



# Pour en savoir plus...

## Publications

- Académie nationale de Pharmacie (2008). Rapport, 105 pages, France.
- Chèvre, N. et Erkman, S. (2011). Alerte aux micropolluants. Le Savoir Suisse. PPUR. Lausanne, Suisse.
- Collette-Bregand M., James A., Munshy C., Bocquene, G. (2009). Contamination des milieux aquatiques par les substances pharmaceutiques et cosmétiques - Etat des lieux et perspectives. Rapport, 44 pages, France.
- Communauté européenne (2006). Règlement (CE) N° 1907/2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques, ainsi que les restrictions applicables à ces substances (REACH).
- Confédération helvétique. Ordonnance sur les produits phytosanitaires (OPPh ; RS 916.161).
- Confédération helvétique. Ordonnance sur les produits biocides (OPBio ; RS 813.12).
- Confédération helvétique. Ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques (ORRChim ; 814.81).
- Edder, P. et coll. « 007 ». Métaux et micropolluants dans le Léman, Rapport CIPEL, Campagne 2006, 59-81.
- National Corporation of Swedish Pharmacies (2006). Stockholm County Council & Stockholm University. Rapport 142 pages, anglais,).
- Office fédéral de l'environnement (OFEV). Micropolluants dans les eaux usées urbaines.
- Office fédéral de l'environnement (OFEV). Micropolluants.
- Office fédéral de l'environnement (OFEV). Micropolluants dans les eaux - Evaluation et réduction de la charge polluante des eaux usées urbaines.
- Office fédéral de l'environnement (OFEV). Micropolluants organiques et substances nutritives - Etat des lieux de l'évacuation des eaux des agglomérations et de l'épuration des eaux usées.

## Sites internet

- <http://www.acadpharm.org>
- <http://www.bafu.admin.ch>
- <http://www.admin.ch>
- <http://europa.eu>
- <http://www.cipel.org>
- <http://archimer.ifremer.fr>
- <http://www.janusinfo.se>



L'ASL, c'est aussi sur [www.asleman.org](http://www.asleman.org)

## MPRESSUM

Journal trimestriel de l'Association pour la sauvegarde du Léman (ASL)  
**Responsable de la Rédaction** : Raphaëlle Juge, Tél.: 41 (0)22 379 04 82  
 E-mail : [Raphaelle.Juge@unige.ch](mailto:Raphaelle.Juge@unige.ch) • **Secrétariat général** : Amanda Melis -  
 Rue des Cordiers 2 - CH-1207 Genève • Tél. 41 (0)22 736 86 20 • Fax 41 (0)22 736 86 82  
[www.asleman.org](http://www.asleman.org) - [asl@asleman.org](mailto:asl@asleman.org) • **Adhésion à l'ASL et dons** : CCP 12-15316-0  
**Tirage** : 9'000 exemplaires (papier FSC) • **Impression** : Imprimerie des Bergues SA,  
 Carouge

JAB 1211 Genève 6  
 retour à ASL cp 6146 /1211Genève 6  
 Annoncer les rectifications d'adresse SVP

# Pour nos lecteurs



**Profitez de notre offre de la rentrée avec ce nouvel ouvrage**  
 « La Rade de Genève », réalisé par l'Association pour la sensibilisation au développement durable – ASDD, qui propose une visite guidée thématique, qui vous permettra de re-découvrir la Rade de Genève sous un angle différent, celui du développement durable. Tout un programme pour les amoureux de la Cité de Calvin et de ses trésors.  
**CHF 7.- au lieu de CHF. 9.-**

Merci à nos membres de transmettre leur adresse électronique afin de faciliter les échanges et alléger les finances à :

[asl@asleman.org](mailto:asl@asleman.org)

Avec le soutien de la  
**FONDATION**  
**HANS WILSDORF**

# LEMANIQUES



Bulletin de l'Association pour la Sauvegarde du Léman

## Toute une pharmacie dans le Léman ?

**Ouille ! Pfiit...Loin, la douce insouciance dans la moite torpeur de l'été vacancier !**

Chers lecteurs, rassemblez vos neurones, boostez vos méninges ! Car le dossier sur les micropolluants que nous vous soumettons en cette rentrée est ardu... Mais la gravité du sujet mérite de votre part une sérieuse prise de conscience et un léger effort intellectuel. Un conseil, ouvrez d'emblée Wikipedia et votre dico en ligne pour agrémenter votre lecture !

Vous allez constater que ça ne rigole pas. C'est en fait surtout de l'avenir, donc – par le truchement de nouveau troubles potentiels dans le fonctionnement de votre écosystème préféré, le Léman - de votre santé, de votre qualité de vie et celles de vos enfants qu'il s'agit. Il y a en effet tout lieu de penser que si des solutions ne sont pas rapidement mises en place pour maîtriser la contamination des eaux naturelles ...et de boisson (?) par une armada de

substances toxiques, la gestion de nos eaux, vitale est-il nécessaire de le rappeler ?, va singulièrement se compliquer.

Foin de pessimisme ! Gageons que nos édiles, nos scientifiques, sauront relever ce nouveau défi contre la pollution. SURTOUT, oui car n'oublions pas que ce que l'on ne met pas dans l'eau, il n'est pas besoin de l'en ressortir !

Et ça, pas besoin d'avoir fait 10 ans d'études à l'EPFL ou à l'UNI pour le comprendre !

Oui, mais ce n'est hélas pas si simple... Il faut en réalité prendre en compte la grande complexité (pas vraiment maîtrisée) de ce nouvel enjeu : « Y'A-PAS-KA » ! La balance des intérêts sociaux, économiques et environnementaux oscille en tous sens...

**Raphaëlle Juge, biologiste**



## Les micropolluants : une constellation de substances retrouvées partout dans l'environnement

Le numéro de décembre 2006 de « Lémaniques » abordait la problématique spécifique des perturbateurs endocriniens, une catégorie particulière de micropolluants qui constituait alors l'actualité. Aujourd'hui, les milieux scientifiques, les politiques et le public s'intéressent davantage aux micropolluants dans leur ensemble. Mais, qu'entend-on par ce terme?

### Pas de définition légale

A notre connaissance, il n'existe pas, en tout cas au niveau européen ou suisse, de définition légale de cette catégorie de produits, que certains auteurs désignent aussi comme substances traces, contaminants, xénobiotiques ou tout simplement polluants. Nous nous référons ici à la définition proposée par deux chercheurs de la Faculté des géosciences et de l'environnement de l'Université de Lausanne, N. Chèvre et S. Erkman : substance présente en faible concentration dans l'environnement, résultant en partie au moins de l'activité humaine et qui, malgré cette faible quantité, peut entraîner des effets nocifs pour les organismes vivants.

Il s'agit de concentrations extrêmement faibles de l'ordre du microgramme ou du nanogramme ( $10^{-6}$  -  $10^{-9}$  gramme) de substance par litre ou kilogramme de milieu. A titre d'exemple, une concentration de 10 nanogrammes par litre, que l'on mesure régulièrement dans certains compartiments de l'environnement, correspond à 1 seul grain de sel dans un bain de 200 litres ! En cela, les micropolluants s'opposent aux macropolluants, qui eux sont présents en plus fortes concentrations dans l'environnement, comme les nitrates et les phosphates.

### Catégories de micropolluants

Il existe plusieurs façons complémentaires de classer les micropolluants, par exemple selon leur nature chimique, leur utilisation ou leur mode d'action vis-à-vis de l'organisme considéré. La classification des micropolluants présentée ici repose sur leur utilisation, certaines substances pouvant d'ailleurs répondre à plusieurs besoins. Enfin, il convient de préciser que les micropolluants appartiennent à toutes les classes chimiques : produits organiques, inorganiques, organo-métalliques et nanoparticules insolubles.

Considérant les multiples utilisations des produits concernés, on peut imaginer la difficulté d'identifier les sources des micropolluants présents dans les quatre compartiments de l'environnement : air, sol, eau et sédiments au fond des lacs et rivières. Chacun de ces milieux peut être contaminé directement ou par échange

### Classification des micropolluants en fonction de leur utilisation

**Produits phytosanitaires (phytopharmaceutiques) :**  
herbicides - fongicides - insecticides

**Biocides :**  
désinfectants (hygiène humaine et vétérinaire, produits médicaux, sols, piscines, toilettes) - produits de protection (bois, cuir, polymères) - produits antiparasitaires (rodenticides, insecticides ménagers, répulsifs) - peintures - produits antiallure (antifouling) - protection des aliments

**Médicaments :**  
anticancéreux - antidiabétiques - hypolipémiants - antiépileptiques - antidépresseurs - analgésiques - anti-inflammatoires - hormones («pilule») - bêtabloquants - antihypertenseurs - diurétiques - antibiotiques - anesthésiques locaux - agents de contraste

**Cosmétiques :**  
agents conservateurs (antimicrobiens) - agents anti-UV

**Agents nettoyants :**  
(détergents, surfactifs, tensioactifs ou mouillants).

**Produits industriels, domestiques (autres que biocides), alimentaires :**  
retardateurs de flamme - agents antidétonants - agents anticorrosion - plastifiants - antioxydants - édulcorants artificiels

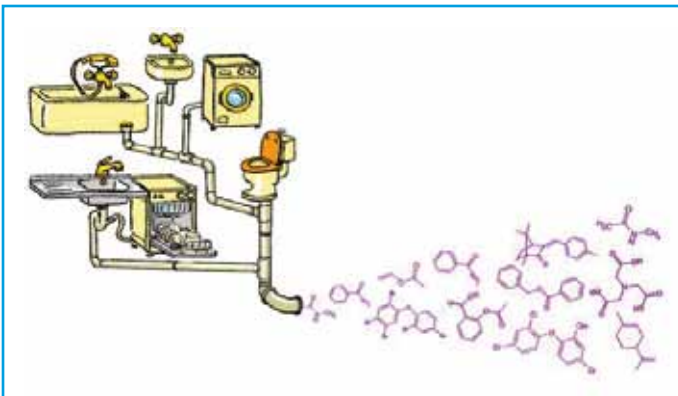
avec son voisin. Les eaux récoltent la plus grande partie des micropolluants, soit par contact avec la source de pollution, soit par migration des substances à partir de l'air ou du sol, voire des sédiments. Le schéma ci-contre illustre les cheminements de divers micropolluants dans l'environnement.

suite p3

photo : Mermod

# C onclusion de l'ASL 2006 -2012 : qu'y a-t-il de changé ?

**Des avancées substantielles ont été réalisées dans l'identification et le dosage des micropolluants, dans la mise au point de méthodes complétant l'analyse chimique par des tests écotoxicologiques et des biotests qui permettent d'étudier les effets des substances ou des mélanges de substances.**



Éviers, lavabos et WC ne sont pas une déchetterie !  
source : [www.energie-environnement.ch](http://www.energie-environnement.ch)

L'impact des micropolluants sur l'environnement est démontré de manière de plus en plus précise et convaincante. De vastes programmes de recherche sont en cours et des réglementations comme la directive européenne REACH devraient éviter la mise sur le marché de substances à la toxicité non acceptable.

Des essais pilotes effectués dans les stations d'épuration ont permis d'étudier l'effet de traitements additionnels des eaux par l'ozone et le charbon actif sur les micropolluants, avec des résultats encourageants. En conséquence, la Suisse introduira ces techniques dans une centaine de STEP dès 2015.

La concentration en pesticides totaux au centre du Léman a diminué de près de moitié entre 2005 et 2010 (rapport 2011 de la CIPEL). La contamination du lait maternel en Suisse par les POP a reculé en 2012 par rapport à des mesures antérieures selon l'OFSP.

En revanche, les répercussions de cette forme de pollution sur la santé des êtres humains restent difficiles à identifier avec certitude et surtout à quantifier: l'homme diffère de la daphnie, du poisson ou de la souris blanche. L'épidémiologie peine à mettre en évidence la relation causale entre la présence d'une substance dans le milieu et son effet sur la santé humaine quand cet effet ne se manifeste qu'après des années et que de multiples autres facteurs agissent aussi pendant ce temps.

## Que faire?

Le terme «micropolluant» est quelque peu trompeur, il évoque quelque chose de petit. En fait, les micropolluants sont partout, en nombre immense, de structure chimique diverse, persistants, mobiles. Ils peuvent s'accumuler dans les organismes vivants, les sédiments, les glaciers, les décharges – et en resurgir un jour.

Nous pouvons tenter d'en éliminer certains «à la sortie du tuyau» en améliorant les STEP et en traitant séparément certaines eaux usées (usines, hôpitaux). Mais il faut aussi essayer de limiter leur déversement dans le milieu: tout finit dans l'eau, tôt ou tard.

Au niveau de la collectivité, on attend des autorités qu'elles renforcent le contrôle des sources ponctuelles de pollution, telles que les effluents industriels, les rejets dans l'air des usines d'incinération des déchets, les décharges (notamment celles de produits chimiques). Pour les sources diffuses de pollution, c'est-à-dire l'utilisation de pesticides et biocides divers par l'agriculture dans la construction et l'utilisation par la population de produits chimiques en tout genre, on tente d'agir en interdisant la commercialisation et l'utilisation des produits à la nocivité démontrée et en développant des produits de remplacement exempts d'effets perturbateurs et biodégradables.

Au niveau individuel, ne pouvons-nous pas faire davantage d'efforts pour utiliser raisonnablement les produits chimiques dans la vie quotidienne, des déodorants pour WC aux cosmétiques, des détergents aux insecticides, des peintures de nos façades aux herbicides de notre jardin?

Et surtout ne pas nous en débarrasser dans le lavabo, la cuvette des WC ou la grille de la canalisation au bord du trottoir!

**Dr. Jean-Claude Mulli, médecin**



## Toxicité indirecte

Les micropolluants médicamenteux pourraient aussi agir indirectement sur la santé humaine en induisant des changements dans l'environnement, comme par exemple l'apparition de bactéries résistantes aux antibiotiques. Le rapport final du Programme national de recherche (PNR 49) mentionne en 2007 déjà la découverte de *Legionella* résistante à l'érythromycine. En outre, des gènes de résistance ont été mis en évidence en 2012 chez des bactéries dans les eaux usées de Lausanne et dans les sédiments de la baie de Vidy.



photo : André Vinzio

## Alors Docteur ?

En somme, beaucoup de questions restent sans réponse catégorique. Les micropolluants d'origine pharmaceutique ne représentent pas un grand risque immédiat pour l'être humain. En revanche, comme les autres catégories de micropolluants, ils ont des effets observés ou potentiels sur l'environnement et les organismes aquatiques très préoccupants, qui justifient d'agir sans tarder selon le principe de précaution, notamment en exigeant l'évaluation des risques pour l'environnement des nouvelles substances, en cherchant à réduire la pollution à la source et en neutralisant le mieux possible les polluants à leur passage dans les STEP.

**Dr. Jean-Claude Mulli, médecin**

## Les micropolluants : suite de la page 3

### Qu'en est-il des nouvelles substances ?

D'une manière générale, le nombre et les quantités de substances chimiques utilisées dans les domaines industriel, agricole, domestique et de la santé sont en constante augmentation, même si des familles de produits sont en régression dans des contrées soumises à des réglementations sévères.

Pour ce qui est des nouvelles substances, les industries doivent fournir des données relatives aux risques pour l'environnement, conformément à la législation suisse et notamment celle intégrant la réglementation européenne REACH valable pour les produits autres que les phytosanitaires, les biocides et les substances médicamenteuses. On peut donc être raisonnablement optimiste pour les années à venir, mais nous ne sommes pas à l'abri de nouveaux problèmes comme le montre l'exemple

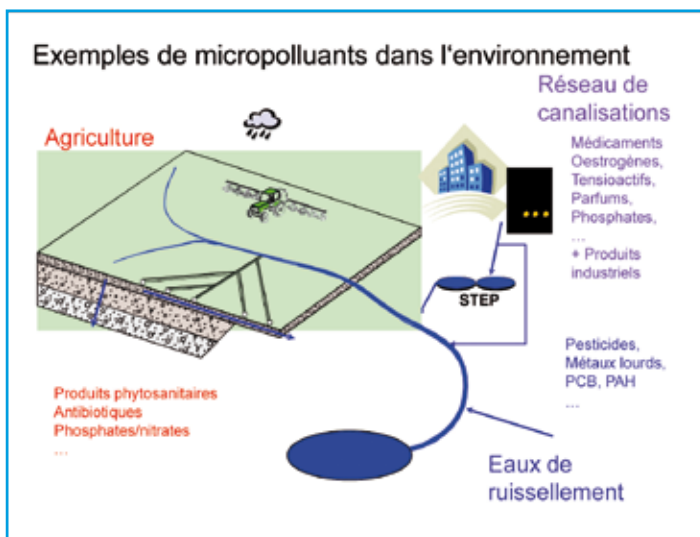
de l'éthylomètre imposé depuis juillet 2012 aux conducteurs de véhicules en France. Il faut en effet savoir que les éthylomètres chimiques, qui changent de couleur au contact de l'alcool dans l'air expiré, contiennent le réactif dichromate de potassium en quantité appréciable. Or, ce chrome hexavalent (VI), au contraire du chrome trivalent (III) qui est un oligoélément bénéfique pour la santé, entraîne des problèmes sanguins majeurs et est associé à certains cancers. Sachant qu'aucune filière de recyclage spécifique pour les éthylomètres qui seront utilisés à très grande échelle ne semble pour l'instant avoir été mise en place, on va probablement sauver des vies sur la route mais en contrepartie ajouter une source de pollution et peut-être créer un problème de santé à l'avenir.

**Eric Doelker, pharmacien, Prof. Université de Genève**

## Combien de substances concernées parmi les centaines de milliers de composés chimiques connus ?

Il est évidemment impossible de connaître précisément le nombre de substances d'origine industrielle que l'on retrouve dans les divers compartiments de l'environnement, ne serait-ce que parce que les méthodes de mesure ne permettent pas encore de les déceler. On peut toutefois estimer le nombre de micropolluants sur la base de l'ensemble des substances synthétiques utilisées. Ainsi, selon des rapports de l'OFEV, on compte en Suisse plus de 30'000 substances présentes dans des produits aux applications diverses : produits phytosanitaires, biocides, médica-

ments, cosmétiques, agents de nettoyage ou autres. Il est donc fondé de s'attendre à retrouver dans nos eaux plusieurs milliers de molécules différentes. A ces substances actuellement autorisées, il faut ajouter d'une part les produits d'hydrolyse ou de photolyse issus de ces substances (qui peuvent être inoffensifs, peu toxiques ou au contraire beaucoup plus toxiques que les substances natives) et d'autre part les substances qui ne sont plus utilisées mais qui persistent dans l'environnement pendant de très nombreuses années. On peut penser aux peintures contenant du plomb, pourtant interdites en Suisse dès 2005, qui peuvent continuer à relarguer ce métal par lessivage des murs par les pluies.



## Caractéristiques des micropolluants à prendre en compte

**Leur toxicité** entraîne des effets nocifs sur des systèmes biologiques donnés, leur persistance : a trait à des substances qui ne sont pas naturellement biodégradables ou alors très lentement dans l'environnement ou les organismes vivants.

**Leur bioaccumulation** décrit la capacité de certains organismes (microorganismes, plantes, animaux et êtres humains) à absorber et concentrer progressivement dans certains de leurs organes des substances provenant de sources diverses (par ex. air, eau). Pour les êtres vivants, les graisses et le sang sont particulièrement concernés. Par ailleurs, plus un organisme se trouve haut placé dans la chaîne alimentaire (l'homme est au sommet), plus les concentrations de ces substances seront importantes (bioamplification).

**Leur mobilité** se traduit par des mesures de concentrations

Une catégorie particulière de polluants réunit les quatre caractéristiques, les polluants organiques persistants, ou POP, qui sont très toxiques, se dégradent très difficilement et qui s'accumulent dans les organismes vivants. De plus, dispersés par l'air ou l'eau, ils représentent un danger pour l'homme et l'environnement (cancers, effet perturbateur endocrinien) à une très grande distance de l'endroit où ils ont été libérés (en Arctique par exemple). Ils font l'objet d'une réglementation internationale par la Convention de Stockholm, entrée en vigueur en 2004. A l'origine, il s'agissait d'interdire, de restreindre l'utilisation et de prévenir ou réduire la formation de 12 substances chimiques très polluantes, parmi lesquelles des insecticides dont le DDT et des produits industriels comme les PCB et les furanes. Cette convention est régulièrement réévaluée et a servi de base, en Suisse, à l'établissement de l'Ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques.

suite p10

# Evaluation des risques pour l'environnement

Pour estimer le risque des substances chimiques avant leur mise sur le marché ou lorsqu'elles contaminent l'environnement, il est indispensable de disposer de méthodes fiables, aptes à fournir deux informations :

- les concentrations présentes dans le milieu (compartiment concerné)
- la toxicité de la molécule, ceci afin d'établir une concentration d'effet acceptable.

Ces deux informations sont ensuite comparées pour évaluer si la substance présente un risque négligeable ou non pour l'environnement.

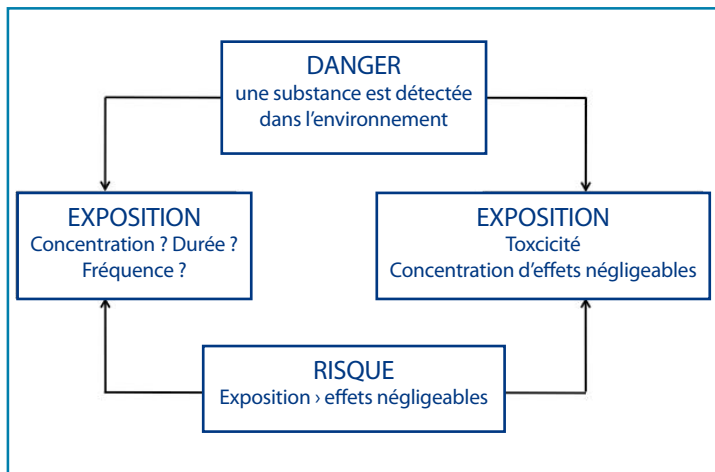


Schéma d'évaluation du risque environnemental (source : Chèvre et Erkman 2011).

## Mesurer la concentration d'une substance dans l'environnement

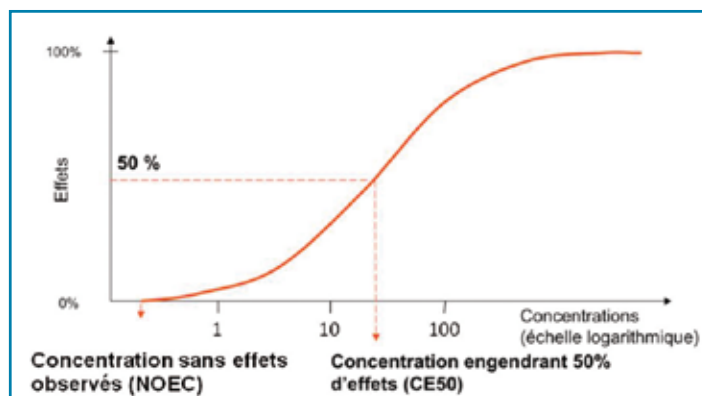
Les méthodes analytiques actuelles sont capables de mesurer en même temps plusieurs centaines de substances dans différents milieux et permettent donc de se faire une idée de la pollution des eaux ou des sols par ces molécules. Pour le Léman, par exemple, la CIPEL a mis en évidence la présence de plus de 50 pesticides et médicaments dans l'eau au milieu du Léman.

## Évaluer la toxicité sur divers organismes

Pour estimer le danger que comporte une substance, il est nécessaire d'établir une relation entre la dose et les effets pour un maximum d'espèces présentes dans un écosystème donné.

C'est seulement la connaissance de ces courbes, appelées dose-réponse, qui permet d'établir une valeur seuil d'effet négligeable pour cet écosystème. Or les données de la littérature relatives aux effets des substances sont aujourd'hui plutôt rares.

Ainsi, connaît-on la toxicité et l'écotoxicité de moins de 1% des quelque 6000 substances cosmétiques actuellement sur le marché. De plus, ces données concernent souvent un nombre très restreint d'organismes vivants différents dans un environnement qui peut en contenir plusieurs millions.



Courbe dose-réponse. (source : Chèvre et Erkman 2011).

Le manque de données de toxicité et d'écotoxicité rend déjà difficile d'estimer le risque des substances chimiques considérées isolément présentes dans l'air, l'eau ou le sol. Or, ces dernières années, les chercheurs se sont rendu compte que les effets toxiques observés sur l'homme et l'environnement n'étaient en général pas dus à une seule molécule, mais bien au cocktail de molécules auquel les organismes sont exposés. A titre d'exemple, un poisson nageant dans le Léman est soumis au stress chimique des quelque 50 substances citées précédemment. Et c'est l'effet conjoint de ces molécules, par ailleurs individuellement présentes à de très faibles concentrations, qui peut avoir un impact négatif. Dans le but de protéger notre environnement et nous-mêmes, il est donc urgent de s'atteler à mieux connaître la toxicité et l'écotoxicité des substances chimiques ainsi que des mélanges. La directive européenne REACH 1, qui oblige les industries à produire de telles données pour les substances qu'elles mettent sur le marché, est un grand pas dans ce sens.

Dr. Nathalie Chèvre, écotoxicologue, Université de Lausanne



## Est-il dangereux de boire la tasse dans le Léman ?

Les concentrations de médicaments mesurées dans les eaux du Léman sont de l'ordre de 10 à 100 ng/l. On trouve des taux plus élevés dans les effluents de STEP. Le diclofénac, par exemple, a été dosé au taux de 500 ng/l dans un de ces effluents. Sur la base de ce chiffre, il faudrait boire 100'000 litres d'eau contaminée (!) pour absorber l'équivalent d'un comprimé à 50 mg, soit le tiers de la dose journalière usuelle de ce médicament. On peut s'amuser à faire le même calcul pour les autres médicaments, avec des résultats comparables. Le baigneur qui boit une tasse à l'occasion ne risque vraiment pas l'overdose!



photo : André Vinzio

## Toxicité cumulative: la durée d'exposition, la bioaccumulation

On peut se demander si le riverain du Léman qui boit toute sa vie de l'eau provenant du lac court un risque du fait de la présence de traces de médicaments (à concentrations beaucoup plus faibles dans l'eau potabilisée que dans un effluent de STEP !). En l'état actuel des connaissances, on peut répondre que non, même si les effets chez l'homme d'une exposition chronique à de très faibles doses de substances sont mal connus car très difficiles à objectiver.

Les mécanismes de la bioaccumulation et de bioamplification la peuvent multiplier par un facteur de 100'000 et plus la concentration d'une substance dans l'organisme des prédateurs situés au sommet de la chaîne alimentaire ...qui est la place de l'homme. Le cas est bien connu dans le Léman pour certains polluants persistants : ombles chevaliers bourrés de PCB, filets de perche au mercure.

Ce processus est plus rarement mentionné pour les médicaments, mais il existe des études faites en Suède qui ont mis en évidence des concentrations de médicaments dans les poissons 1'000 fois plus élevées que dans les eaux.

## Toxicité à faible dose liée au mode d'action: baisse de la fertilité, malformations, cancers

On connaît les effets de perturbateurs endocriniens, notamment les oestrogènes de synthèse des pilules contraceptives, sur des organismes aquatiques (troubles de la reproduction, féminisation de poissons mâles, etc.). Des mécanismes analogues pourraient-ils expliquer des phénomènes tels que la diminution de la fertilité masculine en Europe? Jusqu'ici, rien de tel n'a été démontré, et il est vraisemblable que les micropolluants ne sont qu'un facteur parmi beaucoup d'autres à l'origine des phénomènes en question.

L'induction de cancers par des micropolluants est possible théoriquement mais n'a été démontrée que chez le rat et par des composés non médicamenteux (PCB). L'induction de malformations ou de cancers par des médicaments n'est connue que dans des cas où ils ont été pris à dose thérapeutique, par exemple la thalidomide ou le distilbène (diéthylstilboestrol).



photo : André Vinzio

suite p10



## D

## es médicaments dans l'eau du Léman : est-ce grave, Docteur ?

Depuis que les techniques d'analyse physico-chimiques permettent la détection de substances présentes dans l'eau jusqu'à à des concentrations extrêmement faibles de l'ordre du nanogramme par litre (un millionième de milligramme), on trouve des traces de pratiquement n'importe quelle substance qu'on a décidé de rechercher dans l'eau.

C'est ainsi que l'on a mis en évidence la présence dans le lac Léman de traces de médicaments de toutes sortes (antibiotiques, anti-inflammatoires, hypotenseurs, hypolipémiants, contraceptifs hormonaux, anticancéreux, etc.) et de leurs métabolites, ainsi que de produits de contraste utilisés en radiologie. Ces produits pharmaceutiques viennent s'ajouter aux autres micropolluants mentionnés plus haut (métaux lourds, pesticides, cosmétiques, détergents, anticorrosifs, plastifiants, etc.) déjà connus et détectés dans le lac et ailleurs. En effet, le Léman n'est pas le seul touché: 80% des échantillons d'eau testés dans les pays industrialisés donnent des résultats similaires. On trouve des micropolluants non seulement dans les eaux de surface (cours d'eau, lacs, mers), mais aussi dans les eaux souterraines et les nappes phréatiques.

Ceci n'a pas manqué d'alarmer les médias et le grand public: dans un sondage réalisé par la CIPEL, 68% des personnes considèrent le problème des micropolluants et de leurs effets sur la santé et l'environnement comme prioritaire. Et les milieux scientifiques ne sont pas en reste: on ne compte plus les publications sur ce sujet.

La pollution par les médicaments est principalement d'origine ponctuelle via les rejets des STEP (voir article A. Joss). Les résidus médicamenteux contenus dans les urines des consommateurs, les restes de médicaments jetés dans les toilettes, les eaux usées des hôpitaux arrivent aux stations d'épuration acheminées par le réseau collecteur. Ces substances ne sont pas toutes retenues par les STEP, loin s'en faut, et passent donc dans leurs effluents qui finissent leur course dans les milieux aquatiques naturels.

Dans quelques cas, l'origine de la pollution est à rechercher dans les rejets directs dans un cours d'eau par l'industrie pharmaceutique.

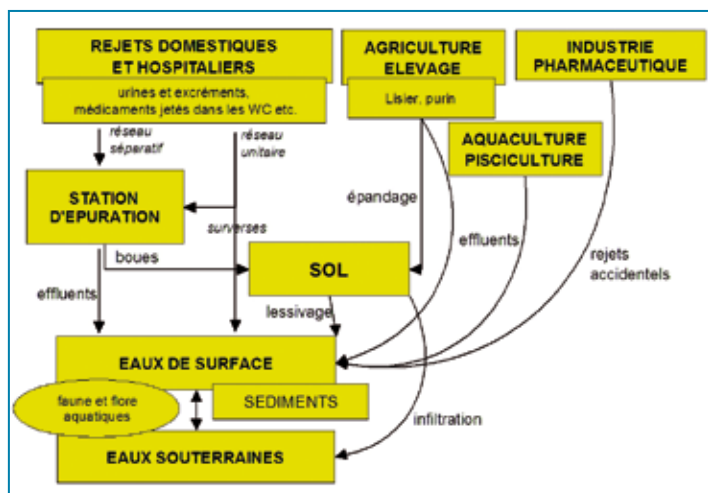
Il existe également des sources diffuses de pollution. L'élevage, par exemple, est à l'origine de pollution directe du sol et de l'eau par des médicaments à usage vétérinaire (surtout antibiotiques, antiparasitaires et hormones).

### Prendre la mesure du risque

Rappelons que la toxicité d'une substance nocive pour un être vivant est classiquement liée à la dose de substance absorbée par l'organisme en question et par la sensibilité de celui-ci à celle-là. Certaines substances agissent à dose très faible en raison de leur mécanisme d'action: perturbation endocrinienne (la substance se lie au récepteur d'une hormone, imitant ou bloquant son effet normal), génotoxicité (la substance modifie un gène dans l'ADN de l'organisme touché).

Le mode d'action des médicaments et leur toxicité liée à la dose pour l'être humain sont plutôt bien connus, puisque l'étude approfondie de ces paramètres est une condition préalable à leur mise sur le marché.

suite p9



Voies de contamination par les médicaments (J-C Mulli)



# Evaluation des risques pour l'être humain

## Nouveaux problèmes, nouvelles approches

L'évaluation systématique de la toxicité des produits chimiques auxquels des êtres humains peuvent être exposés dans leur environnement général ou professionnel a été mise en œuvre dès le milieu du siècle dernier. Les méthodes d'études développées alors, basées essentiellement sur des essais sur l'animal et, pour la génotoxicité, sur des techniques *in vitro*, sont toujours utilisées de nos jours pour évaluer le risque d'exposition à des produits chimiques. Ces études ont permis de constituer des bases de données importantes, mais incomplètes et lacunaires, sur lesquelles s'appuient des réglementations nationales et internationales contrôlant, même imparfaitement, le contexte de l'utilisation de ces substances. La Dose Journalière Admissible, la Concentration Maximale Admissible, la Dose Repère (Benchmark Dose) sont quelques-unes des unités utilisées pour exprimer les doses d'exposition limitant les risques sanitaires pour l'homme. Dans ce contexte, il convient de préciser que les essais réalisés chez l'homme sont réservés aux médicaments.

## La chimie fait peur

La perception de ces «risques chimiques» s'est modifiée au cours de ces dernières décennies pour de multiples raisons parmi lesquelles on peut relever :

- la survenue de plusieurs catastrophes, dont celles de Minamata, Seveso, Bhopal
- les préoccupations environnementales, apparues dès les années 1960 mais renforcées par les multiples cas récents de contamination de l'environnement, dont les perturbateurs endocriniens sont un exemple,
- les capacités accrues de détection de contaminants/résidus dans l'environnement humain général.

Au cours de ces dernières années, les institutions scientifiques et les autorités politiques ont développé des outils, manifestant une volonté d'assurer dans l'avenir une meilleure réglementation dans le domaine des produits chimiques. Le règlement REACH, entré en vigueur en 2007 dans l'UE et l'EEE, en est un exemple. Parmi les préoccupations actuelles, deux questions reviennent régulièrement en discussion. L'une concerne celle des risques pour l'homme résultant de l'exposition à de faibles doses de toxiques (« micropolluants »), l'autre soulève le risque éventuel résultant d'interactions de produits chimiques à faibles doses/ concentrations (effet cocktail).

## Des effets même à très faible dose ?

La question des effets de faibles doses s'est posée dès la mise en œuvre des essais toxicologiques chez l'animal au siècle dernier.

La validité de ces études repose sur au moins deux hypothèses :

1. les données obtenues sont extrapolables à l'homme,
2. les effets toxiques observés à doses élevées chez l'animal peuvent servir à définir une dose au-dessous de laquelle les risques humains sont quasi inexistantes.

Une exception à ce schéma avait été retenue pour les cancérigènes génotoxiques (mutagènes) pour lesquels on admet encore qu'il n'y a pas de doses sans effets. Cependant, plus récemment, les perturbateurs endocriniens ont remis en cause la question des doses « sûres » de substances chimiques pour l'homme. Le débat scientifique sur les risques sanitaires humains de ce groupe de substances reste actuellement ouvert. Les conclusions d'experts restent largement contradictoires (plus de 5000 publications sur le seul bisphénol A !).

Les risques sanitaires humains résultant de l'exposition à des micropolluants sont associés à d'éventuels mécanismes d'action toxique particuliers : médiations par des récepteurs (perturbateurs endocriniens), interactions avec le matériel génétique (mutagènes), accumulation tissulaire (p. ex. métaux, composés organiques halogénés. Mais, à l'échelle des substances individuelles, ces caractéristiques sont identifiables et d'éventuelles mesures spécifiques de prévention et de réduction d'exposition peuvent être prises. Du point de vue du risque sanitaire humain, les micropolluants constituent un groupe hétérogène dont chaque constituant doit être évalué pour sa toxicité propre. Mais leur grand nombre soulève rapidement la question de leurs interactions !

Béluga échoué sur la plage, mort par contamination de produits chimiques industriels (source : [www.baleineendirect.net](http://www.baleineendirect.net))



## Le problème des mélanges de substances

Les interactions potentielles entre micropolluants, alors même qu'ils se trouvent dans l'environnement à des concentrations inférieures aux limites admises, constituent une autre préoccupation évoquée depuis des décennies, mais revenue en force récemment. Cette question se heurte à des difficultés expérimentales, du moins dans des études *in vivo*, ce qui explique sans doute leur rareté. Potentiellement, les interactions entre substances peuvent s'exprimer par des effets toxiques additifs, ou hyperadditifs (synergiques), mais aussi antagonistes (neutralisant).

suite p6



Si différents arguments ont été avancés pour suggérer la faible probabilité que des interactions à faibles doses soient responsables d'effets toxiques importants, il reste que le manque d'information sur les mécanismes de toxicité de nombreuses substances chimiques est à l'origine de notre incapacité à évaluer effectivement ces risques. Les autorités européennes (DG Environnement) se sont récemment engagées à promouvoir des études d'interactions, selon un ordre d'urgence à définir en priorité.

Si un lien direct entre l'exposition à des micropolluants et les dangers pour la santé humaine n'a pour l'instant pas été prouvé, beaucoup d'études laissent supposer que ces substances présentes dans l'environnement jouent un rôle dans l'augmentation des cancers ou la baisse de fertilité. En revanche, l'augmentation du cancer du colon et de la mortalité chez les bélugas du Canada a bel et bien pu être attribuée à la présence de produits chimiques industriels.

Jacques Diezi, médecin toxicologue, Prof. Université de Lausanne

## L'élimination des micropolluants organiques : une nouvelle orientation pour le traitement des eaux usées dans les stations d'épuration

**Des milliers de produits chimiques, qui sont nouveaux dans le milieu aquatique (produits chimiques de synthèse) ou présents à des concentrations écologiquement inhabituelles (par exemple des hormones humaines) sont déversés chaque jour dans le milieu aquatique (voir article de E. Doelker). Une bonne partie passe par les stations d'épuration (STEP).**

Le traitement actuel des eaux usées est conçu pour éliminer les matières organiques présentes en masse ainsi que des nutriments, tels que l'azote et le phosphore dans le but d'éviter l'eutrophisation et l'appauvrissement en oxygène des eaux de surface et souterraines. En revanche, il n'est pas conçu pour éliminer les micropolluants. Un large éventail de ces composés est présent dans les effluents des STEP à des concentrations de l'ordre d'une partie par milliard (microgrammes par litre). Même à ces faibles concentrations, les substances ayant un effet biologique spécifique peuvent avoir un impact significatif sur l'environnement. Une étude portant sur un lac canadien a montré qu'un surplus d'hormones humaines à une concentration du nanogramme par litre (une partie par mille milliards) a provoqué une chute du peuplement de poissons locaux. Certes, si la plupart des composés ont une activité biologique nettement plus faible par rapport aux hormones oestrogènes, plusieurs recherches récentes confirment que les concentrations trouvées dans nos rivières et nos lacs sont suffisamment élevées pour causer des effets néfastes sur la faune et la flore locales. Cette problématique a été largement reconnue et, en novembre prochain, la Commission européenne et le Parlement européen se prononceront sur des valeurs limites pour toute une série de micropolluants.

### La Suisse n'est pas en reste

La Suisse a prévu d'équiper 100 de ses 700 stations municipales d'épuration des eaux avec des étapes de traitement supplémentaires pour éliminer plus de 80% des micropolluants. Ce traitement perfectionné sera mis en œuvre principalement dans des régions à forte densité de population, ce qui représente la moitié des eaux usées produites en Suisse. Coût estimé de l'opération : 1,2 milliard CHF. L'adaptation des STEP durera probablement plus de deux décennies, avec un coût par habitant de l'ordre de CHF 15 par an.

### Evaluation des coûts

L'évaluation des coûts est basée sur deux procédés d'épuration complémentaires différents, dont des études pilotes ont confirmé qu'ils étaient techniquement réalisables, efficaces et rentables, à savoir l'ozonation et le traitement au charbon actif en poudre (voir article de A. Joss dans Lémaniques No 62). Dans une vaste étude réalisée conjointement par l'Office fédéral de l'environnement, l'EPFL, l'eawag, la STEP de Vidy à Lausanne et d'autres STEP en Suisse, il a été démontré que les deux procédés réduisaient de manière significative une grande gamme d'effets toxiques des effluents.

suite p7



Ces deux procédés ont également été appliqués depuis des années à grande échelle et avec succès dans le traitement de l'eau potable. Néanmoins, ce ne sont pas les seules options envisageables pour limiter ce type de pollution. La pertinence d'autres méthodes comme la filtration membranaire, le traitement enzymatique ainsi que diverses options pour l'optimisation des procédés sont actuellement à l'étude.

Outre les eaux usées municipales, il existe d'autres voies d'apports de micropolluants dans l'environnement aquatique. Par exemple, les eaux de ruissellement des zones urbaines et des terres agricoles ne sont pas traitées dans les STEP. Mais le calcul des apports respectifs des diverses sources confirment clairement que les stations de traitement des eaux usées sont la principale source

ponctuelle de micropolluants dans les zones urbaines densément peuplées. Par conséquent, ces sites sont la cible première de la mise en œuvre des mesures visant à réduire la charge en composés synthétiques étrangers dans l'environnement aquatique. Que cela suffise pour compenser la perte d'espèces endémiques (poissons, amphibiens, invertébrés ainsi que la flore) observées actuellement dans les milieux aquatiques, on ne peut le prédire à l'heure actuelle. Cependant, compte tenu des coûts supportables et de la nécessité de limiter les risques environnementaux et sanitaires liés à la présence de certains micropolluants, le traitement perfectionné des eaux usées représente à coup sûr une étape essentielle dans cette direction.

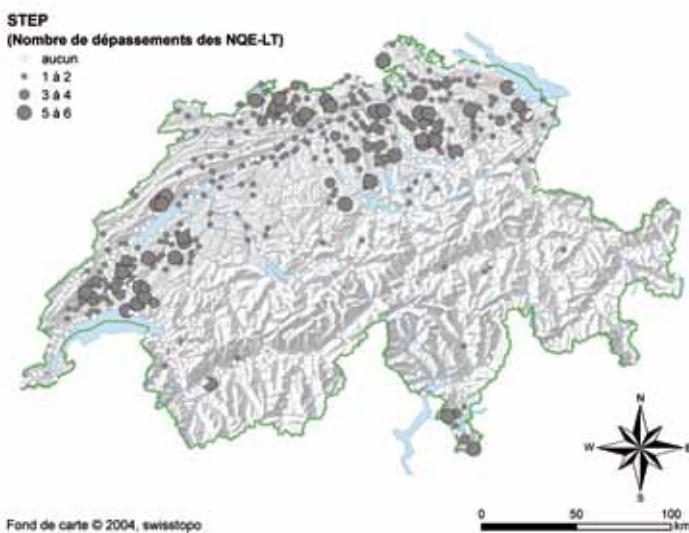


photo : André Vinzio

Dépassements des critères de qualité pour six micropolluants dans divers tronçons de cours d'eau suisses

Les concentrations de quinze micropolluants ont été modélisées pour un débit d'étiage dans les rivières (Q347). Au maximum, six d'entre eux (azithromycine, carbamazépine, clarithromycine, diazinone, diclofénac, ibuprofène) ont dépassé le critère de qualité proposé pour les diverses substances NQE-LT, norme de qualité environnementale. Les charges les plus élevées ont été mesurées dans de petits cours d'eau du Plateau suisse. Source : Abegglen C., Siegrist H. 2012: Micropolluants dans les eaux usées urbaines. Etape de traitement supplémentaire dans les stations d'épuration. Office fédéral de l'environnement, Berne, Connaissance de l'environnement n° 1214.

**Dr. Adriano Joss, microbiologiste, eawag**