

# centre ecotox news

18. édition mai 2019

Centre Suisse d'écotoxicologie appliquée



Risques élevés dus aux mélanges  
de produits phytosanitaires \_\_\_\_\_ 3

Surveillance environnementale en  
Suisse : bioessais et normalisation \_\_\_\_\_ 6

Utilisation des oligochètes pour  
l'étude des effets des effluents  
de STEP \_\_\_\_\_ 8

Critères de qualité environnementale :  
une protection contre la progression de  
l'antibiorésistance ? \_\_\_\_\_ 9

Les brèves du Centre Ecotox \_\_\_\_\_ 10

L'écotoxicologie dans le monde \_\_\_\_\_ 12

## Editorial

# Un petit coup d'œil sur l'avenir



Dr. Inge Werner,  
directrice du Centre Ecotox

Les pesticides sont un véritable problème. Il suffit, pour s'en convaincre, de voir les résultats des dernières études du programme NAWA SPEZ qui montrent, encore une fois, qu'ils ont nombreux à polluer les cours d'eau (p. 3). En moyenne, 35 de ces composés ont été détectés en même temps dans chaque ruisseau étudié. Malheureusement, l'effet de cocktails chimiques aussi complexes sur la faune et la flore ne peut être évalué de façon précise faute de données expérimentales en quantités suffisantes. Par ailleurs, l'influence des variations de température et des agents pathogènes sur la sensibilité aux polluants est aussi mal connue que les effets sur les interactions au sein des populations ou entre les espèces. Quand, comme ici, le savoir fait défaut, la prudence est de mise. En effet, une fois que la biodiversité est atteinte, il est très difficile voire impossible de la restaurer. Il est donc temps pour nous d'admettre que nous ne comprenons pas tout et que nous devons adopter une attitude particulièrement précautionneuse vis-à-vis de notre environnement. Toutefois, lorsqu'on parle de mesures de réduction des pesticides et autres polluants et des coûts qu'elles engendrent, la question

d'une certaine « surprotection » revient assez souvent. Est-il bien raisonnable de dépenser autant d'argent sur la simple base d'un risque, c'est-à-dire d'une probabilité d'occurrence d'effets négatifs ? D'un autre côté, à en croire l'article de Schäfer et al. (p. 12), le risque que nous évaluons avec les méthodes actuellement disponibles ne nous permet peut-être pas d'assurer une protection suffisante de l'environnement, auquel cas il faudrait plutôt parler de « sous-protection ». En effet, nous avons encore beaucoup à faire : par exemple, l'évaluation du risque lié aux antibiotiques ne tient pas encore compte des facteurs favorisant l'antibiorésistance (p. 9).

Je pense qu'à l'avenir, nous nous détournerons de plus en plus de l'appréciation du risque basée uniquement sur l'analyse chimique pour utiliser des méthodes de surveillance mesurant sur place les effets des polluants sur les organismes aquatiques. Les indices biocénologiques comme l'indice Macroinvertébrés, l'indice SPEAR spécifique aux pesticides ou l'indice Oligochètes (p. 8) livrent ainsi de précieuses informations sur la qualité de l'eau sur le terrain. Ils sont toutefois influencés par de nombreux facteurs, de sorte qu'il est difficile d'identifier les éléments perturbateurs éventuels et donc de prendre les mesures nécessaires. Nous devons donc encore trouver des méthodes nous permettant de déterminer la nature des stress en jeu.

La biologie moléculaire peut alors être d'un grand secours et les techniques se développent à un rythme effréné. Le cours PEAK de l'Eawag sur l'ADNe et le métabarcoding vient juste de présenter de nouvelles

méthodes pour déterminer la diversité spécifique dans le domaine aquatique. Il existe déjà des séquenceurs de poche qui permettent d'identifier les espèces à partir de l'ADN trouvé dans le milieu, même s'il est difficile de les différencier sur des critères morphologiques. Les effets spécifiques de certains types de polluants peuvent être détectés à l'aide de biomarqueurs mesurables à l'échelle de l'expression génique ou à partir de protéines ou de métabolites synthétisés dans les cellules. Ces méthodes manquent encore de maturité mais elles sont extrêmement prometteuses.

Pour finir, je dois malheureusement prendre congé de vous, chères lectrices et chers lecteurs. À partir de cet automne, le Dr Benoît Ferrari (qui dirige le groupe d'écotoxicologie du sol et des sédiments sur le site de Lausanne) assurera la direction du Centre Ecotox par intérim. Pour l'apéro d'adieu, il vous faudra cependant attendre un peu : je continuerai de travailler au Centre Ecotox à temps partiel jusqu'en août 2021. Les neuf années passées à travailler avec nombre d'entre vous ont été extrêmement enrichissantes. J'ai été fortement impressionnée par les compétences et l'engagement des personnes travaillant dans les services cantonaux, les sociétés privées, les offices fédéraux et la recherche. Je considère comme un immense privilège d'avoir pu et de pouvoir encore œuvrer avec vous à la protection de l'environnement.

Bien cordialement



# Risques élevés dus aux mélanges de produits phytosanitaires

**L'emploi des produits phytosanitaires organiques entraîne des risques écotoxicologiques importants pour les plantes, les vertébrés et les invertébrés aquatiques – c'est ce que montre une étude d'envergure menée dans cinq petits cours d'eau suisses. Les conclusions des analyses chimiques sont étayées par des biotests et des outils de bioindication.**

Une étude approfondie avait montré, en 2015, que les petits cours d'eau suisses dont les bassins versants faisaient l'objet d'une exploitation agricole intensive étaient fortement pollués par les produits phytosanitaires. En conséquence, un risque écotoxicologique élevé avait été identifié pour les plantes, les vertébrés et les invertébrés. Une nouvelle étude a été menée pour savoir si des résultats similaires étaient observés dans d'autres ruisseaux et à des années ultérieures. Comme précédemment, elle a été effectuée sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement par le Centre Ecotox en collaboration avec l'Eawag, le VSA, Aquaplus et cinq cantons (BE, BL, FR, SH et TG) dans le cadre des études spécifiques de l'observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA SPEZ).

## Deux cours d'eau déjà connus et trois nouveaux

Cinq petits cours d'eau suisses de régions fortement agricoles ont été étudiés de début mars à fin octobre 2017 : le Chrümmlisbach (BE), le Weierbach (BL), le Bainoz (FR), le Hoobach (SH) et l'Eschelisbach (TG). Leurs bassins versants sont représentatifs d'une grande variété de cultures : en dehors des grandes cultures de plein champ, ils sont également occupés par des cultures spéciales fortes consommatrices de produits phytosanitaires comme les fruits et petits fruits (TG), la vigne (SH) et les cultures maraîchères (BL). « L'Eschelisbach et le Weierbach avaient déjà été étudiés en 2015, confie Marion Junghans, du Centre Ecotox. Il nous est ainsi possible d'établir des comparaisons. »

L'équipe du département de Chimie de l'environnement de l'Eawag a analysé les échantillons et recherché 217 produits phytosanitaires organiques de synthèse. 145 ont été détectés à raison de 71 à 89 par site et de 35 par échantillon en moyenne. Dans quatre ruisseaux, les composés le plus fréquemment détectés étaient des herbicides. Pour un certain nombre de substances, le critère de qualité chronique (voir encadré) a été dépassé pendant des périodes plus ou moins longues sur plusieurs sites. Tous sites confondus, c'est pour le métazachlore que des concentrations critiques ont été mesurées le plus longtemps (13 périodes de 2 semaines). Venaient ensuite le thiaclopride (9 périodes), l'azoxystrobine (8 périodes), le chlorpyrifos (7 périodes), le diméthachlore (6 périodes), la métribuzine (5 périodes) et la diméthénamide (5 périodes). Ces sept subs-

tances étaient ainsi responsables de 55 % des 96 dépassements observés au total. « Il serait cependant insuffisant de concentrer les efforts sur ces quelques composés », avertit Marion Junghans. Tout d'abord, parce que la nature de la pollution varie très fortement dans le temps et ensuite, parce qu'un arrêt de leur utilisation pourrait entraîner celle de composés de substitution.

## Un risque durablement élevé dû aux mélanges de produits phytosanitaires

Marion Junghans et Miriam Langer, du Centre Ecotox, ont déterminé les risques aigus et chroniques entraînés par les mélanges de produits phytosanitaires pour les végétaux, les vertébrés et les invertébrés (voir graphique et encadré). Elles ont mis en évidence un risque chronique élevé dans tous les cours d'eau pour au moins l'un des trois groupes d'organismes pendant 24 à 26 semaines sur les 30 de l'étude. Un risque élevé et persistant a ainsi été constaté pour les végétaux dans l'**Eschelisbach**. Comme en 2015, cependant, le risque y était particulièrement important pour les invertébrés : pendant 6 périodes de 2 semaines, il était plus de 10 fois supérieur à la limite à partir de laquelle des effets négatifs sur les organismes aquatiques ne peuvent plus être exclus – et donc de niveau rouge. Dans le **Weierbach**, c'est pour les plantes aquatiques que le risque chronique dû au mélange était le plus fort : il y était de niveau rouge pendant 5 périodes de 14 jours. Globalement toutefois, la qualité de l'eau de ce ruisseau s'était améliorée par rapport à 2015, en particulier pour les invertébrés. De son côté, le **Chrümmlisbach** affichait un risque de niveau rouge pour tous les groupes d'organismes pendant au moins deux semaines. Dans le **Bainoz** et le **Hoobach**, un risque a été identifié pour au moins un groupe d'organismes sur presque toute la durée de l'étude. Son niveau était toutefois plus faible que dans les autres ruisseaux.

Sur tous les sites, le risque chronique dû au mélange de produits phytosanitaires était si élevé pour au moins un groupe d'organismes que la qualité de l'eau devait être qualifiée de médiocre à mauvaise. Même s'il était plus faible que le risque chronique dans tous les ruisseaux, le risque aigu dû au mélange n'en était pas moins préoccupant. « Les résultats de 2017 confirment ceux de 2015, commente Marion Junghans. Les risques chroniques dura-



blement élevés entraînés par les mélanges de produits phytosanitaires indiquent de nouveau que les organismes aquatiques ne disposent pas de phases de récupération. »

Un complément d'informations par les bioessais et la bioindication En complément des analyses classiques, Marion Junghans et Miriam Langer ont soumis les échantillons à un test biologique sur des algues vertes unicellulaires après les avoir pré-concentrés et leur avoir fait subir une extraction. Le test algal permet de mesurer directement le risque écotoxicologique dû à un mélange de substances organiques. Les chercheuses ont mesuré les effets des échantillons d'eau sur la photosynthèse et la croissance des algues, ce qui leur a permis d'évaluer aussi bien le risque dû aux substances inhibitrices de la photosynthèse que celui provoqué par les substances ayant d'autres modes d'action. Dans le cas où les analyses chimiques ne permettent pas de détecter tous les compo-

sés toxiques pour les algues, le biotest met en évidence un risque plus élevé que celui calculé à partir des différentes concentrations mesurées.

Le test algal a indiqué un risque chronique dans tous les cours d'eau pour la quasi-totalité de la durée de l'étude et a montré qu'il était principalement dû à la présence de substances limitant la croissance algale. Le risque calculé pour les végétaux à partir des concentrations mesurées par voie analytique est en concordance avec celui mesuré dans le test sur les algues. Dans l'ensemble, toutefois, ce dernier est légèrement plus élevé. « Ce supplément de risque pourrait être dû à des composés inconnus toxiques pour les algues, comme des métabolites par exemple, ou à des substances présentes à des concentrations inférieures au seuil de détection des techniques d'analyse », explique Marion Junghans. Le risque n'était sous-estimé par le bioessai que dans de rares cas, à savoir

### Calcul du risque lié aux mélanges de produits phytosanitaires

La qualité des eaux de surface peut être évaluée en comparant les concentrations de polluants mesurées dans l'environnement (MEC) avec les critères de qualité environnementale (CQE) déterminés à partir des données disponibles sur leur écotoxicité. Les CQE peuvent être définis comme les concentrations à partir desquelles les organismes sensibles peuvent subir des dommages au niveau de leur santé, de leur reproduction ou de leur développement. Le rapport entre la MEC et le CQE est appelé quotient de risque (QR). Si la MEC dépasse le CQE et que le QR est donc supérieur à 1, un risque existe et des effets négatifs sur les organismes ne peuvent être exclus. Il existe deux types de CQE : les critères de qualité dits aigus visant à protéger les organismes d'une exposition de courte durée, et les critères de qualité dits chroniques visant à les prémunir des effets d'une exposition de longue durée. Un quotient de risque aigu ou chronique peut ainsi être calculé selon le CQE considéré. Le risque

dû à un mélange est calculé en faisant la somme des quotients de risque des substances quantifiables qui le composent.

$$QR_{\text{mix}} = \sum_i^n QR_i = \sum_i^n \frac{MEC_i}{CQE_i}$$

Étant donné que les produits phytosanitaires sont souvent toxiques pour un groupe d'organismes donné (végétaux, invertébrés ou poissons), le calcul du QR du mélange ne prend en compte pour chaque groupe  $y$  que les QR des  $n$  substances auxquelles le groupe est fortement sensible. Le risque dû au mélange peut ainsi être calculé séparément pour les végétaux, les invertébrés et les poissons. Le risque considéré pour le cours d'eau est alors celui du groupe d'organismes le plus affecté. Alors que les herbicides affectent surtout les végétaux et que les insecticides menacent principalement les invertébrés, les fongicides peuvent présenter un risque pour les trois groupes d'organismes.



lorsque le mélange de produits phytosanitaires était dominé par des composés comme le nicosulfuron ou l'azoxystrobine, qui agissent moins fortement sur les algues que sur d'autres végétaux.

Dans les études de NAWA SPEZ, les analyses ont également été complétées de la détermination de l'indice SPEAR pour les pesticides. Cet indice décrit la part d'espèces sensibles aux produits phytosanitaires dans la communauté d'invertébrés d'un cours d'eau et se montre donc particulièrement informatif sur les effets des insecticides et fongicides présents dans le milieu. Les résultats de l'indice SPEAR indiquaient que la qualité de l'eau était bien plus mauvaise dans les cinq ruisseaux de l'étude que dans les ruisseaux non pollués servant de référence. La comparaison du risque calculé pour les végétaux et les invertébrés aquatiques à partir des concentrations mesurées par voie analytique et des risques évalués pour ces deux groupes à partir des effets biologiques constatés montre

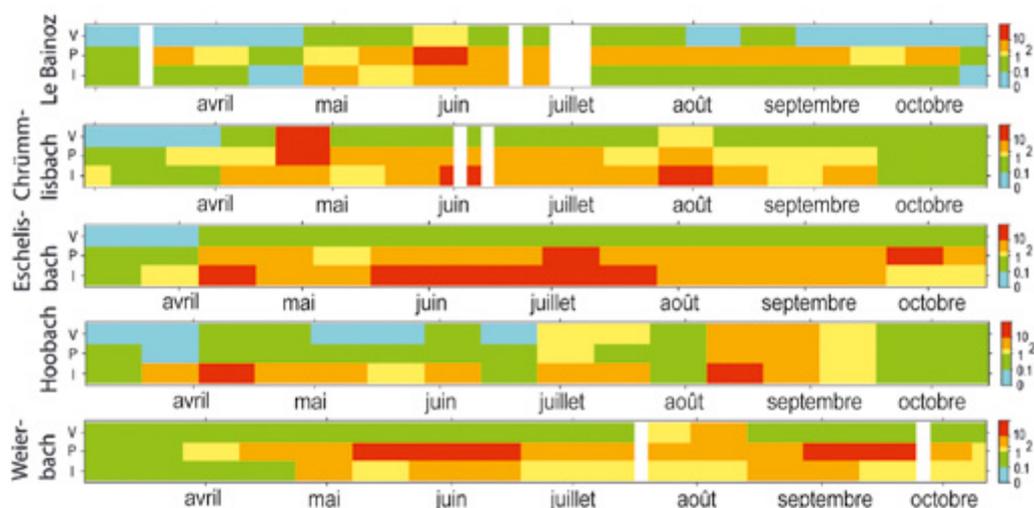
tout l'intérêt de compléter le contrôle chimique de la qualité de l'eau avec des approches biologiques intégratives : les deux approches concluent pareillement à l'existence d'un risque élevé dû aux produits phytosanitaires dans les cours d'eau étudiés.

Pour en savoir plus :

Junghans, M., Langer, M., Baumgartner, C., Vermeirssen, E., Werner, I. (2019) Ökotoxikologische Untersuchungen: Risiken von PSM bestätigt. Aqua & Gas 4, 26–34; Spycher, S., Teichler, R., Daouk, S., Doppler, T., Vonwyl, E., Junghans, M., Longrée, P., Kunz, M., Stamm, C., Singer, H. (2019). Anhaltend hohe PSM-Belastung in Bächen, Aqua & Gas 4, 14–25

Contacts :

Marion Junghans, marion.junghans@oekotoxzentrum.ch;  
Miriam Langer, miriam.langer@fhnw.ch



Graphique : Risques chroniques dus aux mélanges de produits phytosanitaires sur les sites de NAWA SPEZ 2017. En ordonnée, les trois groupes d'organismes: V = vertébrés [poissons], P = plantes, I = invertébrés. En blanc: périodes sans échantillons. La couleur indique la valeur du quotient de risque QR pour un groupe d'organismes et une période donnés. Bleu: QR < 0,1, vert: QR 0,1–1, jaune: QR 1–2, orange: QR 2–10, rouge: QR > 10.



# Surveillance environnementale en Suisse : bioessais et normalisation

**Une stratégie a déjà été élaborée pour l'évaluation sommaire de la qualité des eaux suisses recevant des effluents d'épuration. Aujourd'hui, des progrès ont également été réalisés au niveau de la standardisation des différentes étapes de travail.**

Cosmétiques, pesticides, médicaments... Beaucoup de produits de synthèse qui nous sont très utiles se retrouvent dans le milieu aquatique où ils menacent l'équilibre des écosystèmes. La surveillance de la qualité des eaux aide à localiser les problèmes importants et à prendre des mesures pour les résoudre. Pour ces contrôles, les autorités utilisent de plus en plus souvent des bioessais en complément des analyses chimiques car ils se prêtent particulièrement bien à l'étude des substances biologiquement actives et des mélanges de polluants. Toutefois, seuls les tests normalisés peuvent figurer dans les instructions officielles et être utilisés dans un cadre réglementaire. Le Centre Ecotox a développé une stratégie d'appréciation de la qualité des eaux et fait progresser les procédures de normalisation. L'objectif est de mettre des instruments utiles et pratiques à la disposition des services cantonaux de la protection des eaux et des laboratoires privés.

## Stratégie d'évaluation sommaire de la qualité des eaux

Le Centre Ecotox a élaboré, dans le cadre du système modulaire gradué suisse, une stratégie d'évaluation sommaire de la qualité des cours d'eau recevant des effluents d'épuration basée sur l'utilisation de bioessais écotoxicologiques [1]. « Nous avons veillé à ce que les tests proposés soient bon marché, faciles à mettre en œuvre et faciles à interpréter », indique la responsable du projet, Cornelia Kienle. La stratégie mise au point prévoit de soumettre les eaux usées à des bioessais après leur traitement dans la station d'épuration (STEP). Le degré de pol-

lution du cours d'eau récepteur est estimé par extrapolation à partir des mesures ainsi obtenues.

Dans la stratégie d'évaluation, deux biotests complémentaires sont utilisés : le test combiné sur algues vertes unicellulaires et le test YES sur levure (YES = Yeast Estrogen Screen). Le premier met en évidence les substances qui inhibent la photosynthèse et la croissance des plantes et des algues vertes. Il est particulièrement bien adapté à la détection des herbicides souvent présents dans les cours d'eau à des concentrations ayant un impact environnemental. Le test d'œstrogénicité sur levure (YES) s'effectue avec des cellules de levure génétiquement modifiées qui réagissent aux composés présentant une activité œstrogénique. Ces œstrogènes sont en mesure de perturber la reproduction des poissons et des invertébrés en interférant avec leur métabolisme hormonal. Ces deux bioessais permettent également d'évaluer le rendement d'épuration des STEP.

## Forte demande de standardisation

À l'époque de l'élaboration de la stratégie d'évaluation, les deux bioessais n'étaient pas encore normalisés. « Les cantons sont très intéressés par une utilisation de biotests standardisés », indique Etienne Vermeirssen. La procédure de normalisation est particulièrement longue et il pourrait donc sembler qu'elle fasse obstacle à l'utilisation de techniques innovantes. En réalité, elle présente de nombreux avantages. Elle permet tout d'abord de démontrer la fiabilité et la robustesse des mesures

et de leur conférer une valeur juridique. Par ailleurs, la standardisation garantit que les tests sont parfaitement adaptés aux utilisations prévues et évite aux utilisateurs tout travail ultérieur d'optimisation. Le Centre Ecotox s'implique fortement dans la normalisation des bioessais en travaillant au sein de plusieurs groupes des principales organisations du secteur (SNV, DIN, ISO, voir encadré).

## La standardisation dans l'appréciation de la qualité des eaux

Pour que des bioessais puissent être utilisés pour la détection des œstrogènes et des composés affectant les algues, il est important que plusieurs éléments soient normalisés :

- L'échantillonnage
- L'extraction sur phase solide
- Le bioessai en lui-même
- L'interprétation des résultats (BEQ)
- La comparaison avec des seuils

Plusieurs normes ISO existent pour l'échantillonnage [2, 3, 4]. Elles précisent les conditions à respecter pour le prélèvement et le stockage des échantillons d'eau afin que les résultats des analyses soient interprétable et reproductibles.

Les biotests envisagés nécessitent une **extraction préalable sur phase solide** (SPE) afin que les échantillons soient suffisamment concentrés pour que les polluants qu'ils renferment puissent être mis en évidence. Pour cette extraction, les échantillons sont injectés dans des colonnes qui



retiennent les composés organiques. Ces derniers sont ensuite récupérés en rinçant les colonnes avec un petit volume de solvant puis utilisés pour les essais. « Nous venons juste de valider notre méthode de SPE pour la récupération de nombreux composés », indique Etienne Vermeirssen [5].

Le Centre Ecotox a récemment réalisé des progrès décisifs au niveau de la standardisation des **biotests**. En effet, trois essais permettant la détection des œstrogènes dans les échantillons d'eau ont enfin été normalisés. Deux d'entre eux sont des variantes du test d'œstrogénicité sur levure. Dans le test L-YES, le test YES est complété d'une étape de digestion avec l'enzyme lyticase, ce qui augmente sa sensibilité et sa rapidité [6]. De son côté, le test A-YES utilise une autre souche de levures ayant la particularité d'être insensible aux fortes salinités [7]. Le troisième test standardisé a recours à une lignée de cellules humaines comme celle utilisée dans l'ER-Calux [8]. Pour ce qui est du test combiné sur algues vertes, le Centre Ecotox travaille actuellement à une nouvelle proposition qui sera soumise à l'ISO. C'est sur cet avant-projet que se basera la procédure de normalisation.

Pour **interpréter** les résultats des biotests, l'effet du mélange de substances présent dans l'extrait est comparé à celui d'une substance de référence. Pour ce faire, des courbes dose-réponse sont établies pour l'échantillon et pour le composé de référence. Si les courbes présentent des maxima et des pentes différentes, il est difficile d'aboutir à une interprétation uniforme. Pour pallier cette

difficulté, le Centre Ecotox travaille avec le BfG de Coblenz à l'élaboration d'une norme ISO qui devrait être disponible d'ici 2020.

Pour déterminer la qualité de l'eau, les résultats des essais sont finalement comparés à des **seuils**: les seuils écotoxicologiques (effect-based triggers, EBT) indiquent le niveau à partir duquel l'effet observé dans le biotest peut être jugé comme acceptable ou inacceptable. L'EBT considéré peut être le critère de qualité environnementale (CQE) basé sur des données d'écotoxicité chronique ou la norme de qualité environnementale de l'Union européenne (NQE) déterminés pour la substance de référence du biotest. L'effet d'un mélange de composés ayant le même mode d'action peut alors être comparé au seuil en exprimant son activité par la concentration de la substance de référence qui aurait le même effet que la solution inconnue. « Si cette concentration d'équivalents bio-analytiques est supérieure au CQE de la substance de référence, la qualité de l'eau est insuffisante », explique Etienne Vermeirssen.

#### Références bibliographiques

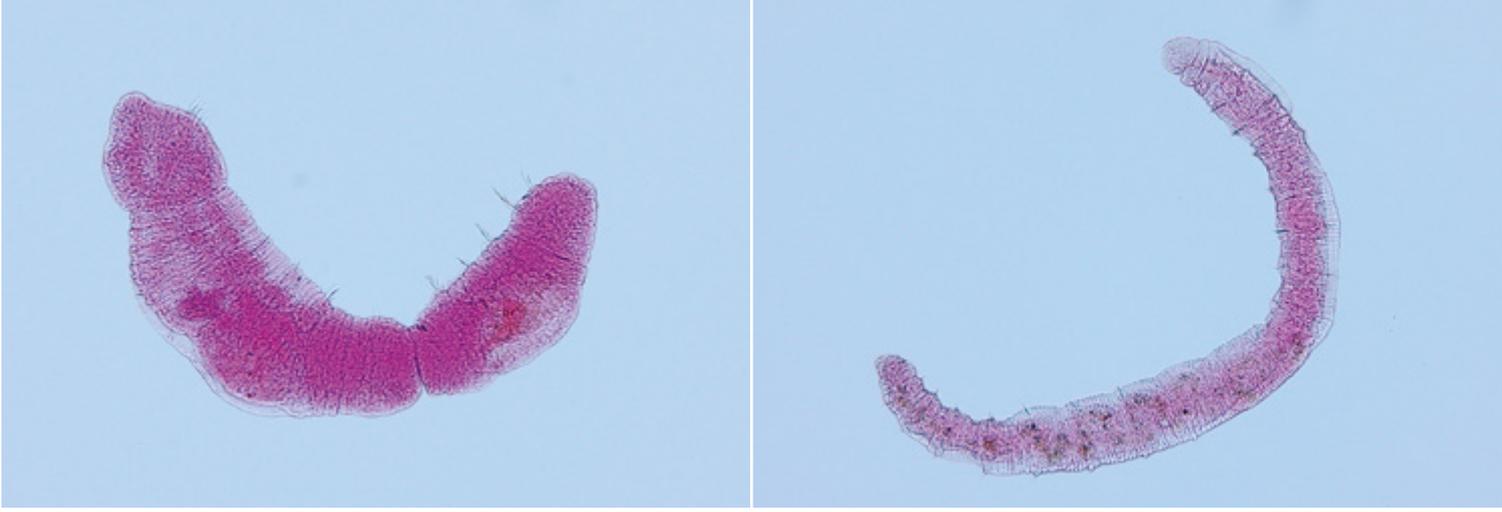
- 1) Kienle, C., Vermeirssen, E., Kunz, P., Werner, I. (2018) Grob-beurteilung der Wasserqualität mit Biotests: Ökotoxikologische Biotests zur Beurteilung von abwasserbelasteten Fließgewässern. *Aqua & Gas* 4, 40–48
- 2) International Standard ISO 5667-6 Water quality – Sampling – Part 6: Guidance on sampling of rivers and streams
- 3) International Standard ISO 5667-14 Water quality – Sampling – Part 14: Guidance on quality assurance and quality control of environmental water sampling and handling
- 4) International Standard ISO 5667-16:1998 Water quality – Sampling – Part 16: Guidance on biotesting of samples
- 5) Simon, E., Schifferli, A., Bucher, T., Olbrich, D., Werner, I., Vermeirssen E.L.M. (2019) Solid-phase extraction of estrogens and herbicides from environmental waters for bioassay analysis – effects of sample volume on recoveries. *Analytical and Bio-analytical Chemistry*, 411, 2057-2069
- 6) International Standard ISO/DIS 19040-1 Water quality – Determination of the estrogenic potential of water and waste water – Part 1: Yeast estrogen screen (*Saccharomyces cerevisiae*)
- 7) International Standard ISO/DIS 19040-2 Water quality – Determination of the estrogenic potential of water and waste water – Part 2: Yeast estrogen screen (A-YES, *Arxula adenivorans*)
- 8) International Standard ISO/DIS 19040-3 Water quality – Determination of the estrogenic potential of water and waste water – Part 3: In vitro human cell-based reporter gene assay

Contact :

Etienne Vermeirssen, [etienne.vermeirssen@oekotoxzentrum.ch](mailto:etienne.vermeirssen@oekotoxzentrum.ch)

#### Normalisation : comment se fait-elle, au juste ?

En Europe, la normalisation des bioessais destinés à la veille environnementale est principalement assurée par l'Organisation internationale de normalisation (ISO), le Comité européen de normalisation (CEN) et les institutions nationales telles que l'Association suisse de normalisation (SNV) ou l'Institut allemand de normalisation (DIN). Les biotests intervenant dans les procédures d'autorisation des produits chimiques, et dont les résultats peuvent être intéressants pour le biomonitoring, sont standardisés par l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). Toutes les procédures de normalisation reposent sur une vérification de la reproductibilité et de la répétabilité des tests. Pour les démontrer, des essais croisés sont menés avec les mêmes échantillons dans un grand nombre de laboratoires. Les résultats sont ensuite comparés entre eux puis soumis à une analyse statistique. Le Centre Ecotox a déjà souvent participé à de tels essais interlaboratoires.



# Utilisation des oligochètes pour l'étude des effets des effluents de STEP sur les cours d'eau

**Des scientifiques du Centre Ecotox ont démontré, en étudiant les communautés d'oligochètes, que les effluents de stations d'épuration des eaux usées (STEP) altéraient significativement la qualité biologique et le fonctionnement des cours d'eau récepteurs.**

Les activités humaines peuvent perturber les cours d'eau de multiples façons: contamination des eaux superficielles et souterraines, modification et réduction des échanges hydrologiques entre les eaux de surface et les eaux souterraines, altération de la diversité des habitats, etc. Le milieu poreux, à travers lequel s'effectuent les échanges hydrologiques entre les eaux de surface et les eaux souterraines, comprend les sédiments grossiers superficiels et une zone sous-jacente appelée hyporhéique. Le milieu poreux a la propriété de stocker les polluants et remplit une fonction importante de filtre biologique, physique et chimique de l'eau qui le traverse. Les échanges hydrologiques verticaux assurent une oxygénation du milieu, ce qui permet de stimuler la dégradation des substances organiques. Par ailleurs, les exfiltrations d'eaux souterraines non contaminées permettent d'améliorer la qualité des sédiments et eaux de surface. Il est donc important d'évaluer la dynamique des échanges hydrologiques entre les eaux de surface et les eaux souterraines et la qualité spécifique du milieu poreux dans le cadre des programmes de surveillance de la qualité des cours d'eau.

## Les oligochètes en tant que descripteurs de la qualité et du fonctionnement des cours d'eau

Les oligochètes (vers annélides) sont très présents dans le milieu poreux. Les espèces de ce groupe ont une tolérance très variable vis-à-vis de la pollution et sont caractéristiques des sédiments de surface ou des eaux souterraines. La méthode des traits fonctionnels (TRF), basée sur l'étude des communautés d'oligochètes dans les sédiments grossiers superficiels et le milieu hyporhéique, permet d'évaluer simultanément la qualité biologique du milieu poreux et la dynamique des échanges hydrologiques entre les eaux de surface et les eaux souterraines. Des scientifiques du Centre Ecotox ont appliqué lors de deux campagnes (mars et septembre) la méthode TRF sur deux sites déjà bien connus du canton de Lucerne – Hochdorf et Buttisholz – pour étudier les effets des rejets de STEP sur la qualité et le fonctionnement des cours d'eau récepteurs. Au niveau des deux sites et lors de deux campagnes, les communautés d'oligochètes indiquaient une meilleure qualité du milieu en amont des rejets qu'en aval. Le pourcentage des espèces sensibles était en effet plus élevé et celui des espèces résistantes

plus faible en amont. Les résultats indiquaient de plus que la capacité d'autoépuration du milieu était plus faible en aval des rejets et qu'en septembre les eaux souterraines y étaient particulièrement vulnérables aux pollutions des eaux de surface.

## Une méthode complémentaire aux indices biologiques classiques

La méthode TRF est un outil très intéressant pour la surveillance environnementale dans la mesure où elle peut révéler des altérations non détectées par les autres indices biologiques. Par exemple, dans le cadre d'un suivi de l'état écologique en amont et en aval des rejets de plusieurs STEP en Suisse (dont celles d'Hochdorf et Buttisholz), l'application de l'indice macroinvertébrés IBCH, couramment utilisé en Suisse dans le cadre des programmes de biomonitoring, n'a pas permis de détecter les effets des rejets des STEP. La méthode TRF apporte des informations sur l'effet propre des polluants présents dans le milieu poreux et le fonctionnement du milieu que les indices biologiques classiques, par essence, ne peuvent pas fournir.

« Pour pouvoir appliquer la méthode TRF, il est nécessaire d'identifier les oligochètes à l'espèce, ce qui peut constituer un obstacle pour l'utilisation de cette méthode en routine », indique Régis Vivien. Il souligne cependant que la détermination des oligochètes n'est pas plus difficile que celle des diatomées, couramment utilisées en Suisse pour évaluer la qualité biologique des eaux de surface. Il estime par ailleurs qu'il sera possible, dans un avenir proche, d'identifier les oligochètes à l'aide de code-barres génétiques et du séquençage à haut débit.

## Plus d'informations :

Vivien, R., Lafont, M., Werner, I., Laluc, M., Ferrari, B.J.D. (2019) Assessment of the effects of wastewater treatment plant effluents on receiving streams using oligochaete communities of the porous matrix. *Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst.*, 420, 18.

## Contact :

Régis Vivien, [regis.vivien@centreecotox.ch](mailto:regis.vivien@centreecotox.ch);  
Benoît Ferrari [benoit.ferrari@centreecotox.ch](mailto:benoit.ferrari@centreecotox.ch)



## Les CQE : une protection contre la progression de l'antibiorésistance ?

**Le rejet fréquent d'antibiotiques dans l'environnement peu entraîner le développement de résistances à ces médicaments. L'antibiorésistance n'est toutefois pas prise en compte dans la détermination des critères de qualité environnementale (CQE).**

Pour pouvoir évaluer la toxicité de mélanges de produits chimiques dans l'environnement, il faut tout d'abord connaître la dangerosité individuelle des différentes substances qui les composent. Le Centre Ecotox a donc déterminé des seuils appelés critères de qualité environnementale (CQE) pour un grand nombre de substances à partir de données d'écotoxicité ([www.centreecotox.ch/prestations-expert/criteres-de-qualite-environnementale](http://www.centreecotox.ch/prestations-expert/criteres-de-qualite-environnementale)). Ces seuils sont ainsi définis : si les concentrations environnementales les dépassent, des effets sur les organismes aquatiques ne peuvent être exclus. L'antibiorésistance ne fait pas partie des effets considérés. Or plusieurs antibiotiques figurent parmi les substances pour lesquelles des seuils ont été déterminés. Étant donné que les antibiotiques peuvent contribuer au développement de résistances, le Centre Ecotox a donc étudié si les CQE étaient assez bas pour prévenir l'apparition et la progression des antibiotés.

### Les antibiotiques favorisent les bactéries résistantes

Les substances antibiotiques et les mécanismes de résistance existent naturellement dans l'environnement. Leur présence a cependant été fortement accrue par les émissions anthropiques d'antibiotiques. Les principales voies de rejet dans le milieu aquatique sont les réseaux d'assainissement et les émissions agricoles. Ils peuvent favoriser la sélection de bactéries antibiotés et la transmission de gènes de résistance à partir de concentrations relativement faibles et contribuer ainsi à la progression de l'antibiorésistance. Les bactéries sont capables de transmettre cette capacité de résistance non seulement à leur descendance mais également à d'autres souches ou espèces bactériennes par transfert horizontal de gènes. Le Centre Ecotox a étudié si les CQE qu'il a déterminés pour 7 antibiotiques permettaient également d'éviter la dissémination de l'antibiorésistance. Les composés étudiés étaient l'azithromycine, la ciproflaxine, la clarithromycine, l'érythromycine, le sulfaméthoxazole, la sulfaméthazine et le triméthoprime. Il a ajouté à cette liste le triclosane, un biocide très utilisé comme désinfectant dans les hôpitaux et les cabinets médicaux.

### Une pression de sélection à partir de quelle concentration ?

Le Centre Ecotox a déterminé les CQE des sept antibiotiques et du triclosane selon la méthode prescrite dans le guide technique de la

Commission européenne en évaluant les données de toxicité aiguë et chronique obtenues pour des organismes aquatiques situés à trois niveaux différents de la chaîne alimentaire. Pour la plupart des antibiotiques considérés, la concentration la plus basse pour laquelle une pression de sélection s'exerce sur les bactéries (« minimal selective concentration » ou MSC) n'est pas connue et elle a donc été estimée de différentes façons à partir de la concentration minimale inhibitrice ou des concentrations pour lesquelles aucune inhibition de croissance n'est encore observable.

Pour cinq composés sur les huit étudiés, les CQE étaient inférieurs à la MSC et offraient donc également une protection contre le développement de l'antibiorésistance. La situation était moins satisfaisante pour les trois autres : la MSC du triméthoprime était ainsi 2000 fois plus basse que les CQE. Les spécialistes de l'UE envisagent donc éventuellement de modifier la méthode de détermination des CQE en conséquence. Concrètement, une option pourrait être de déterminer les CQE de la manière habituelle puis d'effectuer des essais supplémentaires ou de prendre en compte la MSC, si elle est disponible, pour finalement retenir le seuil le plus faible. Une autre solution serait d'intégrer l'apparition de la résistance bactérienne aux antibiotiques dans les effets considérés pour la détermination des CQE, ce qui équivaldrait à étendre les objectifs de protection habituellement considérés en écotoxicologie. Le choix n'est pas anodin puisque l'antibiorésistance ne pose pas nécessairement de problème aux organismes vivant dans le milieu naturel mais constitue une menace pour la lutte contre les maladies infectieuses et donc pour la santé humaine.

### Plus d'informations :

Ferrari, G., Junghans, M., Korkaric, M., Werner, I. (2019) Antibiotika-resistenzbildung in der Umwelt. Herleitung von Umweltqualitätskriterien für Antibiotika unter Berücksichtigung von Resistenzbildung. Aqua & Gas 6

### Contact :

Marion Junghans, [marion.junghans@oekotoxzentrum.ch](mailto:marion.junghans@oekotoxzentrum.ch)

# Les brèves du Centre Ecotox



## Moins d'incertitudes dans les tests de contact avec les sédiments

Les tests de contact avec les sédiments sont très utiles pour évaluer la toxicité des polluants dans ce compartiment environnemental. Toutefois, les propriétés des sédiments sont extrêmement variables, ce qui rend l'interprétation difficile. Le Centre Ecotox est engagé dans un projet international qui vise à réduire les incertitudes dans l'interprétation des résultats de ces tests. Pour ce faire, neuf tests de contact différents sont réalisés avec plus d'une trentaine d'échantillons de sédiments afin d'étudier la variabilité due aux différences de propriétés.

Contact :

Carmen Casado-Martinez [carmen.casado@centreecotox.ch](mailto:carmen.casado@centreecotox.ch);

Benoît Ferrari [benoit.ferrari@centreecotox.ch](mailto:benoit.ferrari@centreecotox.ch)

## Une étude d'envergure dans les STEP européennes

Le Centre Ecotox participe à un projet international d'envergure visant une meilleure connaissance des rapports entre les techniques de traitement employées dans les stations d'épuration (STEP), les caractéristiques des zones desservies et la qualité des eaux épurées obtenues. Pour ce faire, des échantillons sont prélevés dans 60 STEP réparties dans toute l'Europe, puis concentrés par extraction multiphasique en phase solide et analysés à l'aide d'un screening LC-MS/MS à large spectre et d'une batterie de biotests. En Suisse, 6 STEP sont concernées dans les cantons d'Argovie, de Thurgovie et de Zurich. Le projet est soutenu par le réseau NORMAN et coordonné par l'UFZ de Leipzig. Les résultats doivent servir à améliorer la modélisation de l'écotoxicité, l'évaluation des risques et la priorisation des substances dans les programmes de surveillance environnementale.



## Tutoriel vidéo sur le test combiné sur algues vertes

Les herbicides forment une catégorie importante de micro-polluants régulièrement détectés dans le milieu aquatique. Utilisés en tant que produits biocides ou phytosanitaires, ils peuvent porter atteinte aux algues vivant dans les eaux de surface. Étant donné que ces dernières constituent la base de la chaîne alimentaire, l'écosystème entier peut être perturbé. Afin de détecter les herbicides de façon intégrée, les algues sont utilisées dans des bioessais. Les biotests validés par l'OCDE et l'ISO mesurent ainsi la croissance des algues au contact d'échantillons d'eau. Dans le test combiné, les échantillons utilisés sont pré-concentrés et l'inhibition de la photosynthèse est mesurée en complément de la croissance. Beaucoup plus rapide, il demande peu de moyens et d'espace puisqu'il s'effectue en plaques de microtitration. Un tutoriel vidéo détaille la réalisation du test combiné.

[www.centreecotox.ch/news-publications/actualites/tutoriel-video-sur-le-test-algues-combine/](http://www.centreecotox.ch/news-publications/actualites/tutoriel-video-sur-le-test-algues-combine/)

## Marion Junghans, cheffe de groupe



Marion Junghans dirige le groupe Évaluation des risques du Centre Ecotox depuis janvier 2019. Ce groupe est chargé de déterminer le risque environnemental lié aux produits chimiques et de développer des stratégies d'appréciation de la qualité de l'environnement et du danger émanant des mélanges de polluants. Toutes nos félicitations pour cette promotion !



### **Journée de l'ADN environnemental le 3 juin 2019 à Genève**

Identifier rapidement et à faible coût l'ensemble des espèces présentes dans un simple échantillon d'eau ou de sédiment et calculer un indice biologique sans avoir recours au microscope : telle est la promesse de l'analyse de l'ADN environnemental (ADNe), dont les développements récents laissent entrevoir une véritable révolution dans le domaine de la bioindication en milieu aquatique. C'est dans ce contexte que plusieurs institutions, dont le Centre Ecotox, proposent la « Journée de l'ADN environnemental » qui se déroulera le lundi 3 juin 2019 de 9h00 à 17h00 à l'Université de Genève. S'appuyant sur la présentation des résultats obtenus dans le cadre du projet Interreg Franco-Suisse SYNAQUA « SYnergie transfrontalière pour la biosurveillance et la préservation des écosystèmes AQUatiques », cette journée vous permettra d'apprendre quelles sont les étapes à réaliser pour obtenir un indice génétique et de découvrir des cas pratiques d'utilisation de l'ADNe dans les campagnes de bio-surveillance.

[www.centreecotox.ch/prestations-expert/formation-continue/](http://www.centreecotox.ch/prestations-expert/formation-continue/)



### **Deux nouvelles têtes au Centre Ecotox**

Nous avons le plaisir d'accueillir deux nouvelles collaboratrices : Anne-Sophie Voisin et Alexandra Kroll !

**Anne-Sophie Voisin** renforce, depuis mars 2019, l'équipe Biotests du pôle d'écotoxicologie aquatique. Ses activités se concentrent sur le développement et l'utilisation de biomarqueurs moléculaires pour la surveillance continue de la qualité de l'eau. Anne-Sophie a suivi des études de biologie à l'Université de Namur, en Belgique, avant d'y effectuer une thèse sur les mécanismes d'action moléculaires des perturbateurs endocriniens chez les poissons.

**Alexandra Knoll** travaille depuis avril 2019 au Centre Ecotox dans le domaine de l'évaluation des risques. Elle a suivi des études de biologie et de sciences de l'environnement à Heidelberg et à Landau (D) avant d'effectuer une thèse sur l'influence des nanoparticules sur les cellules humaines à l'Université de Münster. Elle a alors rejoint l'Eawag où elle a étudié les biofilms dans les eaux de surface et les effets des nanoparticules et des pesticides. Elle s'est ensuite engagée dans un bureau d'études en environnement où elle a acquis une solide expérience dans le domaine de l'autorisation et de l'évaluation des risques liés aux produits phytosanitaires.



### **Formation continue : Évaluation de la qualité écotoxicologique des sédiments**

Le Centre Ecotox propose un cours de formation continue sur l'évaluation de la qualité écotoxicologique des sédiments qui se déroulera les 14 et 15 novembre 2019 à Lausanne. L'objectif de ce cours est de permettre aux participants d'acquérir des notions de base sur le fonctionnement du sédiment et les connaissances nécessaires à l'évaluation de la qualité des sédiments en fonction de leurs caractéristiques écotoxicologiques. Après une introduction sur ce compartiment environnemental particulier, l'accent sera mis sur divers outils utilisés pour la caractérisation des sédiments : l'échantillonnage, les propriétés physico-chimiques, les critères de qualité chimique, les tests de toxicité et les indices biologiques.

[www.centreecotox.ch/prestations-expert/formation-continue/](http://www.centreecotox.ch/prestations-expert/formation-continue/)



### **Fiche info sur le mercure**

Le mercure est un métal lourd hautement toxique qui est naturellement présent dans l'environnement mais peut également être libéré par les activités humaines. Son danger pour la santé humaine est principalement lié à son accumulation dans les poissons et les crustacés. Le mercure peut être transporté sur de très grandes distances et pose donc un problème de dimension planétaire. Une convention internationale devait donc être mise en place pour protéger l'homme et l'environnement de ses effets négatifs et c'est ainsi que la Convention de Minamata est entrée en vigueur en 2017. Une nouvelle fiche informe sur le mercure, sur sa toxicité et sur les réglementations mises en œuvre.

[www.centreecotox.ch/news-publications/fiches-info/](http://www.centreecotox.ch/news-publications/fiches-info/)

# 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.

## Les méthodes à haut débit pour la surveillance environnementale

Des scientifiques américains ont étudié des échantillons issus de 38 cours d'eau à l'aide de méthodes à haut débit mesurant au total 69 effets biologiques différents. Les résultats ont été comparés aux concentrations de plus de 700 composés mesurés par voie analytique. Les chercheurs ont mis en évidence 11 mécanismes d'action différents, dont les plus fréquents étaient l'activation des récepteurs pregnane X et Ah, impliqués dans la métabolisation des polluants et en particulier des hormones stéroïdes et des hydrocarbures aromatiques polycycliques. Les polluants détectés dans les analyses chimiques ne peuvent pas totalement expliquer les effets mesurés. Les résultats montrent donc tout l'intérêt des bioessais pour mettre en évidence les effets ne pouvant être détectés par la seule approche analytique classique.

Blackwell, B.R., Ankley, G.T., Bradley, P.M., Houck, K.A., Makarov, S.S., Medvedev, A.V., Swintek, J., Villeneuve, D.L. (2019) Potential Toxicity of Complex Mixtures in Surface Waters from a Nationwide Survey of United States Streams: Identifying in Vitro Bioactivities and Causative Chemicals. *Environ. Sci. Technol.*, 53, 973–983

## Pourquoi y a-t-il de moins en moins d'insectes ?

Dans le monde, près de 40 % des espèces d'insectes sont menacées d'extinction. Une nouvelle étude fait la synthèse de 73 rapports faisant état d'un déclin local des populations d'insectes et propose une analyse systématique des causes de recul. En milieu terrestre, la menace concerne principalement les lépidoptères (papillons), les hyménoptères (abeilles) et les géotrupidés (bousiers). En milieu aquatique, les libellules, les plécoptères, les trichoptères et les éphémères ont déjà perdu une grande partie de leurs espèces. L'une des principales causes de disparition identifiées par les auteurs est la perte d'habitats due à l'intensification de l'agriculture et à l'urbanisation. Par ailleurs, le déclin semble favorisé par la pollution par les pesticides et fertilisants, les infections, les espèces exotiques envahissantes et les changements climatiques.

Sanchez-Bayo, F., Wyckhyis, K.A.G. (2019) Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation*, 232, 8–27

## Les nanoplastiques affectent les capacités de défense des animaux aquatiques

D'après une nouvelle étude, les nanoplastiques sont plus nuisibles aux animaux marins que les microplastiques. Des essais de

laboratoire ont montré que, chez les rotifères, ils pouvaient porter atteinte aux membranes cellulaires et affecter ainsi les capacités de défense des animaux contre les polluants. Dans les essais, les rotifères exposés à des nanoparticules de polystyrène se montraient beaucoup plus sensibles aux polluants organiques persistants (POP) que les animaux témoins non exposés.

Jeong, C.-B., Kang, H.-M., Lee, Y.H., Kim, M.-S., Lee, J.-S., Seo, J.S., Wang, M., Lee, J.-S. (2018) Nanoplastic Ingestion Enhances Toxicity of Persistent Organic Pollutants (POPs) in the Monogonont Rotifer *Brachionus koreanus* via Multixenobiotic Resistance (MXR) Disruption. *Environ. Sci. Technol.* 52, 11411–11418.

## Suggestions pour une évaluation intégrée du risque lié aux pesticides

L'utilisation croissante des produits phytosanitaires a entraîné la disparition de nombreux organismes non-cibles parmi les oiseaux, les insectes ou encore les organismes aquatiques. Plusieurs scientifiques demandent donc d'apporter certaines améliorations à l'évaluation du risque menée dans le cadre des procédures d'autorisation de mise sur le marché de ces produits. Ils proposent notamment une analyse coûts/bénéfices, un nouveau système d'assurance qui permet aux agriculteurs de faire face aux pertes de rendement, l'introduction d'une autorisation provisoire et l'intégration de l'évaluation du risque dans un concept plus général de politique environnementale.

Schäfer, R.B., Liess, M., Altenburger, R., Filser, J., Hollert, H., Ross-Nickoll, M., Schäffer, A., Scheringer, M., (2019) Future pesticide risk assessment: narrowing the gap between intention and reality. *Env. Sci. Eur.* 31:21

## L'agriculture plus dangereuse que les eaux usées pour les organismes aquatiques

Une nouvelle étude montre que les émissions polluantes issues de l'agriculture affectent la diversité des espèces de macroinvertébrés vivant dans le milieu aquatique. Il apparaît ainsi que le nombre d'espèces sensibles dans les communautés est d'autant plus faible que l'agriculture est intensive. Par comparaison, l'influence des rejets d'effluent d'épuration se révèle beaucoup moins forte.

Burdon, F. J.; Munz, N. A.; Reyes, M.; Focks, A.; Joss, A.; Räsänen, K.; Altermatt, F.; Eggen, R. I. L.; Stamm, C. (2019) Agriculture versus wastewater pollution as drivers of macroinvertebrate community structure in streams, *Science of the Total Environment*, 659, 1256–1265

### Impressum

Editeur : Centre Ecotox

Eawag

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, Andri Bryner, Eawag (photo de couverture); Esther Michel (p. 3); Adobe Stock (p. 9, 11), Alain Herzog, EPFL (p. 10)

Parution : deux fois par an

Maquette, graphisme et mise en page : visu' AG identity, Bern

Impression : Mattenbach AG, Winterthur

Imprimé sur papier recyclé

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