



centre ecotox news

5. édition novembre 2012

Centre Suisse d'écotoxicologie appliquée Eawag-EPFL



Echantillonnage passif: une approche pleine d'avenir _____	3
Priorisation des mélanges _____	6
L'écotoxicologie des sédiments en Suisse _____	8
Les phtalates au cœur des débats _____	9
Les brèves du Centre Ecotox _____	10
L'écotoxicologie dans le monde _____	12

Editorial

Le Printemps silencieux, 50 ans déjà !



Dr. Inge Werner,
directrice du Centre Ecotox

Vous en avez certainement entendu parler: il y exactement 50 ans, le 27 septembre 1962, paraissait «Printemps silencieux – Silent Spring» de Rachel Carson aux Etats-Unis. Dans son véritable manifeste, la célèbre biologiste y dénonçait les méfaits écologiques de l'épandage massif d'un produit chimique alors jugé inoffensif, le dichloro-diphényl-dichloroéthane, plus connu sous le nom de DDT. A peine 14 ans plus tôt, en 1948, le chimiste suisse Paul Hermann Müller avait reçu le Prix Nobel pour avoir découvert les propriétés insecticides de cette substance. Les utilisations du DDT et d'autres composés organochlorés apparentés se multiplièrent alors rapidement dans le domaine agricole et sylvicole mais aussi dans la lutte contre la malaria.

Les conséquences ne tardèrent pas à se manifester. Aux Etats-Unis, les forêts perdirent de 70 à 90 % de leurs oiseaux suite à l'utilisation du nouveau pesticide. De nombreux oiseaux de proie, comme le faucon pèlerin ou le balbuzard en Europe, le pélican brun ou le pygargue à tête blanche en Amérique du Nord, virent leurs populations chu-

ter à la limite de l'extinction. Les études scientifiques menées sur le sujet révélèrent que ce déclin était lié à une réduction de l'épaisseur des coquilles. Les organochlorés accumulés le long de la chaîne alimentaire perturbaient en effet le métabolisme du calcium chez les oiseaux et les œufs se brisaient sous le poids des adultes qui les couvaient. Rachel Carson a mis quatre ans à écrire son livre. Il a ensuite fallu dix autres années pour que ces composés soient enfin interdits dans la plupart des pays occidentaux. Depuis, les espèces qui avaient été presque décimées se sont à peu près rétablies. Une histoire réellement étonnante! Elle donne à réfléchir mais elle montre surtout qu'il n'est jamais trop tard pour corriger ses erreurs et mettre en place des mesures de protection, que le succès est à la clef même s'il faut du temps pour que les volontés se traduisent dans les faits. La condition, toutefois, est de reconnaître le danger lorsqu'il se présente et d'en identifier les causes précisément afin d'engager des mesures efficaces.

Ces réflexions nous conduisent tout naturellement aux enjeux et difficultés de l'écotoxicologie moderne. Il n'est toujours pas facile de dépister et de mesurer les effets toxiques (voir l'article sur les phtalates p. 9) ni d'en identifier les causes. D'autant plus qu'une grande partie des substances aujourd'hui préoccupantes agissent à des doses extrêmement faibles. Depuis la parution de Printemps silencieux, les techniques d'analyse ont énormément progressé et il est aujourd'hui possible de mesurer des concentrations de l'ordre du picogramme par litre. Mais le suivi

des contaminations dans les cours d'eau peut être extrêmement coûteux étant donné la grande diversité des polluants potentiels et la forte variabilité de leurs concentrations dans le temps. L'utilisation de capteurs passifs pour les prélèvements offre alors une perspective intéressante. En livrant des échantillons intégrés sur une durée donnée, ces systèmes permettent en effet d'étudier la répartition spatiale des contaminations et d'évaluer la toxicité des cocktails chimiques présents dans le milieu naturel (p. 3). La priorisation de ces mélanges permet de son côté de limiter les moyens à mettre en œuvre pour l'appréciation de la qualité des eaux dans le cadre de l'évaluation des risques (p. 6). Mais il ne suffit pas de surveiller la qualité de l'eau pour juger de celle des écosystèmes aquatiques: en tant que capteurs passifs naturels, les sédiments emmagasinent de nombreux composés chimiques et sont de véritables réservoirs à polluants pour les lacs et cours d'eau. Or l'étude de leur toxicité pose encore de nombreux problèmes techniques. Le Centre Ecotox travaille activement à l'identification et à l'évaluation de méthodes pratiques pour le terrain (p. 8). Espérons qu'en disposant des bons outils, nous serons désormais capables de reconnaître les dangers pour l'environnement avant que les populations ne subissent de dommages irréversibles.

Sur ce, je vous souhaite une excellente lecture!



Echantillonnage passif: une approche pleine d'avenir

Les systèmes de prélèvement passif livrent des échantillons d'eau pertinents pour de nombreuses problématiques environnementales. Grâce à eux, la dynamique spatiotemporelle de la pollution a pu être étudiée dans l'Aa à Mönchaldorf et la Gürbe en combinant essais biologiques et analyses chimiques. Des essais d'intercomparaison sont menés à l'échelle internationale pour valider la méthode et développer ses applications.

Après avoir emprunté les voies de rejet les plus variées, les polluants se retrouvent dans le milieu aquatique. Là, ils peuvent souvent être dosés avec une grande fiabilité et la palette de composés détectables s'élargit de jour en jour grâce à des techniques de plus en plus performantes. Mais quelle que soit leur qualité, les analyses n'ont de valeur que si elles reposent sur des échantillons pertinents et représentatifs. A l'heure actuelle, la plupart des prélèvements se font de façon ponctuelle, c'est-à-dire à un endroit et à un moment donné. Mais les échantillons ponctuels permettent-ils vraiment d'obtenir une image réaliste de la contamination d'un système environnemental?

Les limites de l'échantillonnage ponctuel

L'écoulement des eaux dans une rivière est un processus fondamentalement dynamique. Les précipitations font varier le débit et modifient donc constamment le degré de dilution des polluants dans le milieu. De même, les rejets varient dans le temps: les quantités ruisselant des voiries ou des terres agricoles dépendent de l'intensité des pluies, les rejets industriels dépendent de la nature et de la cadence des activités de fabrication. Par ailleurs, la pollution présente une certaine variabilité spatiale: le mélange d'un flux latéral avec les eaux réceptrices n'est pas immédiat mais forme un panache qui s'étend sur une certaine distance. Tous ces aspects font qu'il est très difficile de prélever des échantillons ponctuels représentatifs dans un cours d'eau. Pour obtenir un échantillon moyen satisfaisant, il est nécessaire d'effectuer des prélèvements répétés à différents endroits. Les études visent souvent à localiser les rejets de polluants dans le milieu et à délimiter les zones contaminées (autrement dit, à définir les lieux d'intervention pour réduire la pollution) ou à contrôler le respect de critères de qualité. Dans certaines situations, les prélèvements ponctuels et leur analyse ne permettent pas de répondre à de telles interrogations. Sur les sites bien définis comme les conduites d'évacuation ou les tronçons bien brassés, les échantillonneurs automatiques peuvent alors être une bonne solution. Leur coût élevé et leur besoin d'entretien peuvent cependant s'avérer prohibitifs.

Les échantillonneurs passifs offrent une alternative intéressante

Face aux limites des prélèvements ponctuels, l'échantillonnage passif se présente comme une approche de tout premier choix. Il

est basé sur le piégeage en continu des contaminants entrant en contact avec l'échantillonneur pendant la durée de son exposition au milieu étudié (cf. encadré). Cette rétention produit un effet de pré-concentration qui autorise notamment le dosage de composés présents dans l'eau à des concentrations inférieures aux limites de détection des méthodes d'analyse. Pour capter les différentes classes de polluants, différents substrats et membranes peuvent être utilisés dans les échantillonneurs. Les dispositifs peuvent ainsi être optimisés en fonction des besoins et des problématiques locales. Etienne Vermeirssen, qui travaille aujourd'hui au Centre Eco-

Les échantillonneurs passifs

L'échantillonnage «passif» ou «intégré» est basé sur les mécanismes de diffusion des polluants du milieu aquatique vers la phase réceptrice du dispositif. Le flux de molécules est généré par la différence de potentiel chimique entre les deux milieux. Dans l'échantillonneur, les composés sont séquestrés par une surface accumulative. Selon la nature du polluant visé – un métal ou un composé organique par exemple – la phase réceptrice peut être composée d'un lipide, d'un solvant, d'un polymère ou d'une résine. Le taux de diffusion du milieu échantillonné vers le capteur est proportionnel à la différence de potentiel entre les deux phases. Sur une certaine durée, l'échantillonnage passif intègre donc toutes les variations de concentration qui surviennent dans le cours d'eau (Fig. 1). Parmi les échantillonneurs utilisables pour les contaminants organiques, les systèmes de type Chemcatcher et POCIS (Polar Organic Chemical Integrative Sampler) sont particulièrement répandus. Ils sont constitués d'une phase accumulative solide recouverte d'une membrane encapsulée dans un dispositif qui peut être ensuite placé dans le cours d'eau pour la durée du prélèvement. Après quelques semaines d'exposition, le capteur est démonté et les substances séquestrées sont extraites puis analysées. La cinétique d'accumulation des composés dans le capteur est linéaire dans sa phase initiale. Le taux d'échantillonnage est alors constant. Pour pouvoir réaliser un prélèvement passif intégratif, c'est-à-dire obtenir une concentration moyenne pondérée dans le temps, il est primordial que la durée d'exposition se situe dans cette phase de linéarité et reste très éloignée de la situation d'équilibre (Fig. 2).

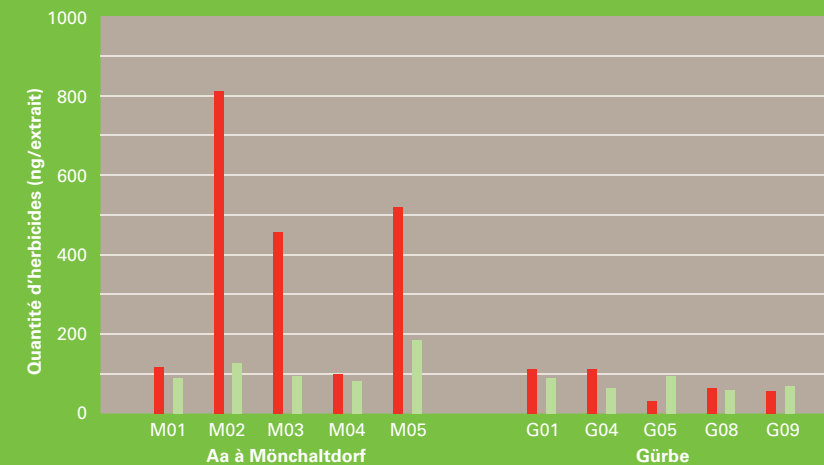


Fig. 3: Quantités d'herbicides détectées grâce au test sur algues vertes dans l'Aa à Mönchaldorf (M01-M05) et dans la Gürbe bernoise (G01-G09). Les capteurs passifs ont été exposés pendant deux semaines au printemps (en rouge) et en fin d'été (en vert).

tox, a introduit les échantillonneurs passifs à l'Eawag pour l'étude des contaminants organiques. Dans le projet «Gestion intégrée de la qualité de l'eau de rivière» (projet iWaQa du programme national de recherche 61) dont le département de Chimie de l'environnement de l'Eawag assure la coordination, ces systèmes ont permis au Centre Ecotox de caractériser la pollution de deux cours d'eau à l'aide d'une batterie de tests biologiques.

L'échantillonnage passif, une base idéale pour les bioessais

Dans le projet iWaQa, l'état de l'Aa à Mönchaldorf (ZH) et de la Gürbe (BE) a été étudié sous de multiples aspects pour évaluer l'effet de différentes activités humaines et modes d'occupation du sol sur la qualité de l'eau. Pour les prélèvements, l'échantillonnage passif a été choisi pour deux raisons principales. Tout d'abord, pour sa représentativité. Ensuite, parce que lorsqu'ils sont exposés assez longtemps, les systèmes passifs présentent l'avantage sur les prélèvements ponctuels d'accumuler des quantités de polluants suffisantes pour pouvoir combiner analyses chimiques et essais biologiques en une étude plus complète de la qualité de l'eau.

Les prélèvements ont été effectués dans les deux rivières à l'aide de Chemcatchers installés dans le courant pendant deux semaines et renfermant une membrane de téflon imprégnée d'une phase réceptrice solide (cf. encadré). Etienne Vermeirssen et son équipe du Centre Ecotox ont ensuite évalué la qualité de l'eau à l'aide de trois biotests: un test sur algues vertes détectant les herbicides inhibiteurs du photosystème II, un test d'inhibition enzymatique détectant les insecticides neurotoxiques (inhibition de l'acétylcholine estérase) et un test avec des cellules de levure génétiquement modifiées détectant les œstrogènes. «Les résultats du test algues, par exemple, ont montré que les prélèvements passifs mettaient bien en évidence les différences de contamination entre les deux rivières et rendaient bien compte de la variabilité spatiale au sein des bassins versants», commente le chercheur. Ainsi, l'Aa était dans l'ensemble plus fortement contaminée par les herbicides que la Gürbe. En même temps, cette pollution se concentrait sur certaines zones (cf. Fig. 3). Trois sites étaient ainsi particulièrement touchés. Etant donné qu'ils se situaient en aval de stations d'épuration, les herbicides sont vraisemblablement d'origine plutôt urbaine et se déversent dans le milieu naturel par le biais des eaux usées.

Les prélèvements passifs ont également mis en évidence une certaine dynamique temporelle. Les extraits obtenus en mai renfermaient ainsi nettement plus d'herbicides que ceux collectés en fin d'été. Ce pic printanier correspond bien au début de la saison agricole et au redémarrage du jardinage amateur. Les sites présentant de fortes teneurs en herbicides au vu du test algues montraient également la plus forte réaction au test d'inhibition enzymatique révélateur de la présence d'insecticides. Curieusement, les eaux recevant des flux importants d'effluents d'épuration ne présentaient pas d'activité œstrogénique particulièrement élevée. Aucune explication ne peut encore être donnée à ce phénomène. Les données du Centre Ecotox seront comparées à celles d'autres équipes du projet pour tenter d'y voir plus clair.

Détermination des concentrations de polluants dans le milieu

Pour déterminer les concentrations environnementales à partir de la masse de contaminants accumulés sur les échantillonneurs passifs, un étalonnage doit être effectué. Pour ce faire, les capteurs sont exposés au laboratoire à des solutions de concentration constante.

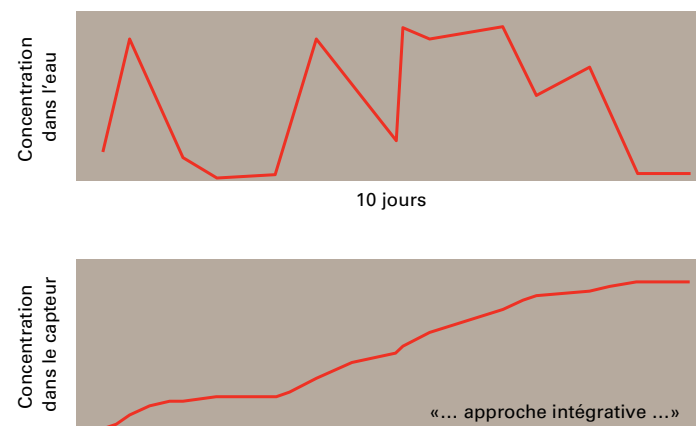


Fig. 1: Comparaison entre les concentrations dans l'eau (en haut) et dans l'échantillonneur (en bas) pour une durée d'exposition de 10 jours. Etant donné que le taux d'accumulation des molécules dans le capteur est constant en conditions stables, la quantité de polluants séquestrés augmente plus ou moins fortement en fonction de la concentration dans le milieu aquatique.

Des échantillons d'eau sont prélevés en permanence et leur teneur en polluant déterminée. Le rapport entre la concentration dans l'eau, la quantité de substance fixée dans le capteur et la durée d'exposition permet de calculer le taux d'échantillonnage. Ainsi, si la concentration moyenne dans l'eau est de 5 ng/l et que le capteur fixe 50 ng de substance en 10 jours, le taux de prélèvement est de 1l par jour. Lors de l'utilisation de l'échantillonneur sur le terrain, la concentration dans le milieu pourra être estimée à partir de la quantité de substance retenue en un temps donné et du taux d'échantillonnage calculé au laboratoire. Cette méthode fonctionne très bien lorsque les conditions sur le terrain sont assez proches des conditions d'étalonnage (température, vitesse d'écoulement) et que le capteur est loin de son point de saturation (cf. encadré).

Etant donné que les conditions réelles – comme le débit de la rivière – varient constamment, les résultats obtenus avec les échantillonneurs passifs sont entachés d'une certaine incertitude. De même qu'un nombre limité d'échantillons ponctuels ne permet pas de déterminer avec exactitude la concentration d'un polluant dans un milieu, les systèmes de prélèvement passif ne livrent pas de résultats fiables à 100 % même lorsque les taux d'échantillonnage sont connus. L'extrapolation est encore plus délicate avec les biotests.

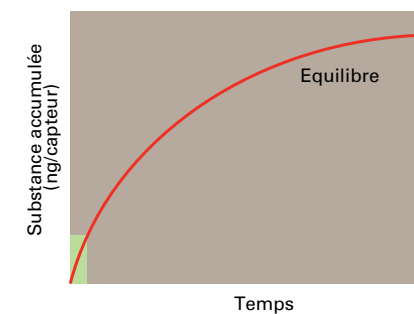


Fig. 2: Cinétique d'accumulation des substances dans un échantillonneur passif à concentration environnementale constante. La concentration dans le capteur augmente jusqu'à ce qu'un équilibre soit atteint entre les phénomènes d'accumulation et de désorption. Pour que les dispositifs intégratifs livrent des extraits exploitables, la durée d'exposition ne doit pas être trop longue et rester dans le domaine de linéarité (en vert sur la figure).

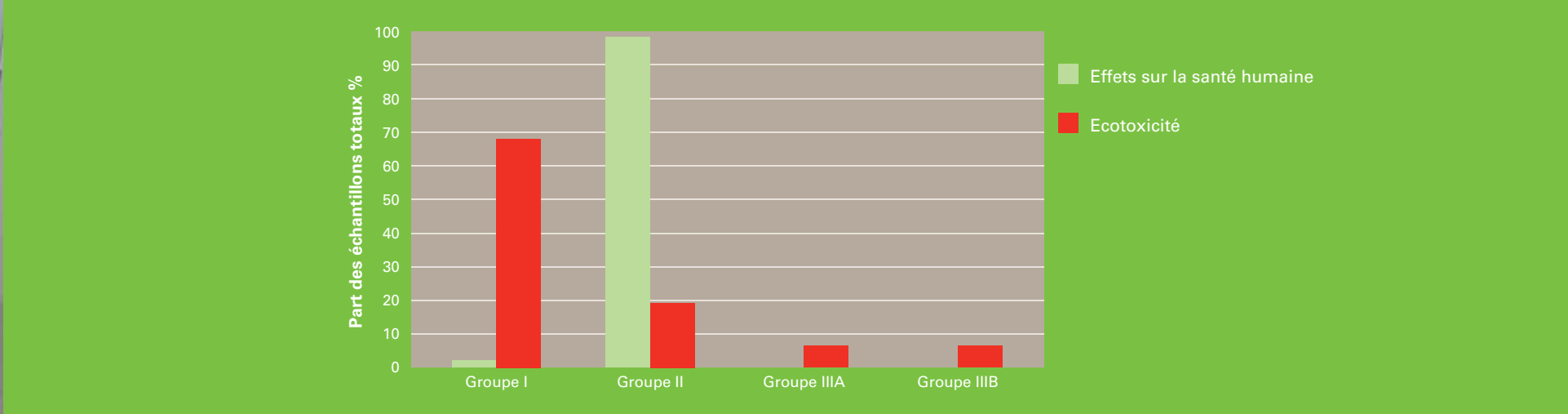
Leur réponse est en effet la somme des effets des différentes substances qui se trouvaient en mélange dans le milieu pendant la durée du prélèvement. Si sa composition n'est pas connue, il est impossible de déterminer le taux d'échantillonnage d'un mélange et la toxicité des échantillons ne peut être exprimée que sous la forme d'une réponse par préleveur et non par litre d'eau. D'autre part, deux mélanges de substances présentant la même toxicité globale peuvent être retenus différemment par les capteurs passifs du fait de propriétés chimiques différentes.

Conclusion

L'échantillonnage passif est une bonne méthode pour mettre en évidence les disparités géographiques de la pollution. Il aide à localiser les sources et donc à cibler les mesures correctrices. Ce système permet par ailleurs de dégager les tendances évolutives et de décrypter les dynamiques temporelles de rejet sur de longues périodes. Les capteurs passifs livrent des échantillons plus pertinents que les prélèvements ponctuels pour un coût généralement faible et une demande d'entretien très modérée. Ils ont d'autre part l'avantage de concentrer la pollution, donnant accès à de nouvelles possibilités d'analyse. Des substances présentes dans l'eau à des concentrations inférieures aux limites de détections deviennent alors décelables et les échantillons se prêtent enfin à la réalisation simultanée de plusieurs types de biotests comme dans le projet iWaQa.

Les prélèvements passifs ne permettent toutefois pas (encore) de déterminer avec exactitude la concentration des polluants dans le milieu. Les recherches se poursuivent pour tenter de connaître l'écart entre les concentrations moyennes «réelles» et celles estimées avec les taux d'échantillonnage. Le Centre Ecotox participe aux essais circulaires organisés dans le cadre du réseau international NORMAN (network of reference laboratories for monitoring of emerging environmental pollutants) pour optimiser et standardiser les méthodes d'échantillonnage passif afin d'accroître leur opérabilité.

Contact : Etienne Vermeirssen,
etienne.vermeirssen@oekotoxzentrum.ch



Priorisation des mélanges

L'évaluation de la toxicité des cocktails de produits chimiques présents dans le milieu naturel est une nouvelle priorité et les laboratoires prestataires ont un besoin urgent de méthodes pragmatiques adaptées. Un arbre de décision mis au point récemment permet d'établir un ordre de priorité dans l'étude des mélanges de façon à focaliser les moyens disponibles sur les cas les plus préoccupants. Le gain de temps et d'énergie réalisé dans le cadre de l'évaluation des risques écotoxicologiques est considérable.

Alors que les organismes aquatiques sont constamment exposés à des mélanges complexes de substances chimiques, l'évaluation de l'état des lacs et cours d'eau est encore principalement basée sur l'étude de substances individuelles: les concentrations mesurées dans le milieu naturel sont comparées à des seuils de toxicité pour l'environnement, les critères ou normes de qualité environnementale. De même, l'étude de la toxicité des substances dans le cadre d'une demande d'autorisation de mise sur le marché est basée sur leur action isolée dans l'environnement. La découverte, il y a une dizaine d'années, du fait que les cocktails de substances chimiques pouvaient s'avérer toxiques alors que leurs composants étaient présents à des concentrations inférieures aux seuils individuels suscita donc une grande inquiétude dans les milieux scientifiques et politiques. Des recherches ont alors été lancées pour mettre au point des méthodes permettant de prendre en compte la toxicité des mélanges dans le cadre de l'appréciation de la qualité des eaux et de l'étude des nouvelles substances.

Les cocktails sont souvent très complexes: plus de 50 substances ont ainsi été détectés de façon concomitante dans certains échantillons d'eau de rivière et d'effluents d'épuration. Il est donc impossible de doser la totalité des composés présents et encore moins d'évaluer la toxicité globale alors que la toxicité et les mécanismes d'action des substances individuelles sont souvent mal connus. Un certain nombre de questions se posent donc dans la pratique: Quel danger ignorons-nous lorsque nous évaluons la qualité des eaux à

partir des toxicités individuelles d'un certain nombre de composés emblématiques? Dans quels cas notre risque d'erreur est-il particulièrement fort ou au contraire raisonnablement faible? Serait-il possible de concentrer les efforts de dépollution ou de minimisation des risques sur les mélanges les plus dangereux? Comment les identifier? Face à ces questions, le Centre Ecotox a participé à l'élaboration et à l'évaluation d'un arbre de décision permettant de déterminer un ordre de priorité dans l'étude des mélanges dans le cadre de la surveillance de la qualité des eaux. Le projet mené en partenariat avec Chris Watts Associates et WCA Environment Ltd. (UK) a été piloté par Dow Chemicals (Midland, USA) et financé par le Conseil européen de

l'industrie chimique, le CEFIC.

Un arbre de décision pour départager les mélanges

L'arbre de décision est basé sur les stratégies d'évaluation des mélanges élaborées par l'Organisation mondiale de la santé et la Commission européenne. L'exposition aux mélanges et le risque qui en émane sont évalués en plusieurs étapes mettant en œuvre des analyses de plus en plus détaillées. Lorsque rien n'indique que les composants présentent des modes d'action indépendants, la méthode suppose qu'ils agissent de manière similaire, cela permettant d'éviter de sous-estimer ou de trop surestimer la toxicité des mélanges tels qu'ils se présentent

Encadré : Catégories de l'arbre de décision

La première étape de la priorisation consiste à faire le tri entre les cocktails inoffensifs et ceux qui présentent un risque potentiel. En supposant que les composants du mélange agissent tous de manière équivalente, les concentrations mesurées sont comparées aux teneurs maximales pour lesquelles aucun effet n'est escompté: il s'agit par exemple des normes de qualité environnementale dans le domaine écotoxicologique ou des doses journalières admissibles en toxicologie humaine. C'est également à ce niveau que l'on cherche à savoir si la toxicité du mélange est dominée par une substance particulière. A partir de là, l'arbre de décision distingue quatre groupes de cocktails:

- Groupe I: mélanges potentiellement dangereux car composés d'une ou de plusieurs substances présentes à des concentrations supérieures à leurs seuils de toxicité. La dangerosité du mélange est alors évaluée par l'étude des composés individuels.
- Groupe II: mélanges pour lesquels le risque de toxicité est faible aussi bien pour les substances individuelles que pour leur ensemble.
- Groupe III: mélanges présentant un risque de toxicité sans que les composants ne présentent de danger individuellement. Il s'agit du groupe le plus critique pour l'évaluation étant donné qu'une étude individuelle des substances conduirait à une sous-estimation de l'effet de mélange. Ce groupe est subdivisé en un groupe IIIA dans lequel la toxicité totale est dominée par une substance particulière et un groupe IIIB dans lequel aucune substance ne joue de rôle dominant.

Figure 1: Priorisation de 559 mélanges de substances en fonction de leur toxicité pour la santé humaine et pour l'environnement à partir des informations contenues dans différentes séries de données internationales. Groupe I: Mélange potentiellement toxique car dépassement des seuils de toxicité pour une ou plusieurs substances individuelles. Groupe II: Pas de toxicité notable du mélange et de ses composants. Groupe IIIA: Pas de toxicité notable des composants individuels mais toxicité potentielle du mélange. Toxicité dominée par une substance particulière. Groupe IIIB: Pas de toxicité notable des composants individuels mais toxicité potentielle du mélange. Toxicité non dominée par une substance particulière.

dans le milieu naturel. Dans les degrés supérieurs de l'arbre de décision, l'évaluation innove en se concentrant sur les substances jouant un rôle prédominant pour la toxicité du mélange. Autre élément novateur, l'arbre de décision permet d'identifier les solutions dont la dangerosité est due à la présence d'un ou de plusieurs composants à des concentrations supérieures aux seuils individuels. Ces situations pourront être traitées par des approches classiques et peuvent donc être écartées des études plus complexes spécifiques aux mélanges.

Une première étude avait montré que l'arbre de décision livrait des résultats concluants avec des séries de données de toxicologie humaine. Mais quelles seraient ses performances dans un contexte écotoxicologique? Pour répondre à cette question, Marion Junghans et Petra Kunz du Centre Ecotox et leurs partenaires ont choisi sept séries de données collectées en Suisse, en Angleterre, au Pays de Galles et dans d'autres pays de l'Union européenne par l'analyse des composés présents dans des effluents d'épuration et des eaux de rivière représentant un total de 559 mélanges réels. L'objectif était d'évaluer les effets sur la santé humaine et les écosystèmes aquatiques. Les échantillons renfermaient chacun en moyenne une vingtaine de substances différentes; au total, 222 composés organiques et inorganiques ont été appréhendés.

Une application réussie dans un contexte environnemental

L'utilisation de l'arbre de décision a montré que moins de 2% des mélanges considé-

rés comportaient un risque potentiel pour la santé humaine mais que pour 81% d'entre eux, une écotoxicité potentielle ne pouvait être exclue au regard des critères appliqués (cf. Fig. 1). Cette différence s'explique probablement par le fait que les évaluations écotoxicologiques avaient porté sur de nombreuses espèces animales et végétales et que seules les plus sensibles avaient été retenues pour la définition du risque. Dans de nombreux mélanges potentiellement dangereux pour les écosystèmes, la toxicité était principalement imputable à une seule substance. Dans 68% des cocktails écotoxicologiquement problématiques, un ou plusieurs composés étaient présents à des concentrations supérieures aux seuils individuels. Leur cas peut être traité par des approches classiques ciblées sur ces substances. Dans 12% des cas, les mélanges présentaient une certaine écotoxicité sans qu'aucun dépassement individuel n'ait été constaté. C'est sur ces échantillons que doivent se concentrer le temps et les moyens disponibles. Ils étaient composés d'un nombre relativement limité de métaux, résidus médicamenteux, produits phytosanitaires, hormones et produits ignifuges et c'est de ces substances qu'il conviendra de déterminer les modes d'action et les données de toxicité pour caractériser les effets du mélange.

Le nouvel arbre de décision est un outil pratique applicable aux échantillons de composition connue. La répartition des mélanges en quatre catégories permet d'identifier les possibilités d'intervention pour minimiser les risques. Une grande partie d'entre eux peut en effet être évaluée à l'aide d'informations

aisément disponibles comme les concentrations et les critères de qualité environnementale. La démarche de priorisation permet ainsi de limiter les études détaillées et laborieuses aux situations les plus problématiques. L'utilisation de l'arbre de décision a d'autre part montré que les effets écotoxicologiques et ceux affectant la santé humaine pouvaient être évalués séparément.

Contacts:

Marion Junghans,
marion.junghans@oekotoxzentrum.ch
Petra Kunz,
petra.kunz@oekotoxzentrum.ch

Pour des informations plus détaillées, veuillez vous reporter aux publications suivantes:

Price, P., Han, X., Junghans, M., Kunz, P., Watts, C., Leverett, D. An application of a decision tree to the assessment of human and ecological effects from exposures to chemical mixtures observed in surface waters and waste water effluents. Sous presse chez *Environmental Sciences Europe*.

Price, P., Dhein, E., Hamer, M., Heneweer, M., Junghans, M., Kunz, P., Magyar, C., Penning, H., Rodriguez, C. A decision tree for assessing effects from exposures to multiple substances. *Environmental Sciences Europe*, 24:26.



L'écotoxicologie des sédiments en Suisse: un entretien avec Carmen Casado-Martinez

Les sédiments sont des réservoirs involontaires de polluants et jouent donc un rôle décisif pour la qualité des eaux. Contrairement à ce qui se fait dans plusieurs autres pays, la Suisse utilise encore très peu de tests d'écotoxicité pour évaluer leur qualité. Carmen Casado-Martinez, collaboratrice scientifique au Centre Ecotox, en expose les raisons.

Pourquoi avons-nous besoin de l'écotoxicologie des sédiments?

La mise en place d'une législation adaptée sur la protection des eaux a conduit en Suisse et dans le monde à une amélioration considérable de la qualité de l'eau. Mais ce progrès n'a pas touché les sédiments étant donné qu'ils ont la capacité de stocker les polluants sur de très longues périodes. Or la contamination des sédiments pose un grave problème environnemental: ils servent d'habitat et de source de nourriture aux larves de poissons et d'insectes et à de nombreux autres invertébrés et beaucoup d'organismes vivant à leur contact sont des maillons importants de la chaîne alimentaire. Par ailleurs, les sédiments contaminés sont une bombe à retardement pour les écosystèmes aquatiques: les polluants qui y sont stockés peuvent être remobilisés lors des crues et remettre en cause la qualité de l'eau. Les tests de toxicité des sédiments permettent d'identifier ces risques et de nombreux pays les utilisent déjà dans leurs programmes de surveillance ou les imposent pour l'évaluation des matériaux d'excavation et de dragage.

Que peut faire le Centre Ecotox pour le développement de l'écotoxicologie des sédiments en Suisse?

En Suisse, les tests de toxicité des sédiments sont encore peu utilisés. Lorsqu'ils tiennent compte de ce compartiment, les programmes de surveillance de la qualité des eaux évaluent en général son degré de contamination par le dosage d'un petit nombre de substances. Depuis 2010, nous sommes engagés aux côtés de plusieurs équipes de spécialistes dans une task force

Sédiments dans laquelle nous rencontrons régulièrement les services cantonaux pour discuter des besoins et intérêts en jeu dans ce domaine. L'objectif est de les conseiller et de développer des outils diagnostiques adaptés à l'évaluation des sédiments en Suisse.

Quels sont les biotests actuellement disponibles pour ce compartiment?

À l'origine, la qualité des sédiments était évaluée avec des essais mettant en œuvre des organismes d'eau libre qui avaient en fait été mis au point pour l'étude des eaux usées. Ces tests sont standardisés et très populaires mais leur pertinence pour les sédiments est plus que douteuse. Il existe aujourd'hui pour les eaux continentales des tests standardisés de contact avec les sédiments basés sur l'exposition de larves d'insectes, d'amphipodes ou de vers aquatiques. Le mode de vie de chaque espèce définit la nature de ses interactions avec les polluants. C'est pourquoi nous conseillons d'utiliser une batterie de tests faisant intervenir différents types d'organismes et portant sur différents types d'effets biologiques – sur la reproduction, la croissance et la survie par exemple.

Est-il difficile de faire accepter les tests dans la pratique?

La principale difficulté réside dans le fait qu'il existe encore très peu de tests pour les sédiments dans le commerce: un seul test de contact est aujourd'hui disponible sur le marché. Ce la signifie qu'un laboratoire qui souhaite diffuser un test auprès des professionnels doit cultiver lui-même les organismes à exposer, ce qui lui demande de grands investissements en termes d'espace, de

temps, d'argent et d'infrastructures. D'autre part, les résultats des tests sur sédiments peuvent être influencés par une multitude de facteurs. Il faut donc toujours s'assurer que les effets négatifs observés sont bien le fait des polluants.

Quelles sont les activités actuelles du centre Ecotox dans le domaine des sédiments?

Nous travaillons très activement à l'élaboration d'un système intégré d'évaluation de la qualité des sédiments. Pour cela, nous optimisons différents tests de toxicité dans notre laboratoire dans le but, par exemple, de caractériser l'influence des facteurs perturbateurs. Par ailleurs, nous avons participé aux essais interlaboratoires effectués dans le but d'une standardisation ISO du test sur myriophylle qui est également à l'étude à l'OCDE.

Et quels sont les projets d'avenir?

Comparée au domaine aquatique, l'écotoxicologie des sédiments en est à ses balbutiements. Toutefois, les Nord-Américains évaluent ce compartiment depuis déjà plusieurs décennies et ce domaine progresse également dans de nombreux pays européens suite à l'application de la directive cadre sur l'eau. Il n'existe pas encore de tests simples mais nous travaillons à l'optimisation et à la promotion d'outils d'évaluation adaptés. Les sédiments doivent être inscrits à l'ordre du jour si nous voulons préserver la qualité des eaux.

Contact: Carmen Casado-Martinez, carmen.casado@centreecotox.ch

Les phtalates au cœur des débats

Les phtalates sont présents en grande quantité dans de nombreux objets de la vie quotidienne et sont déjà très répandus dans le milieu naturel. Bien que la toxicité de certains pour la reproduction soit avérée et qu'ils soient suspectés de menacer la santé humaine, leur écotoxicité est encore mal connue.

La famille des phtalates était au cœur du dernier colloque du programme national de recherche sur les perturbateurs endocriniens (PNR 50) organisé par l'Office fédéral de l'environnement et l'Office fédéral de la santé publique avec la participation du centre Ecotox. En tant que plastifiants, ces composés chimiques rendent possibles certains usages que nous faisons quotidiennement des plastiques en leur conférant souplesse et élasticité. Ils interviennent ainsi dans les emballages, de multiples objets, les revêtements de sol, les tubulures médicales, les résines, mais aussi dans les parfums et les cosmétiques où ils jouent un rôle de fluide porteur.

Une toxicité préoccupante

Dans les plastiques, les phtalates ne sont cependant pas liés chimiquement aux polymères mais simplement retenus par des interactions physiques. Ils peuvent donc être facilement libérés dans l'environnement par abrasion et par émanation ou en se dissolvant dans les liquides et les graisses avec lesquels ils entrent en contact. Bien que biodégradables et éliminables à 95 % dans les stations d'épuration, ils sont aujourd'hui omniprésents dans le milieu naturel. Leur toxicité aiguë est relativement faible mais une exposition chronique provoque chez le rat une certaine féminisation des mâles assortie de perturbations de la reproduction. Les embryons et jeunes sujets semblent particulièrement sensibles. Chez les mammifères, des affections hépatiques et rénales ont été observées pour certaines substances de même que des perturbations du système thyroïdien. Chez l'homme, les phtalates pourraient être impliqués dans les phénomènes de baisse de densité spermatique et dans le déclenchement du diabète.

Le DBP (dibutyle phtalate), le BBP (benzylbutyle phtalate), le DEHP (di-2-éthylhexyle phtalate) et le DINP (di-isononyl phtalate) font partie des phtalates les plus courants. L'utilisation de certains d'entre eux est aujourd'hui limitée dans l'Union européenne et en Suisse dans les jouets, les films alimentaires et les cosmétiques. À l'heure actuelle, la directive cadre européenne sur l'eau n'impose encore aucune limitation à leurs concentrations dans l'environnement à l'exception du DEHP.

Un manque de données écotoxicologiques

L'écotoxicité des phtalates est encore assez mal connue alors que

les mécanismes d'action mis en évidence chez les mammifères et les humains devraient pouvoir s'appliquer aux espèces aquatiques. Ces plastifiants sont présents aussi bien dans l'eau et les sédiments que dans les mollusques et peuvent s'accumuler dans certains organismes. Pour pouvoir évaluer leur écotoxicité dans son ensemble, il semble donc judicieux de mettre en œuvre une batterie de tests.

Les essais suivants pourraient y figurer:

- Tests sur les premiers stades de développement des poissons comprenant une étude histologique des tissus hépatiques et rénaux et un dosage des hormones mâles sous forme d'équivalents 11-céto-testostérone afin d'évaluer la toxicité pour le développement, le foie et les reins.
- Essai de stéroïdogénèse sur lignée H295R (norme OCDE) permettant d'évaluer les effets sur la biosynthèse des hormones stéroïdes sans rapport avec le développement.
- Test de reproduction avec le gastéropode *Potamopyrgus antipodarum* (norme OCDE à l'étude) permettant d'évaluer la toxicité dans les sédiments et le potentiel de bioaccumulation chez les invertébrés.
- Test sur la métamorphose de la grenouille (norme OCDE) permettant d'évaluer les effets sur le système thyroïdien.

Ces essais certifiés sont utilisés dans le programme de criblage des perturbateurs endocriniens de l'Agence environnementale américaine EPA et sont intégrés au «cadre conceptuel de l'OCDE pour les essais et l'évaluation des perturbateurs endocriniens». Ils pourraient considérablement améliorer la prise en compte de l'écotoxicité dans les procédures d'autorisation au niveau européen. Mais si l'intérêt est grand, notamment pour les produits de substitutions tels que le DINCH (di (isononyl) cyclohexane 1,2-dicarboxylate), l'utilité de ces tests supplémentaires doit être évaluée au cas par cas au regard de la toxicité avérée ou potentielle des phtalates pour l'être humain.

Lien d'accès aux contributions du colloque: www.nrp50.ch/post-nrp50-activities/bafu-nrp50-workshop-june-5-2012.html

Contact: Robert Kase, robert.kase@oekotoxzentrum.ch

Les brèves du Centre Ecotox



Recherche de critères d'identification pour les perturbateurs endocriniens

Dans le cadre du groupe «Expert Advisory Group on endocrine Disruptors» de l'Union européenne, le Centre Ecotox participe à la recherche de critères d'identification pour les perturbateurs endocriniens. Ce groupe consultatif est composé d'experts délégués par les Etats membres et venant des administrations publiques, de l'industrie et d'organisations non gouvernementales. Il élabore des recommandations à l'adresse de la Direction générale de l'environnement qui est tenue d'émettre des propositions de critères d'ici fin 2013. Le Centre Ecotox est dépêché par l'Office fédéral de l'environnement pour y représenter la Suisse dans le domaine de l'écotoxicologie.

La nocivité des perturbateurs endocriniens se confirme de jour en jour (cf. p. 12). Même si leurs émissions sont déjà réglementées par trois textes européens, le règlement sur les produits phytosanitaires, le règlement Reach sur l'enregistrement, l'évaluation, l'autorisation et la restriction des substances chimiques et le nouveau règlement sur les produits biocides, il n'existe pas encore de critères reconnus pour l'identification de ces composés. Les principes sur lesquels reposent les recommandations du groupe consultatif sont présentés dans le rapport «State of the Art Assessment of Endocrine Disruptors» publié par Andreas Kortenkamp début 2012 sur mandat de la Commission européenne. Le groupe d'experts émettra également des recommandations techniques pour la détection des perturbateurs endocriniens et l'interprétation des résultats des tests.

Informations complémentaires sur les activités de l'UE concernant les perturbateurs endocriniens
http://ec.europa.eu/environment/endocrine/index_en.htm

Rapport «State of the Art Assessment of Endocrine Disruptors»
http://ec.europa.eu/environment/endocrine/documents/4_SOTA%20EDC%20Final%20Report%20V3%2006%20Feb%2012.pdf



Ecotoxicité des eaux de ruissellement de façades

Les revêtements de façade renferment souvent des produits biocides chargés d'empêcher les salissures dues au développement d'algues, de mousses ou de champignons. Ces produits chimiques peuvent être entraînés par les pluies ruisselant à la surface des bâtiments et se retrouver dans les sols et les eaux superficielles. Dans un nouveau projet, le Centre Ecotox étudie la toxicité d'eaux de ruissellement plus ou moins diluées dans des bioessais réalisés avec différents organismes édaphiques et aquatiques: lombrics, collemboles, algues, bactéries et daphnies. Les études montreront également si la micro-encapsulation des biocides dans les peintures, enduits et autres revêtements permet de réduire la toxicité des effluents résultant du lessivage des façades par l'eau de pluie. Le projet financé par l'Office fédéral de l'environnement est mené en partenariat avec l'Institut für Umwelt und Verfahrenstechnik de l'École supérieure technique de Rapperswil (HSR).

Contact: Sophie Campiche, sophie.campiche@centreecotox.ch

De nouvelles fiches d'information sur les perturbateurs endocriniens, l'écotoxicologie des sédiments et celle des nanomatériaux

Le Centre Ecotox a publié trois nouvelles fiches d'information: «Les perturbateurs endocriniens dans l'environnement», «Ecotoxicité des nanoparticules» et «Toxicité des sédiments». Présentant un condensé des principales connaissances actuelles sur leur sujet respectif, les fiches sont disponibles sur notre site:

www.centreecotox.ch/dokumentation/info/index_FR



Utilisation des bioessais pour l'évaluation de l'efficacité des traitements complémentaires d'épuration

Les bioessais peuvent être utilisés pour évaluer l'efficacité des traitements tertiaires dans les stations d'épuration. C'est ce qu'ont montré les résultats du projet MicroPoll (cf. Centre Ecotox News n°2). A la demande de la société ProReno AG, le Centre Ecotox cherche maintenant à déterminer laquelle des deux techniques, de l'ozonation suivie de la filtration sur sable ou du traitement au charbon actif en poudre, est la mieux adaptée au traitement complémentaire des eaux usées à la station d'épuration de Bâle. Les deux méthodes sont en mesure d'éliminer une grande partie des micropolluants organiques qui sont encore présents dans les effluents après le traitement biologique. Elles sont testées à l'aide d'une série d'essais sur des algues vertes unicellulaires, des daphnies, des stades précoces de développement des poissons et des gammarès et d'un test d'œstrogénicité sur levures.

Contact : Cornelia Kienle, cornelia.kienle@oekotoxzentrum.ch



Nouvelles publications du Centre Ecotox

Ces derniers mois, le Centre Ecotox a publié plusieurs articles sur ses résultats de recherche, notamment sur l'évaluation des produits phytosanitaires et des sédiments, et des articles de fond sur les méthodes et concepts de l'écotoxicologie. Toutes les publications sont disponibles sur notre site Internet à la page www.centreecotox.ch/dokumentation/publikationen/index_FR. Nous vous souhaitons une lecture aussi agréable qu'enrichissante.

Flück, R.; Campiche S., De Alencastro, L.F.; Rossi, L., Ferrari, B.J.D., Santiago, S., Werner, I., Chèvre, N. (2012) Surveillance de la qualité des sédiments en Suisse: État actuel des méthodes disponibles et mise en place de recommandations. *Aqua & Gas* 04, 18-22

Junghans, M., Kase, R., Chèvre, N. (2012) Qualitätskriterien für Pflanzenschutzmittel: Methode zur Herleitung von Qualitätskriterien für PSM in Schweizer Oberflächengewässern, *Aqua & Gas* 11, 16-22

Werner, I., Hitzfeld, B. (2012) 50 years of ecotoxicology since Silent Spring – a review. *GAIA* 21/3, 217-224

Connon, R.E., Geist, J., Werner I. (2012) Effect-based tools for monitoring and predicting the ecotoxicological effects of chemicals in the aquatic environment. *Sensors*, 12, 12741-12771



Programme de cours 2013

En 2013, le Centre Ecotox proposera deux cours de formation continue conçus pour les professionnels travaillant dans l'administration, la recherche, l'industrie et les organismes privés du secteur de l'environnement.

Le prochain **cours d'introduction à l'écotoxicologie** se tiendra les 11 et 12 juin 2013 à Dübendorf en allemand. Après une introduction générale à l'écotoxicologie, le cours proposera un aperçu de l'origine, du comportement et du devenir des polluants dans l'environnement avant d'aborder la question de leur impact sur les écosystèmes aquatiques et terrestres et de présenter différents systèmes de tests de laboratoire et de terrain. Il traitera ensuite de l'évaluation du risque et des aspects législatifs et réglementaires concernant les polluants. Dans une partie pratique, les participants pourront visiter un laboratoire d'écotoxicologie aquatique et observer quelques tests et organismes spécifiques.

Un cours **d'évaluation des risques des polluants dans l'environnement** se tiendra les 13 et 14 novembre 2013 en français à Lausanne. L'évaluation du risque est une procédure visant à estimer la probabilité que des effets néfastes pour l'environnement puissent se produire suite à une exposition à des substances chimiques. Ce cours présentera une introduction aux cadres de l'évaluation du risque tels que l'évaluation de l'exposition aux produits chimiques pour les différents compartiments environnementaux (eau, sédiment, sol) et l'évaluation du danger (détermination des effets, estimation des concentrations sans risques pour l'environnement (PNEC), élaboration de critères de qualité). La caractérisation des risques et les aspects légaux seront également abordés. Des études de cas ainsi que des exercices pratiques viendront compléter le cours.

www.centreecotox.ch/weiterbildung/2013/index_FR



Propositions de critères de qualité environnementale pour les pesticides

Notre site Internet tient à votre disposition une liste régulièrement actualisée des valeurs que nous proposons pour les critères de qualité environnementale. Elle porte déjà sur un grand nombre de composés traces organiques et a récemment été complétée de valeurs concernant huit pesticides (produits biocides et phytosanitaires).

www.centreecotox.ch/expertenservice/qualitaetskriterien/index_FR

L'écotoxicologie dans le monde

Dans cette rubrique, le Centre Ecotox souhaite vous informer des actualités internationales touchant à la recherche ou à la législation en matière d'écotoxicologie. La sélection proposée ne se prétend pas exhaustive et le contenu des communiqués ne reflète pas nécessairement les positions du Centre Ecotox.

Perturbateurs endocriniens: les soupçons se confirment

De plus en plus d'éléments indiquent qu'il existe bel et bien un rapport entre la présence de perturbateurs endocriniens dans l'environnement et l'augmentation des cas de cancer, des problèmes de fertilité et des dysfonctionnements métaboliques dans la population humaine. Des effets sur la biodiversité sont également jugés probables. Telles sont les conclusions du nouveau rapport Weybridge commandité par l'Agence européenne de l'environnement. Ce document compile les résultats des 15 dernières années de recherche sur les perturbateurs endocriniens et conclut à une nocivité extrêmement préoccupante de ces composés pour les organismes biologiques et très probablement pour l'homme. Il plaide pour un approfondissement de la recherche sur leurs effets sur la faune sauvage.

European Environment Agency (2012) *The impacts of endocrine disruptors on wildlife, people and their environments - The Weybridge +15 (1996-2011) report*. Luxembourg: Publications of the European Union.

www.eea.europa.eu/publications/the-impacts-of-endocrine-disrupters

Les médicaments et produits d'hygiène corporelle dans l'environnement

Ces 15 dernières années, de nombreuses études ont permis de mieux comprendre les effets sur l'environnement des substances contenues dans les médicaments et les produits d'hygiène corporelle. Un groupe international de scientifiques issus de la recherche, de l'industrie et de l'administration publique a maintenant cherché à mettre en évidence les principaux points d'ombre qui persistent à leur propos de manière à pouvoir concentrer les ressources disponibles sur les questions essentielles. Les chercheurs ont établi une liste des 20 sujets les plus préoccupants en tête desquels figurent la priorisation des substances, l'étude des effets sur la résistance aux antibiotiques chez les bactéries et l'extrapolation des résultats des biotests aux systèmes environnementaux réels.

Boxall, A.B.A., et al. (2012) *Pharmaceuticals and personal care products in the environment: What are the big questions?* *Environ. Health Perspect.* 120, 1221-122.

Les mers et les plages polluées par les plastiques

Des centaines de tonnes de déchets plastiques se déversent chaque année dans les mers du monde où leur absorption par les organismes marins peut avoir des conséquences mortelles. De nouveaux travaux montrent que cette pollution est encore plus nocive qu'on ne le pensait: les fragments fixent en effet les polluants organiques persistants qui se trouvent dans l'eau – comme les hydrocarbures aromatiques polycycliques ou les polychlorobiphényles – et les accumulent pen-

dant plusieurs mois avant d'être ingérés. On pensait jusqu'à présent que ce temps de séjour et d'accumulation était beaucoup plus court. Par ailleurs, les déchets plastiques peuvent emmagasiner des métaux lourds et du plomb issu des filets de pêche et contribuer à la pollution des plages par ces toxiques lorsqu'ils s'y échouent.

<http://cen.acs.org/articles/90/web/2012/08/Ocean-Plastics-Soak-Pollutants.html>

Nakashima, E., Isobe, A., Kako, S., Itai, T., Takahashi, S. (2012) *Quantification of Toxic Metals Derived from Macroplastic Litter on Ookushi Beach, Japan*. *Environ. Sci. Technol.*, 46, 10099–10105

Premier modèle prévisionnel de la nanotoxicité

Une nouvelle étude fait état d'un modèle capable de prédire la toxicité des nanoparticules à partir de leurs propriétés électriques et de leur solubilité dans l'eau. Il part du principe que cette toxicité dépend de l'énergie qui doit être fournie pour arracher un électron du matériau ou pour en émettre un vers l'extérieur. Si cette énergie est du même ordre de grandeur que celle des réactions d'oxydation ou de réduction se déroulant dans les cellules, les processus cellulaires peuvent être perturbés par les nanomatériaux. Le modèle a été capable de prédire la toxicité de nombreux oxydes métalliques sur les cellules humaines et les cellules de souris.

Zhang, H., Ji Z., Xia, T., Meng, H., Low-Kam, C., Liu, R., Pokhrel, S., Lin, S., Wang, X., Liao, Y.-P., Wang, M., Li, L., Rallo, R., Damoiseaux, R., Telesca, D., Mädler, L., Cohen, Y., Zink, J.I., Nel, A.E. (2012) *Use of Metal Oxide Nanoparticle Band Gap To Develop a Predictive Paradigm for Oxidative Stress and Acute Pulmonary Inflammation*, *ACS Nano*, 6, 4349–4368

La France interdit un pesticide toxique pour les abeilles

Une étude montrait dernièrement qu'un certain pesticide, le thiaméthoxam, contribuait au déclin des abeilles en perturbant leur sens de l'orientation (cf. Centre Ecotox News n° 4). Au vu de ces résultats, la France a levé l'autorisation de mise sur le marché du pesticide Cruiser OSR dont le thiaméthoxam est l'une des substances actives. Le Cruiser OSR produit par le groupe suisse Syngenta est utilisé en traitement insecticide et fongicide des semences dans la culture du colza. Après application sur les graines, le thiaméthoxam est assimilé par la plante et se retrouve dans le pollen.

www.environnement-france.fr/0702-retrait-autorisation-mise-marche-cruiser-osr

Impressum

Editeur: Centre ecotox

Eawag/EPFL

Überlandstrasse 133

8600 Dübendorf

Suisse

Tél. +41 58 765 5562

Fax +41 58 765 5863

www.oekotoxzentrum.ch

EPFL-ENAC-IIE-GE

Station 2

1015 Lausanne

Suisse

Tél. +41 21 693 6258

Fax +41 21 693 8035

www.centreecotox.ch

Rédaction et textes non signés: Anke Schäfer, Centre Ecotox

Traductions: Laurence Frauenlob-Puech, D-Waldkirch

Copyright: Reproduction possible sous réserve de l'accord de la rédaction

Copyright des photos: Centre Ecotox

Parution: deux fois par an

Maquette, graphisme et mise en page: visu'1 AG, Zurich

Impression: Mattenbach AG, Winterthur, Imprimé sur papier recyclé

Abonnements et changements d'adresse: Bienvenue à tout(e) nouvel(le) abonné(e), info@centreecotox.ch