des records de bioamplification ont été atteints dans des écosystèmes lacustres contaminés par les PCB et le DDT.

- La **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.

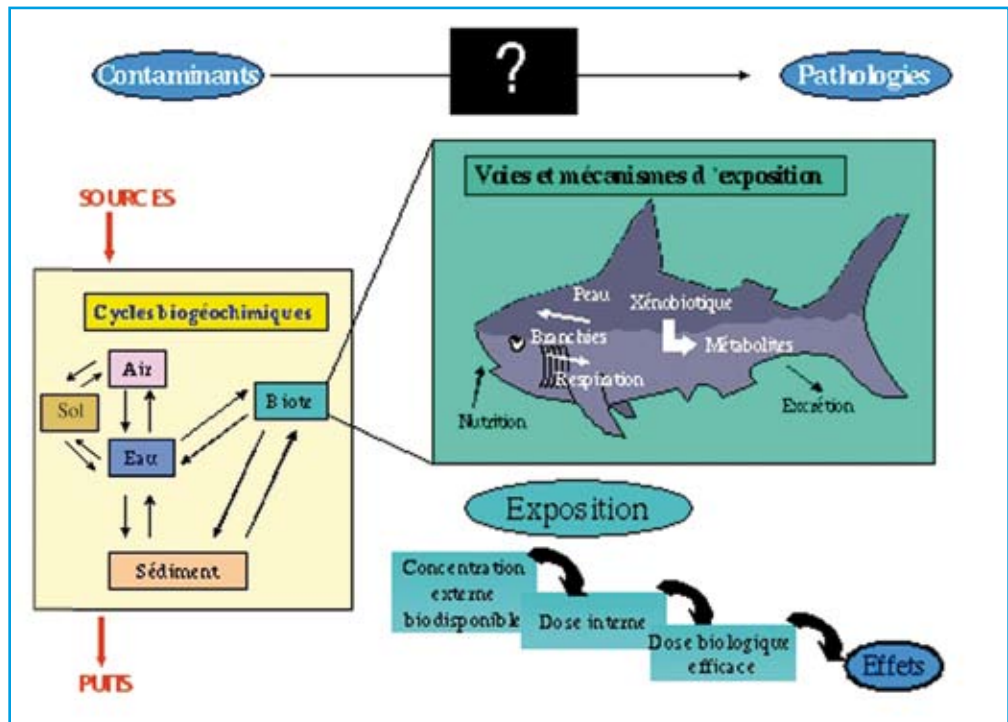


Illustration schématique du transfert des contaminants d'un compartiment à un autre (d'après F. Bruchon, AESN)

## ESTIMATION DE L'EFFET D'UN CONTAMINANT SUR LES POPULATIONS D'UN ÉCOSYSTÈME (TOXICITÉ ET ÉCOTOXICITÉ)

Un effet toxique est la conjonction de la toxicité intrinsèque d'une substance vis-à-vis d'une espèce vivante dans des conditions de milieu déterminées et d'une exposition de cette espèce à la substance, qu'il s'agisse de l'Homme, d'un animal ou d'un végétal.

### Mesure de la toxicité intrinsèque (ou danger) d'une substance vis-à-vis d'organismes aquatiques

Elle est évaluée en laboratoire à l'aide de tests (ou bio-essais) sur diverses espèces vivantes représentatives de différents maillons de la chaîne trophique (bactéries, algues, crustacés, poissons...).

Plusieurs individus d'une même espèce sont exposés pendant un temps donné à diverses concentrations de la substance dans l'eau. Les effets toxiques observés permettent de déterminer les concentrations caractéristiques : concentration produisant un effet sur 50% des individus (**CE50**) ou sur 10% (**CE10**), concentration en-dessous de laquelle aucun effet nocif n'est observé sur l'espèce testée (No Observed Effect Concentration ou **NOEC**, utilisée plus spécifiquement pour caractériser les effets chroniques).

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).

Plus ces concentrations caractéristiques sont basses, plus la substance est toxique pour l'espèce considérée.

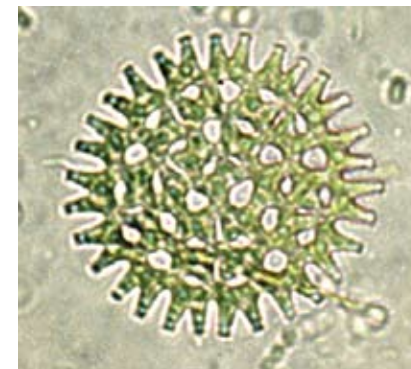
Quelques exemples : tests sur daphnies, test sur bactéries luminescentes.

**Méthodes alternatives** (cultures cellulaires, toxicogénomique, QSAR) : voir p. 18.

### • Toxicités aiguë et chronique

Deux types de toxicité sont évalués :

- **la toxicité aiguë**, dont les effets sont rapides (quelques heures à quelques jours, suivant la durée de vie normale de l'espèce) et généralement mortels ;



Une algue planctonique et une daphnie vues au microscope

- **la toxicité chronique**, dont les effets apparaissent après une exposition prolongée à la substance, mais sont imperceptibles sur une courte échelle de temps.

Le seuil de toxicité aiguë est toujours plus élevé que le seuil de toxicité chronique.

Pour la toxicité chronique, on distingue les essais à moyen et long terme, correspondant à des durées d'exposition supérieures respectivement à 10% et 80% de la durée de vie normale de l'espèce.

Ces tests peuvent permettre d'évaluer la latence d'apparition des effets et leur réversibilité.

### • Synergie, effets « cocktail » et antagonisme

De nombreux toxiques présentent des effets d'addition, voire plus rarement de multiplication des toxicités lors de leur application simultanée avec une autre substance. Ainsi dans l'effet « cocktail », la manifestation de la toxicité est amplifiée par l'exposition simultanée à plusieurs toxiques. Par exemple, la toxicité des pyréthrinoides à une dose donnée

est multipliée par 10 si elle est « dopée » par une dose équivalente de pipéronyl butoxide (Ramade, 2007). Le cuivre et les organophosphorés ont également des effets toxiques synergiques sur la faune aquatique. A l'inverse, l'antagonisme est une atténuation des effets, sur les organes-cibles, de toxiques appliqués simultanément, par rapport à leurs effets individuels.

## • PNEC

La PNEC (Predictive No Effect Concentration) est la concentration d'une substance dans un milieu qui est considérée comme sans effet sur les populations qui y vivent. Elle a été déterminée statistiquement à partir des résultats de CE50, CE10 et NOEC disponibles sur différentes espèces de ce milieu. C'est la concentration la plus faible ayant un effet sur une des espèces testées qui est retenue, qu'il s'agisse de la CE50 sur une espèce ou de la NOEC sur une autre. Celle-ci est alors divisée par un facteur d'incertitude (de 10 à 1000) évalué en fonction de l'information utilisée : il est plus élevé si l'information vient seulement de tests de toxicité aiguë et si la variété d'espèces testées est faible.

## EVALUATION DU RISQUE TOXIQUE EN MILIEU AQUATIQUE au moyen du rapport PEC/PNEC

La **PEC** (Predicted Environmental Concentration) est la concentration prévisible d'une substance dans une masse d'eau précise, résultant d'un flux de rejet donné. Elle représente donc un niveau global d'**exposition** des organismes aquatiques à la substance par leur milieu de vie. Pour un rejet dans un cours d'eau, la PEC peut être estimée par le rapport du flux du polluant rejeté sur le débit du cours d'eau. Pour une évaluation de risque dans les conditions les plus sévères, le débit est choisi en conditions d'étiage (généralement le QMNA5, débit d'étiage de retour 5 ans).

Pour évaluer l'effet d'un rejet d'une substance sur un milieu aquatique, le rapport PEC/PNEC est calculé.

Si il est supérieur à 1, le milieu est potentiellement menacé dans la zone d'influence du rejet considéré.

Si il est inférieur à 1, il peut être conclu que ce flux de rejet à lui tout seul ne menace pas le milieu.

L'évaluation du risque toxique le long d'un cours d'eau doit bien en-

tendu tenir compte des effets cumulés des rejets de la substance en plusieurs points du cours d'eau, tout comme des possibilités d'effets « cocktail ».

## La prise en compte des risques sanitaires

L'homme fait partie de l'écosystème global. Outre les possibilités d'atteintes toxiques directes par l'eau de boisson ou de baignade, il peut subir les effets indirects des atteintes aux écosystèmes aquatiques, dont la plus importante est la contamination des ressources alimentaires d'eaux douces et marines.

### • DL50

C'est la dose (généralement exprimée en mg/kg, sur le rat ou la souris) qui cause la mort de 50% des individus de l'espèce considérée (ici la voie retenue est l'ingestion).

### • DJA – DJT – DHTP

La **DJA** (**dose journalière acceptable**) d'une substance est la dose moyenne journalière qui pourra être ingérée toute la vie sans risque pour la santé de l'individu ni pour sa descendance. Elle est exprimée en fonction du poids corporel de l'organisme exposé (mg/kg) et calculée à partir de la dose sans effet ou de la DL50 sur l'animal (chez des mammifères comme le rat ou la souris) et d'un facteur d'incertitude tenant compte des variations de sensibilité inter- et intra-espèces ; elle est proposée par le JECFA<sup>8</sup>. La DJA est établie pour des substances dont la présence dans les aliments ou l'eau de boisson répond à des besoins techniques (**additifs** alimentaires, chlore, etc...).

La **DJT** (**dose journalière tolérable**) représente la même chose que la DJA mais dans le domaine des **polluants**. Elle est fixée, ainsi que la **DHT** (**dose hebdomadaire tolérable**) et éventuellement la **DHTP** (**DHT provisoire**), par l'OMS. Sont aussi parfois utilisées les **DMT** (**doses mensuelles tolérables**) et **LAI** (**limites annuelles d'ingestion**).

## Evaluation des risques sanitaires liés à l'eau

Les niveaux observés de contamination de l'eau de boisson (sur une base protectrice de 2 litres d'eau consommée par jour) et des den-

8 : JECFA : Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives ; Comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs et résidus dans l'alimentation.

rées alimentaires, par un toxique, sont traduits en données d'exposition (quantité ingérée par unité de temps et de poids corporel) et comparées aux DJT et DHT (ou DHTP).

La qualité des aliments est réglementée au regard de leur teneur en toxiques. (voir chapitre réglementation, ci-après). Le contrôle des denrées solides est assuré principalement par les DDCCRF, celui des eaux de consommation par les DDASS et celui des produits animaux (dont le lait) par les DSV (voir sigles et abréviations).

### *Méthodes alternatives en toxicologie*

Parce que l'extrapolation d'une espèce à l'autre des effets d'un toxique est toujours sujette à caution, vu les différences de sensibilité et métabolisme, et dans le but de limiter les tests sur animaux, comme souhaité par le règlement européen REACH, des méthodes alternatives sont développées dans 3 directions :

- essais in vitro directement sur **cultures cellulaires** de tissus/organes-cibles (ex. peau, yeux, foie...)
- **toxicogénomique** (repérage de signaux d'expression génétique sur des puces à ADN)
- méthodes **informatiques (tests « in silico »)** de prédiction d'activité probable d'une molécule à partir de sa structure, par analogie avec d'autres groupements chimiques dont la structure a un effet toxique connu : ce sont les « **QSAR** » (**relations quantitatives structure/activité**).

Au sein de l'Union Européenne, l'ECVAM a été créé pour harmoniser la validation de ces méthodes alternatives.

C'est donc à l'avenir une stratégie de **tests successifs, in silico, in vitro et in vivo**, qui devrait progressivement se substituer aux seuls essais sur animaux vivants majoritairement utilisés jusqu'ici.

## LE DIAGNOSTIC ET LA SURVEILLANCE DE L'ÉTAT DES MILIEUX NATURELS AQUATIQUES

La pollution toxique dans le milieu est suivie par des mesures de concentration de différentes substances dans des échantillons prélevés sur le terrain (eau, sédiments, biote) et analysés en laboratoire.

### *Un ensemble de réseaux de mesure denses et pérennes*

Le suivi régulier de pollutions toxiques dans les cours d'eau, parallèlement à celui des autres formes de pollutions, a été mis en œuvre dès 1971, par des mesures régulières des concentrations en métaux dans les sédiments, dans le cadre des Réseaux Nationaux de Bassin (RNB) gérés conjointement par l'Etat (au travers des DIREN) et les Agences de l'Eau. Les pesticides et d'autres micropolluants organiques ont été progressivement intégrés à ce suivi pérenne au cours des années 90.

Le Service de la Navigation de la Seine du département de Seine-Maritime (SNS 76) suit les métaux et les principaux toxiques organiques (PCB, HAP atrazine, urées substituées, pesticides organochlorés,,) dans l'eau et les sédiments de l'estuaire (de Poses à Honfleur).

Les Réseau Eaux Souterraines (RES) gérés par les agences de l'eau suivent un grand nombre de micropolluants (dont 200 pesticides), compte tenu des enjeux (eau potable, et patrimoine—ressource pour les eaux de surface) qu'elles représentent.

Les DDASS suivent les ressources utilisées en eau potable en matière de micropolluants (métaux, pesticides, HAP, solvants chlorés, benzène...) en liaison avec les distributeurs d'eau.

Concernant le littoral, l'IFREMER assure des mesures régulières de micropolluants dans les coquillages (Réseau National d'Observation, RNO) et l'Agence de l'Eau dispose d'un réseau complémentaire sur les produits de la mer, propre au littoral normand.

Enfin le Réseau national de surveillance des ports maritimes (RÉPOM), créé il y a 10 ans par l'Etat avec la participation financière des ports, surveille la qualité des eaux de 191 ports dans 29 départements littoraux, notamment sur les principaux micropolluants.

Le RNB et le RES ont été récemment adaptés et renforcés (particulièrement sur le suivi des micropolluants) pour constituer le réseau de surveillance exigé par la Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE).

### Des mesures sur les différents éléments constitutifs du milieu

Les micropolluants sont recherchés sur différents supports, pour obtenir des informations qui se complètent sur l'état de contamination du milieu naturel.

Les **sédiments**, qui stockent les micropolluants persistants peu solubles, donnent une indication sur la pollution plus ou moins récente du cours d'eau; les « carottes » en profondeur permettent d'étudier l'évolution historique de certains contaminants.

Les mesures dans l'eau et les **matières en suspension** donnent une indication de la pollution dissoute et particulaire au moment du prélèvement.

Les **bryophytes** (mousses aquatiques) bioaccumulent les métaux, dont les concentrations dans ces végétaux donnent une indication sur la pollution métallique chronique des trois derniers mois.

La contamination des **coquillages** (huître, moule, bulot, coquille Saint-Jacques) et de certains **crustacés** et **poissons**, est mesurée par l'analyse de leurs tissus. Ils indiquent la contamination moyenne des derniers mois et jouent le rôle d'enregistreurs-amplificateurs naturels de la contamination de l'eau ou des sédiments et algues.

### Les biomarqueurs écotoxicologiques de terrain

Les biomarqueurs écotoxicologiques sont des changements structuraux ou fonctionnels caractérisant la réaction d'un organisme exposé à un polluant. La recherche de certaines modifications comportementales, altérations physiologiques, processus biochimiques produits ou inhibés... permet de détecter la présence d'un toxique dans le milieu naturel avant que les effets toxiques ne soient létaux ou sub-létaux.

L'augmentation de l'activité d'enzymes hépatiques (test EROD) est par exemple utilisée pour mettre en évidence l'exposition de poissons ou mollusques aux HAP. Autre exemple : la vitellogénèse chez les poissons, signant une perturbation endocrinienne due à un micropolluant à effet œstrogène.

### Les indicateurs de fonctionnement de l'écosystème (ou bioindicateurs)

L'utilisation de ces bioindicateurs repose sur le principe de sélection, dans un milieu naturel pollué, des organismes aquatiques résistants aux pollutions, alors que les organismes sensibles ont disparu. La composition quantitative et qualitative des populations des écosystèmes peut aussi permettre de quantifier spécifiquement l'impact de certaines substances toxiques.

Les populations d'oligochètes, invertébrés benthiques des eaux douces, sont par exemple indicatrices de la pollution métallique des sédiments de cours d'eau ou plans d'eau. Elles font l'objet de l'indice biologique normalisé IOBS.

### Des actions ciblées

#### • Un inventaire exceptionnel

Réalisé en 2005 sur des masses d'eau représentatives de l'ensemble du territoire national, cet inventaire a porté sur 311 substances, notamment les substances prioritaires visées par la Directive cadre sur l'eau (DCE) et celles visées par la Directive de 1976 relative à certaines substances dangereuses déversées dans le milieu aquatique.

#### • Des réseaux locaux de suivi des pesticides

Ces réseaux, de densité et durée variable, créés grâce à la dynamique de « groupes phyto » régionaux interservices, mesurent, dans les eaux superficielles et souterraines, les molécules actives et produits de dégradation des pesticides utilisés sur des cultures spécifiques de certains bassins versants agricoles.

#### • Un réseau de suivi de la contamination des produits de la pêche et de l'aquaculture (littoral normand et haute mer : Baie de Seine et Cotentin)

Ce réseau a été mis en place depuis 2004 par l'Agence de l'Eau Seine-Normandie en vue de suivre les conséquences des rejets de substances toxiques sur la contamination de la faune (coquillages, crustacés, poissons, et oiseaux marins piscivores) et les risques éventuels liés à sa consommation (action « eau et santé »).

## Des organismes d'étude et de recherche

- **Le PIREN-Seine** est un groupement de recherche scientifique qui étudie notamment les sources et transferts de micropolluants dans le Bassin de la Seine (hors estuaire). Son objectif est de développer, à partir des mesures sur le terrain et de modélisations, une vision d'ensemble du fonctionnement du système formé par le réseau hydrographique de la Seine, son bassin versant et la société humaine qui l'investit.

- **Le GIP Seine-Aval**

Créé pour mieux comprendre le fonctionnement de l'estuaire de la Seine et aider à sa gestion environnementale, le Groupement d'Intérêt Public Seine-Aval est né en 2003.

Cette structure joue le rôle d'interface entre la communauté scientifique (équipes universitaires et issues d'organismes de recherche) et les acteurs du territoire de l'estuaire de la Seine (collectivités locales, Etat, aménageurs et usagers). Réceptacle des savoirs et savoir-faire acquis et développés depuis 15 ans dans le cadre du Programme scientifique Seine-Aval, le GIP Seine-Aval a aussi pour mission le développement de systèmes d'information et d'outils opérationnels, le transfert et la valorisation des acquis scientifiques vers la « société civile », en particulier à travers la réalisation d'études répondant aux demandes de ses partenaires (industriels et collectivités).

- **La commission OSPAR** (« Oslo-Paris »), forum de coopération de la convention signée en 1992 par 15 pays européens pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est, incluant la Mer du Nord, tient à jour des listes de substances « préoccupantes », et de produits chimiques, devant faire l'objet de mesures prioritaires pour lutter contre la pollution toxique, ou contre l'eutrophisation (azote et phosphore), et réalise diverses synthèses sur la qualité du milieu marin.

## Des axes de recherche

- **Les biocapteurs**

Au cours des dernières années, les efforts de recherche en biotechnologie se sont portés sur le développement de biocapteurs. Un biocapteur peut être défini comme un élément biologique (enzyme, anticorps, acide nucléique, cellule, tissu ou organisme vivant) produisant un signal mesurable en réponse à son exposition à un polluant toxique.

Les bactéries, notamment, sont fréquemment utilisées : tailles de populations importantes, taux de croissance élevé, faible coût de production et de maintenance, modifications génétiques possibles afin qu'elles émettent un signal facilement mesurable en réponse à une variation de leur environnement qui les agresse.

L'université de Metz a ainsi développé un biocapteur bactérien simple, rapide et peu coûteux, comparé à l'analyse chimique, de détection du plomb et de l'arsenic dans l'eau ; il peut être utilisé pour le « criblage » d'échantillons d'eau (DOLLARD et coll., 2003) avant analyse chimique fine des seuls échantillons positifs.

- **Des méthodes intégratrices** sont en cours de développement, notamment par le CEMAGREF et l'IFREMER, d'une part pour prendre en compte la variabilité temporelle importante de certaines substances, présentes en concentration inférieure au µg/L, d'autre part pour mieux évaluer les fractions biodisponibles des polluants.

Des « capteurs passifs », dispositifs filtrant sélectivement les formes biodisponibles des polluants et contenant une phase sorbante, en accumulent ainsi en continu pendant une phase d'exposition prolongée (1 à plusieurs mois).

Les SPMD (*semi permeable membrane device*) et les MESCO (*membrane enclosed sorptive coating*) captent ainsi les PCB et dioxines, HAP, et organochlorés ; les DGT (*diffusive gradient in thin film*) sont conçus pour les métaux, les POCIS (*polar organic chemical integrative sampler*) pour les pesticides et certains perturbateurs endocriniens.

## LA PRISE EN COMPTE DES TOXIQUES PAR LA RÉGLEMENTATION

De nombreux textes régissent la mise sur le marché, l'utilisation et le rejet des substances toxiques ; d'autres définissent les seuils de concentration, dans le milieu aquatique, permettant de préserver les écosystèmes (normes de qualité environnementales). Le paragraphe ci-dessous présente une synthèse des principaux textes selon leurs objectifs.

### *Certains toxiques donnent lieu à des restrictions de mise sur le marché et/ou d'emploi*

Les pesticides sont soumis à autorisation de mise sur le marché ; la directive 91/414/CEE exige dans cette procédure (dite d'homologation) une « évaluation de sécurité » des produits. Dans le cadre de la révision communautaire des substances actives entrant dans la composition des pesticides, suite à de nouvelles évaluations, les autorisations de plus d'une centaine de substances actives ont été retirées en 2002<sup>9</sup>.

De nombreux textes réglementaires, pris en application de la directive 76/769/CEE (abrogée et remplacée par le règlement REACH, voir ci-dessous), restreignent l'utilisation de substances toxiques à des secteurs d'activités, des produits particuliers, ou la soumettent à des conditions bien définies. La référence des principaux textes et leur objet sont indiqués pour chaque « famille » dans les fiches techniques.

### La nouvelle réglementation européenne REACH renforce le contrôle a priori des produits chimiques.

Le règlement (CE) 1907/2006 du 18 décembre 2006, dénommé REACH<sup>10</sup>, entré en vigueur le 1er juin 2007, concerne les 30 000 produits chimiques fabriqués ou importés dans l'U.E. à raison d'une tonne par an ou plus. Il soumet l'ensemble des produits à enregistrement, préalable à la mise sur le marché, et, pour certains d'entre eux, à autorisation. Ces deux procédures comprennent une évaluation, aux frais du demandeur, des risques pour l'environnement et la santé liés à l'utilisation, au rejet, et à l'élimination des produits. Les fabricants doivent présenter un

9 : avis aux fabricants et distributeurs de produits phytopharmaceutiques visés par le décret n°94-359 du 5 mai 1994 relatif au contrôle des produits phytopharmaceutiques publié dans le J.O. du 18 août 2002

10 : REACH : Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals.

« plan de produit » et ils sont tenus d'informer le public de la présence de substances dangereuses dans un bien de consommation.

Une Agence Européenne des Produits Chimiques a été créée afin de mettre en musique, en liaison avec les Agences des Etats-membres, l'application de REACH, avec notamment la remise d'un dossier complet par les fabricants, avant fin 2010, pour toutes les substances « CMR<sup>11</sup> » ou de production annuelle supérieure à 1 000 tonnes. REACH encourage de plus les échanges de données toxicologiques entre industriels, par la création de forums spécifiques, et le recours accru à des méthodes d'évaluation de toxicité alternatives aux essais animaux (cf p.18).

### *Les substances dangereuses sont spécifiquement classées, emballées et étiquetées*

- L'Union Européenne définit et classe les substances et les préparations dangereuses en fonction d'un certain nombre de dangers, dont leur toxicité et leur écotoxicité ou « danger pour l'environnement » (directive 67/548/CEE du 7 juin 1967 et ses nombreux textes de modification et d'application). Plusieurs classes de toxicité sont distinguées : nocif, toxique et très toxique, en fonction de critères comme les DL50 sur le rat ou, pour l'écotoxicité aquatique, les CL50 sur la daphnie.
- Cette réglementation a été complétée par des textes spécifiques aux **substances cancérigènes, mutagènes ou toxiques** pour la **reproduction** (classification **CMR**).

Ces classements ont une incidence directe sur la réglementation applicable à la substance en matière de prévention du risque chimique, d'emballage, d'étiquetage et d'information des utilisateurs.

On peut citer parmi les textes d'application les plus importants :

- L'arrêté du 21 février 1990, modifié, qui fixe les limites de concentration des substances dangereuses dans les produits ou préparations au-delà desquelles ils doivent être étiquetés.

- L'arrêté du 20 avril 1994, dit « CMR », qui précise le mode d'étiquetage concernant les substances cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques. Doivent notamment figurer :

- . les « phrases de risque » (notation en R)
- . des conseils de prudence lors de l'utilisation (notation en S)
- . le pictogramme et le symbole des classements cancérigène, mutagène ou reprotoxique (en T ou Xn)<sup>12</sup>.

11 : CMR : cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques.

12 : Voir explications dans la grille de lecture des fiches techniques et détails en annexe

. la classification vis-à-vis de l'environnement (N = dangereux pour l'environnement).

- Le décret du 23 décembre 2003 donne de nouvelles règles générales de prévention des risques chimiques, modifie certaines dispositions relatives aux CMR, impose des dispositions particulières pour le benzène, le chlorure de vinyle monomère et le plomb.

Nota :

- Il existe une autre classification internationale de la cancérogénicité des substances : celle du Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC). Elle n'a pas de valeur réglementaire, seulement celle de recommandation et référence sanitaire.
- Le caractère « perturbateur endocrinien » n'entre pas pour l'instant dans les critères de classement réglementaire des toxiques ; cependant, une classification à 4 niveaux a été proposée par une commission spécialisée de l'Union Européenne.

### *Des normes réglementent les teneurs en toxiques de l'eau selon ses usages*

#### **Eau potable**

Le décret n°2001-1220 du décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exclusion des eaux minérales naturelles indique notamment :

- les limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaine
- les références de qualité des eaux destinées à la consommation humaine (paramètres indicateurs de qualité témoins de fonctionnement des installations de production et de distribution d'eau)
- les limites de qualité des eaux douces superficielles utilisées ou destinées à être utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine.

Sont concernés les principaux métaux et métalloïdes et un certain nombre de micropolluants organiques, principalement HAP et pesticides.

#### **Eaux conchylicoles (culture des huîtres, moules, coques, praires, ...)**

La qualité requise (HAP, métaux) est précisée par la directive 2006/113/CE du 27.12.2006, ainsi que la fréquence de surveillance. Le classement des zones conchylicoles est précisé dans le règlement CE/854/2004 (cf « Paquet Hygiène »).

#### **Baignade**

Ce sont surtout des variables liées à la sécurité et à la pollution microbiologique qui sont concernées (transparence de l'eau, germes de contamination fécale). La nouvelle directive « baignades » (2006/7/CE) du 15 février 2006, qui remplace progressivement la directive 76/160/CEE, abandonne la quantification des paramètres chimiques, jamais observés (hors déversement d'hydrocarbures) à des niveaux préoccupants pour la baignade. Elle se contente de préconiser un examen olfactif et visuel in situ, hors microbiologie.

### *Des normes réglementent les teneurs en toxiques dans les produits de la pêche et de l'aquaculture*

Les teneurs maximales de polluants dans les produits de la pêche sont fixés par les directives 466/2001/CE, 2002/32/CE, 2002/221/CE.

Le règlement (CE) n°1881/2006 de la Commission fixe les teneurs maximales de certains contaminants dans les denrées alimentaires, notamment les poissons, les crustacés, les mollusques bivalves et les céphalopodes. Sont concernés, parmi les micropolluants, le mercure, le plomb, le cadmium, l'étain, les PCB et dioxines, les HAP.

### *Des normes réglementent la qualité environnementale des milieux aquatiques*

#### **La Directive Cadre sur l'Eau (DCE)**

La directive 2000/60/CE du 23 octobre 2000 établit un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Elle prévoit notamment un diagnostic de l'état des eaux, et des programmes de surveillance et d'actions, à mettre en œuvre dans un objectif de « bon état » des masses d'eau souterraines et de surface (lacs, rivières, eaux de transition, eaux côtières), à l'échéance 2015. Elle impose de réduire les rejets des substances dites « prioritaires » et de supprimer les rejets des substances dites « prioritaires dangereuses ».

La notion de « bon état » d'un milieu aquatique

La circulaire 2005/12 du 28 juillet 2005 définit les critères du « bon état » des « masses d'eau » de surface.

Le bon état est atteint lorsque l'état écologique et l'état chimique sont bons.

L'état biologique est déterminé par un ensemble de variables biologiques (algues, macrophytes, invertébrés, poissons), par comparaison à des états de « référence », et de paramètres physico-chimiques (dont les substances dites « pertinentes »).

L'état chimique est établi sur la moyenne des concentrations des 41 substances (ou familles de substances) listées en annexe de la DCE. Il est bon si toutes substances sont en concentration inférieure à leur NQE<sup>13</sup>.

Dans le cas des canaux, barrages et autres « masses d'eau fortement modifiées », c'est un bon « potentiel écologique » qui doit être défini et atteint en 2015.

Il faut signaler que le Parlement Européen a proposé en 2007 de compléter la liste de substances considérées comme dangereuses prioritaires (bisphénol A et DBP, MTBE, perfluorates, glyphosate et AMPA, bentazone, tri et tétrachloroéthylène ...).

### Les normes de qualité environnementales

La Directive Européenne Cadre sur l'Eau (2000/60/CE dite « DCE ») introduit la notion de « norme de qualité environnementale », définit comme la « concentration qui ne doit pas être dépassée afin de protéger la santé humaine et l'environnement ». Un projet de directive<sup>14</sup> propose les NQE « (valeurs-seuils) pour l'eau des 33 substances prioritaires et prioritaires dangereuses de la DCE. Dans l'attente de la publication du texte correspondant, la circulaire du 7 mai 2007 du ministère de l'écologie et du développement durable définit les « normes de qualité environnementales provisoires » (NQEp) des 41 substances impliquées dans l'évaluation de l'état chimique des masses d'eau, ainsi que des substances pertinentes du programme national de réduction des substances dangereuses.

Les concentrations obtenues dans les cours d'eau peuvent donc être comparées à ces valeurs pour apprécier leur niveau de pollution<sup>15</sup>.

13 : Voir paragraphe précédent et glossaire

14 : Par la commission européenne en juillet 2006

15 : Par défaut, il est considéré que la NQE est de 0 dans l'eau, et qu'elle correspond, pour les métaux et substances naturelles dans le sédiment, au bruit de fond géochimique.

### NQ / NQE / NQEp

Des normes de qualité (NQ) ont été fixées par l'arrêté du 20 avril 2005 pour 18 substances (ou familles de substances) de la liste I et pour 18 substances (ou familles) de la liste II de la directive 76/464/CE de 1976, ainsi que pour 8 nouvelles substances.

Un projet de directive (non publiée à ce jour) propose les normes de qualité environnementales (NQE) de 41 substances et familles impliquées dans l'état chimique des masses d'eau.

Dans l'attente, les NQEp (provisoires) concernent les 41 substances et familles du projet de directive, mais aussi 86 autres substances dites « pertinentes » au titre du programme national de réduction des substances dangereuses, dans les eaux de surface, y compris estuaires et eaux marines<sup>15</sup>.

### La réglementation des rejets

#### Rejets de substances polluantes

- Dès lors qu'ils sont « installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) » de par la nature et l'importance de leurs activités (selon le décret n°53/578 modifié relatif à la nomenclature), les établissements industriels et stations d'épuration urbaines de plus de 10 000 équivalent-habitants doivent satisfaire à différentes exigences en matière de rejets polluants.
- L'arrêté préfectoral d'autorisation de rejet au milieu naturel indique les concentrations maximales autorisées : en cas d'exutoire aquatique sensible, il peut être plus sévère que la réglementation nationale, établie par branches d'activités.
- L'arrêté du 2 février 1998 relatif au prélèvement et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées soumises à autorisation, fixe les prescriptions applicables aux rejets et donne des consignes pour limiter les risques de pollution des eaux.
- L'arrêté du 30 juin 2005 fixe les valeurs limites d'émission (VLE) d'une centaine de substances, isomères ou familles.
- L'arrêté du 3 juin 1998 modifie les prescriptions techniques applicables aux épandages des boues issues du traitement des eaux usées sur les sols agricoles. Il modifie l'arrêté du 8 janvier 1998 fixant les teneurs

16 : cf circulaire du 7 mai 2005

et valeurs limites en éléments – traces dans les boues et les sols (dites « normes boues » et « normes sols »)<sup>17</sup>.

### Appréciation de l'effet d'une opération sur le milieu naturel

- La loi sur l'eau et les milieux aquatiques n°92-3 du 3 janvier 1992, et ses décrets d'application n°93-742 et 93-743 relatifs à la procédure et la nomenclature, maintenant intégrés au code de l'environnement (articles L.214-1 à L.214-6), modifiés par décret n°2006-881, précisent les éléments du dossier à fournir pour déclarer et solliciter l'autorisation d'une opération (ouvrage, travaux, rejets...) touchant le milieu naturel.
- L'arrêté du 9 août 2006 indique les niveaux à prendre en compte pour apprécier les effets d'une opération sur les eaux de surface ou les sédiments marins ou estuariens. Sont concernés 8 métaux et métalloïdes, les PCB et congénères, les HAP totaux.

### Suivi des toxiques rejetés

On peut citer 3 textes. Le suivi de la pollution toxique dans le rejet est à effectuer si celui-ci comporte :

- une des 132 substances identifiées comme dangereuses par la directive 76/464/CEE ;
- une substance dont il convient de réduire les rejets dans le milieu selon l'annexe I de la circulaire n° 90-55 du 18 mai 1990 ;
- une substance assujettie au suivi renforcé défini par la circulaire du 4 février 2002, qui organise une action nationale de recherche et de réduction des rejets de substances dangereuses dans l'eau par les installations classées.

## DES PROGRAMMES ET PLANS D' ACTIONS PUBLIQUES POUR PRÉVENIR ET LIMITER LA DISPERSION DES TOXIQUES DANS LES MILIEUX AQUATIQUES PAR LES ACTIVITES HUMAINES

### *Le programme « 3RSDE »*

L'action nationale de recherche et de réduction des rejets des substances dangereuses dans l'eau par les installations classées a été mise en place par régions à la suite d'une circulaire du 4 février 2002. Elle est animée par les DRIRE.

Cette action prévoit notamment la recherche de 87 substances ou familles de substances dans les rejets de 3500 installations classées industrielles et une centaine de stations d'épuration urbaines, l'identification des rejets présentant un risque pour l'environnement, la proposition de mesures nécessaires pour réduire les rejets en question.

### *Le programme national d'actions contre la pollution des milieux aquatiques par certaines substances dangereuses*

La pollution causée par certaines substances dangereuses déversées dans le milieu aquatique de la Communauté européenne avait été prise en compte par la directive 76/464/CEE du 4 mai 1976. Elle fournissait notamment une « liste I » et une « liste II » de 132 substances identifiées comme dangereuses.

Le décret n°2005-378 du 20 avril 2005 établit un programme national d'actions destiné à prévenir, réduire ou éliminer la pollution des eaux de surface, des eaux de transitions, et des eaux marines intérieures et territoriales par plus de 150 substances (ou familles de substances) dangereuses.

Les arrêtés du 20 avril 2005 et du 30 juin 2005 définissent respectivement l'objet (liste des substances exclues du programme, liste des substances et familles pertinentes, ainsi que des objectifs de réduction de 18 substances pertinentes et disposant de normes de qualité (NQ)), et le type de contenu du programme d'actions.

<sup>17</sup> : Les installations polluantes trop petites pour être classées sont soumises à la Loi sur l'Eau (autorisation de rejet), au Code de la Santé Publique et aux règlements sanitaires départementaux.

On notera que la DCE prévoit l'abrogation de la directive de 1976 ; l'arrêté du 21 mars 2007 modifiant l'arrêté du 30 juin 2005 ci-dessus, indique, qu'en plus du suivi des 41 substances et familles impliquées dans l'évaluation de l'état chimique des masses d'eau dans le cadre du programme de surveillance établi par la DCE, sera également réalisé le suivi des 86 autres substances, dites « pertinentes » au titre du programme national de réduction des substances dangereuses.

### *Le Plan National Santé Environnement (PNSE)*

Ce plan mis en place par les ministères de la santé, de l'environnement, du travail et de la recherche, a pour objectif d'identifier et concevoir les actions à mettre en œuvre entre 2004 et 2008, afin d'améliorer la santé des Français en rapport avec la qualité de leur environnement.

Les principales mesures engagées liées à l'eau et aux micropolluants sont :

- Assurer la protection de la totalité des captages d'eau potable d'ici 2010 et généraliser la surveillance des eaux souterraines au droit des installations industrielles.
- Limiter la pollution des eaux et des sols due aux pesticides et à certaines substances potentiellement dangereuses.
- Organiser l'exploitation des données pour estimer l'exposition de la population aux pesticides.
- Engager une détection et une évaluation des risques liés aux substances « émergentes » (médicaments, perturbateurs endocriniens, toxines algales...).
- Réduire les risques « mercure » en Guyane et « pesticides » en Guadeloupe et Martinique.

Un « PNSE II » devrait être lancé pour la période 2009-2013.

### *Le plan interministériel de réduction des risques liés aux pesticides*

Ce plan a été mis en place par les ministères chargés de la consommation, de la santé, de l'agriculture et de l'écologie pour la période 2006-2009. Il prévoit la réduction de 50 % des quantités vendues de substances actives les plus dangereuses. La vente de ces pesticides fera l'objet d'une traçabilité visant à améliorer la gestion des risques liés à leur distribution et leur utilisation. La diminution de leur usage sera

encouragée et l'information des utilisateurs renforcée. Enfin, l'Observatoire des résidus de pesticides (ORP) rassemblera les informations sur la présence de ces substances chimiques dans l'environnement dans le but d'évaluer l'exposition de la population et des écosystèmes.

### *Le Plan National de lutte contre les PCB*

Les polychlorobiphényles, très persistants dans les sédiments et le biote des rivières et marins, et qui ont vu leur toxicité chronique récemment réévalué, font l'objet d'un plan national d'action depuis février 2008. Celui-ci s'applique principalement à l'aval de grandes zones industrielles historiquement polluées par ces produits.

# FICHES TECHNIQUES

## PRINCIPALES FAMILLES DE MICROPOLLUANTS DANS LE BASSIN SEINE-NORMANDIE

### Explication de la fiche par famille

Type de substance ou famille	Origine de la substance (naturelle, produite par procédé industriel, rejets polluants ...) Types d'utilisation et origines de la pollution.
N° CAS : Code SANDRE :	Niveau général de bioaccumulation, biodégradabilité, toxicité pour l'environnement. Effets sur la santé (résumé succinct).
Symbole chimique ou Molécule	Le cas échéant, indication de classement de la substance comme dangereuse ou dangereuse prioritaire par la Directive Cadre sur l'Eau (DCE).

### Utilisations et sources potentielles d'émission dans l'environnement

Selon les données disponibles.

### Comportement dans le milieu naturel

Le nombre indiqué à droite de chaque case constitue la limite supérieure de la classe.

Solubilité dans l'eau mg/L

10	100	1000	
●	●●	●●●	●●●●

Solubilité dans les graisses

log Kow*	1	3	8	
	●	●●	●●●	●●●●

Stockage dans le sédiment

Adsorption sur les m.e.s\*.

Koc*	10	100	500	
	●	●●	●●●	●●●●

Volatilité (à température ambiante)

Pression de vapeur	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-2</sup>
	●	●●	●●●	●●●●

Persistence (demi-vie)

Selon études et observations			
non persistant	30 j	eau 60 j sédiment 90 j	
●	●●	●●●	●●●●

\*Voir glossaire

Biodégradabilité\* (substances organiques)

nulle ou négligeable	faible	moyenne	forte
●	●●	●●●	●●●●

Dégradation abiotique\*

Substance photodégradable	Substance non photo-dégradable
☀	

Bioconcentration\*, Bioaccumulation\*

BCF*	100	1000	5000	
	●	●●	●●●	●●●●

Biomagnification\*

Selon études et observations

● nul ou négligeable, ●● faible, ●●● moyen, ●●●● fort

Demi-vies dans l'environnement

(pour substances xxx)








1000 ans		Ordres de grandeur selon informations disponibles
100 ans		
10 ans		
1 an		
1 mois		
1 semaine		
1 jour	XXX dans l'air   XXX dans l'eau   XXX dans le sol   XXX dans le sédiment	


XXX dans l'air   XXX dans l'eau   XXX dans le sol   XXX dans le sédiment

## Effets sur l'environnement et sur l'homme

Lecture des classes de niveaux de risques.

Le nombre indiqué à droite de chaque case constitue la limite supérieure de la classe.

Toxicité	
	<i>Algue planctonique ou algue macroscopique ou macrophyte</i>
	<i>Micro crustacés (Daphnie le plus souvent), Invertébrés benthiques</i>
	<i>Coquillages : Moule, huître, bulot, coquille St Jacques...</i>
	<i>Poissons d'eau douce et marins</i>
	<i>Mammifères (modèles rat et souris le plus souvent)</i>
	<i>Pour les pesticides, effets sur les plantes terrestres</i>
	<i>Effets sur l'homme</i>

	1	10	100	µg/abeille
	●●●●	●●●	●●	●

Toxicité aiguë sur les mammifères (rat, souris, homme) évaluée en fonction de la DL 50 (en milligrammes par kg de poids corporel).





DL50 (mg/kg pc)	50	500	5000	>5000
	●●●●●	●●●	●●	●

Toxicité aiguë sur la faune et la flore aquatiques évaluée en fonction de la CL 50 ou CE 50\*.

Toxicité chronique sur la faune et la flore aquatiques évaluée en fonction de la NOEC\* (ou des CL50, CE50 et CE10/facteur d'incertitude).

CL50 ou CE50 CE10 ou NOEC (mg/L)	0,1 0,01	1 0,1	10 1	>10 >1
	●●●●	●●●	●●	●

## Exposition humaine et risques pour la santé

Mode d'exposition exprimé en importance relative		<i>Ingestion (aliments solides, eau et autres boissons)<sup>1</sup></i>
		<i>inhalation</i>
		<i>contact cutané</i>
Organes et/ou fonctions atteints		<i>Organes cibles</i>
	<b>C</b>	<i>Cancérogène</i>
	<b>PE</b>	<i>Perturbateur endocrinien (OE : effet oestrogénique) (T: effet thyroïdien)</i>
	<b>DI</b> <b>R</b>	<i>Déficit immunitaire Reprotoxique</i>

<sup>18</sup> : les données mentionnées dans les fiches correspondent à une alimentation normale.

\* : voir glossaire

## Données toxicologiques et normes

Caractéristique	Concentration
<b>Toxicité</b>	
DL50 ou CL 50	<i>Dose ingérée ou concentration dans l'eau (organismes aquatiques) létale pour 50% de la population</i>
Toxicité sublétales	
DJA (XXX)	<i>Dose journalière acceptable (organisme l'ayant proposée)</i>
DJT	<i>Dose journalière tolérable</i>
DHA	<i>Dose hebdomadaire acceptable</i>
DHTP	<i>Dose hebdomadaire tolérable provisoire</i>
<b>ECOTOXICITÉ</b>	
CE50, CE10	<i>Concentration efficace sur 50%, 10% de la population</i>
NOEC	<i>No observed effect concentration level : concentration sans effet observé</i>
PNEC eau douce	<i>Predicted no effect concentration : concentration considérée comme sans effet dans le milieu naturel</i>
PNEC eau marine	
PNEC sédiment	
<b>NORMES ET SEUILS</b>	
Bruit de fond (géochimique)	<i>Concentration naturelle dans les sédiments, indépendante de l'activité humaine</i>
NQEp eau de surface intérieure	<i>Normes de qualité environnementale provisoires</i>
NQEp eau de transition	
NQEp eau marine	
Limite de qualité eau potable	<i>Concentration maximale admise dans l'eau de boisson</i>
Baignade et loisirs	<i>Concentration maximale admise dans l'eau de baignade</i>
Chair coquillages Chair poissons et crustacés	<i>Concentration maximale admise dans ces aliments</i>
Norme « sol »	<i>Valeurs limites de concentration dans les sols, pour usage agricole</i>

Norme « boues »	<i>Teneurs limites admises dans les boues issues du traitement des eaux usées pour un épandage sur les sols agricoles</i>
Qualité sédiments	<i>Valeurs limites recommandées pour un rejet de matériaux de dragage. Niveaux N1 et N2 : sédiments marins et estuariens S1 : cours d'eau ou canaux</i>
Rejets eau	<i>Concentration maximum admise dans un rejet industriel (installation classée).</i>
Autres pays	<i>Données concernant d'autres pays</i>

## Restrictions d'usages

Par un texte réglementaire.

## Mesures préventives et conseils pratiques pour limiter la pollution et l'exposition

Selon substance

## Classification environnementale

Substance DCE	<i>Indique si la substance est listée par la DCE comme (dangereuse) prioritaire</i>
Liste OSPAR	<i>Indique si la substance est inscrite sur la liste des mesures prioritaires ou celle des substances préoccupantes</i>
Catégorie	<i>classification de l'UE pour le caractère C cancérigène M mutagène (génotoxicité) R reprotoxique (toxique pour la reproduction et le développement) 1 = substance que l'on sait être cancérigène, mutagène, reprotoxique 2 = substance devant être assimilée à des substances cancérigènes ...) 3 = substance préoccupante pour l'homme en raison d'effets possibles ... non déterminé = non classé, non examiné, non étudié, absence de donnée</i>

Indication du danger (les préparations contenant les substances affectées de ces indicateurs doivent être étiquetées si la teneur est supérieure au seuil fixé)	<i>T = toxique (catégories 1 et 2 en CMR) Xn = nocif (catégorie 3 en CMR) N = dangereux pour l'environnement, quand la substance est classée R50/53, R50, R51/53, R54, R55, R56, R57, R58, R59</i>
Phrases de risque Indication des dangers liés à la substance	<i>voir liste des codes en annexe du guide par exemple R50 = très toxique pour les organismes aquatiques</i>
Conseils de prudence	<i>S ... voir liste des codes en annexe du guide Par exemple S61 = ne pas rejeter dans l'environnement</i>

### Textes réglementaires spécifiques

Les principaux textes réglementaires concernant les substances toxiques sont donnés en annexe.

Pour la substance considérée, quelques textes spécifiques et particulièrement importants sont cités (sans exhaustivité).





### Norme(s) analytique(s), limite(s) de quantification couramment rencontrée(s), et coût des analyses

	Norme ou méthode par défaut	LQ Limite de quantification	Coût
eau	NF EN ISO	en µg/L ou mg/L	€ HT
sédiment		en µg/kg ps* ou mg/kg ps	

\* ps = poids sec

Méthode(s) généralement utilisée(s) dans les laboratoires européens, avec le(s) seuil(s) proposé(s) en routine par les laboratoires d'analyses.

Un ordre de grandeur des coûts d'analyse en € H.T. est donné, selon le barème suivant :

<50	200	800	> 800
			

### Niveaux d'imprégnation

Il s'agit d'ordres de grandeur, exprimés en minimum et maximum des concentrations trouvées dans le milieu aquatique.

Les données internationales citées sont issues de la bibliographie citée en fin de fiche. Les données concernant la France proviennent le plus souvent de :

- Agence de l'Eau Seine-Normandie : Réseau National de Bassin, inventaire exceptionnel, campagnes spécifiques, contamination dans le biote sur le littoral ;
- DIREN Ile de France : réseaux départementaux et campagnes spécifiques ;
- Service de la Navigation de la Seine : Seine aval et estuaire ;
- Ifremer : Réseau National d'Observation du milieu marin (RNO).
- DDASS - DRASS (eaux souterraines), IFEN.

**NB** : Il s'agit dans la majorité des cas de fourchettes visant à situer le niveau de contamination par compartiment physique ou biologique ; si un seul chiffre est fourni, c'est que l'amplitude de variation est négligeable à l'échelle de l'information fournie ici.

### Origine/apports/flux dans les eaux du bassin Seine-Normandie

*Selon information disponible.*

### Bibliographie spécifique

*Principales publications utilisées pour l'élaboration de la fiche.*

### Cartes

**NB** : Les cartes illustrant chaque fiche représentent des niveaux de contamination mesurés, et non des classes de qualité réglementaires ou niveaux de risque.