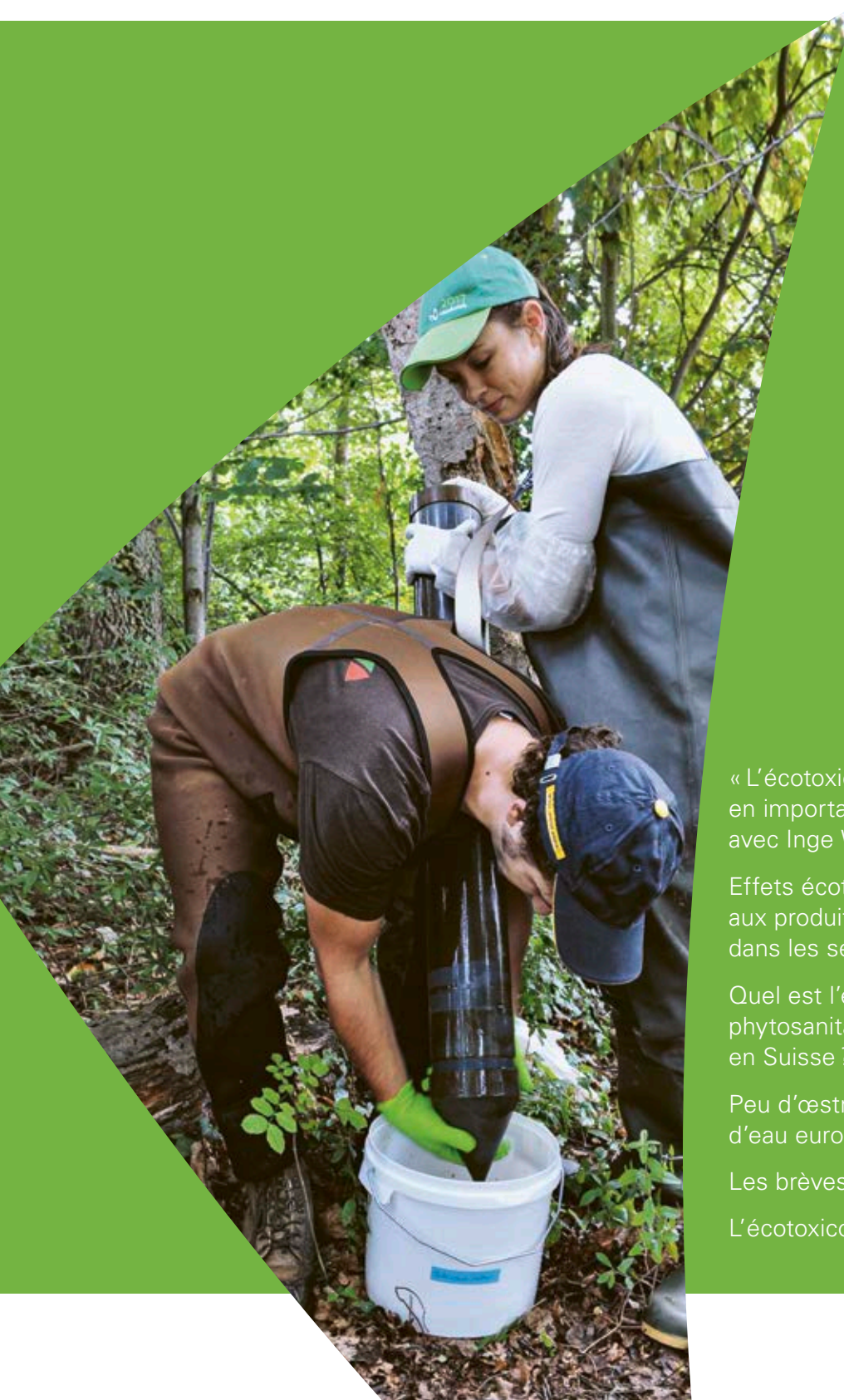


centre ecotox news

19. édition novembre 2019

Centre Suisse d'écotoxicologie appliquée



« L'écotoxicologie va encore gagner en importance » – un entretien avec Inge Werner 3

Effets écotoxicologiques dus aux produits phytosanitaires dans les sédiments 4

Quel est l'effet des produits phytosanitaires sur les poissons en Suisse ? 6

Peu d'œstrogènes dans les cours d'eau européens 8

Les brèves du Centre Ecotox 10

L'écotoxicologie dans le monde 12

Editorial

L'importance des sédiments et des sols



Dr. Benoît Ferrari,
directeur *ad interim* du Centre Ecotox

Comme vous le savez sans doute déjà, depuis le 1^{er} septembre, j'ai laissé de côté ma fonction de responsable de groupe «écotoxicologie des sols et des sédiments» pour me consacrer à la direction par intérim du Centre Ecotox. Je me rappelle en 2013 ma première conversation avec Inge Werner lors de mon recrutement au poste de responsable de groupe au Centre Ecotox. J'ai su très vite que cela serait très motivant de travailler sous la direction de cette scientifique accomplie. J'ai beaucoup appris au contact d'Inge au cours de ces six dernières années, scientifiquement grâce à ses connaissances pluridisciplinaires, mais également humainement. Je tiens donc à remercier Inge pour m'avoir fait confiance. Je la remercie également pour tout ce qu'elle a réalisé et que vous pourrez d'ailleurs découvrir dans ce numéro. Pour ma part, je continuerai à faire en sorte que le Centre Ecotox puisse assurer sa mission auprès des autorités fédérales et cantonales, à participer au développement des compétences du Centre Ecotox et à promouvoir l'importance des outils écotoxicologiques dans l'évaluation du risque des

substances chimiques et l'évaluation de la santé des écosystèmes.

Plusieurs problèmes environnementaux à long terme sont de nature à affecter les générations futures. Ils sont en partie le résultat de la pollution due à l'urbanisation et à l'industrialisation, mais également d'une adaptation de l'agriculture qui passe par l'utilisation de pesticides dans le but de protéger les cultures et d'augmenter la production alimentaire. La Suisse n'y échappe pas, et il est urgent de prendre des mesures pour diminuer les pressions chimiques sur l'environnement!

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 pesticides. En conséquence, un risque écotoxicologique élevé avait été identifié pour les organismes aquatiques. Le même constat avait été observé dans une nouvelle étude en 2017 qui a inclus plus de bioessais (voir numéro de Mai 2019). Cette étude avait été complétée par la réalisation d'analyses chimiques et écotoxicologiques sur les sédiments, et par l'étude approfondie des données d'impact potentiel sur la faune piscicole. Les résultats que vous pourrez découvrir dans ce numéro sont édifiants. Ils montrent d'une part que les valeurs seuils de toxicité pour les sédiments peuvent être dépassées pour certaines substances, et d'autre part que les bioessais réalisés sur les sédiments répondent à la contamination en pesticides tout au long de la période de

leur utilisation. Par ailleurs, l'analyse spécifique sur les données de poissons dans ces petits cours d'eau montrent que les effets des pesticides sur ceux-ci ne peuvent pas être exclus.

Le 6 septembre 2017, le Conseil fédéral a adopté le nouveau plan d'action visant à la réduction des risques et à l'utilisation durable des produits phytosanitaires. Les risques devront être divisés par deux et les alternatives à la protection phytosanitaire chimique seront encouragées. Il est donc important de pouvoir mesurer l'impact de ces améliorations futures dans les cours d'eau, notamment par un monitoring qui devra se faire aussi par une approche écotoxicologique intégrée sensible ciblant les différents compartiments aquatiques (eau, sédiment, biote). Je tiens également à rappeler ici que la question des pesticides ne se cantonne pas seulement au milieu aquatique. Le nouveau plan d'action prévoit également de s'intéresser aux sols. Alors sont-ils également sous stress ? Le développement d'un nouveau concept de monitoring des sols, auquel participe le Centre Ecotox, devrait pouvoir répondre à cette question. (www.centreecotox.ch/projets/ecotoxicologie-des-sols/).

Je vous souhaite une bonne lecture !



« L'écotoxicologie va encore gagner en importance » – un entretien avec Inge Werner

Après avoir dirigé le Centre Ecotox pendant de nombreuses années, Inge Werner a passé le flambeau à Benoît Ferrari le 1er septembre (voir dans les brèves). Dans un entretien, elle nous a confié ses réflexions sur le passé et l'avenir de l'écotoxicologie pratique en Suisse.

Quelles ont été les étapes décisives auxquelles le Centre Ecotox a apporté son concours ces neuf dernières années ?

L'une des plus importantes a certainement été l'introduction d'une 4^{ème} étape de traitement dans les STEP de grande taille et stratégiquement importantes du point écologique. Quand je suis arrivée en Suisse en 2010, les études sur le sujet battaient leur plein. Depuis quelques années, les produits phytosanitaires et leurs effets sur les cours d'eau occupent le devant de la scène. Nous avons participé aux trois études de NAWA SPEZ qui se sont intéressées de très près à cette question. Nous sommes également en tête de ligne dans la recherche d'une méthode d'évaluation de la qualité des sédiments et sommes très heureux que ce sujet soit vraiment pris au sérieux en Suisse. Actuellement, l'évaluation de la qualité du sol nous occupe particulièrement en raison de son importance pour le plan d'action sur les produits phytosanitaires.

Où en est l'évaluation de la qualité de l'eau à partir des biotests ?

Nous ne sommes malheureusement pas aussi avancés que nous aimerions l'être. La batterie de tests classique (algues, daphnies, poissons) est aujourd'hui insuffisante car les effets écotoxiques sont devenus plus subtils. Nous déplorons moins de mortalités de poissons mais assistons à une régression progressive des populations ou à une augmentation des maladies. Il est donc indispensable de disposer de bioessais *in vitro* sensibles pour reconnaître les effets des polluants. Nous avons fait de grands progrès dans la normalisation des biotests permettant de mesurer l'œstrogénicité d'un milieu et sa toxicité pour les poissons. Aujourd'hui, l'utilisation des bioessais est mieux acceptée par la profession pour vérifier la qualité des eaux usées traitées. De même, nous avons beaucoup progressé, ces 5 à 10 dernières années, dans le domaine de la surveillance de la qualité des eaux de surface. Nous avons bon espoir de pouvoir bientôt recommander une batterie de biotests efficace pour cet usage.

Et où en sont les biotests pour l'évaluation de la qualité du sédiment et du sol ?

Les sédiments et les sols sont des milieux très hétérogènes, ce qui complique l'utilisation des biotests. Un important travail de recherche est encore nécessaire à ce niveau. Mais nous utilisons déjà plusieurs bioessais spécifiques aux sédiments couvrant les

principaux groupes d'organismes de la communauté d'invertébrés benthiques. Nous travaillons par ailleurs à l'application au sédiment de tests *in vitro* éprouvés pour d'autres milieux. Dans le domaine du sol, nos connaissances sont plus limitées et nous devons repartir de zéro sur bien des aspects car, jusqu'à présent, l'écotoxicologie des sols a peu intéressé les autorités.

Quelles opportunités et quels challenges l'avenir réserve-t-il à l'écotoxicologie ?

Je pense que l'écotoxicologie gagnera encore en importance car notre société a de plus en plus conscience de l'importance, pour nous autres êtres humains, de disposer et de profiter d'un environnement intact. Malheureusement, cette discipline est à la traîne dans beaucoup de pays, aussi bien au niveau de l'enseignement universitaire que des soutiens financiers à la recherche. Beaucoup de questions restent à traiter. Je vois des besoins importants dans l'évaluation du risque, les données de toxicité sont insuffisantes pour beaucoup d'espèces et nous avons besoin de meilleurs modèles pour éviter, à la base, que les substances dangereuses ne soient libérées dans l'environnement. En fait, nous devons créer une nouvelle discipline scientifique : l'écotoxicologie forensique. Les autorités observent souvent des dommages dans l'environnement – des animaux malades ou morts, par exemple – et doivent en identifier les causes pour pouvoir prendre des mesures adéquates. En général, nous ne pouvons pas faire grand-chose, les analyses de laboratoire ne peuvent plus rien détecter. Mais en suivant des biomarqueurs dans les organismes survivants ou dans des échantillons de tissus frais, nous pouvons trouver des indications sur la nature de la perturbation. Mais plus généralement, nous devons absolument augmenter notre connaissance des effets des polluants sur les espèces indigènes.

Comment vois-tu ton avenir personnel ?

Je me réjouis d'avoir bientôt plus de temps pour mes loisirs, pour mes amis et ma famille. Mais j'aimerais aussi continuer à mettre mon expérience professionnelle au service de causes utiles. Il me tient particulièrement à cœur de contribuer à une formation initiale et continue de qualité dans le domaine de l'écotoxicologie. Je ne sais pas encore sous quelle forme cela se fera. On verra bien.



Effets écotoxicologiques dus aux produits phytosanitaires dans les sédiments

Les produits phytosanitaires présents dans les sédiments des ruisseaux ont un impact sur les organismes qui y vivent. Un monitoring effectué dans cinq ruisseaux de régions agricoles a révélé que les microcrustacés étaient le plus touchés. Les concentrations de plusieurs insecticides, dont le chlorpyrifos et divers pyréthrinoïdes, dépassaient les seuils d'effets toxiques.

Comme l'ont montré les études NAWA SPEZ de 2015 et 2017 en Suisse, les produits phytosanitaires (PPh) constituent un risque écotoxicologique pour les petits cours d'eau des régions agricoles. Les concentrations de PPh dépassaient les critères de qualité environnementale sur une très grande partie de la période d'étude. Si leurs propriétés physicochimiques leur permettent (faible hydro-solubilité, forte capacité d'adsorption), les PPh peuvent se lier au sédiment. Or celui-ci abrite une faune qui peut s'en trouver affectée. Jusqu'à présent, on disposait de peu de connaissances sur les concentrations de PPh dans les sédiments en Suisse et sur leurs effets toxiques.

Parallèlement à NAWA SPEZ 2017, le Centre Ecotox a donc procédé à une évaluation des sédiments dans les cinq ruisseaux de l'étude : le Chrümmlisbach (BE), le Weierbach (BL), le Bainoz (FR), le Hoobach (SH) et l'Eschelisbach (TG). Des prélèvements ont été effectués une fois par mois de mars à octobre. L'étude a été menée en partenariat avec l'Eawag et l'université de Cadix. Les scientifiques ont ciblé 97 composés dans les échantillons de sédiment qu'ils ont quantifiés par analyse chimique, notamment des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), des polychlorobiphényles (PCB), des métaux et sept PPh qui avaient été recherchés en priorité en raison de leur forte capacité d'adsorption. Les effets toxiques des échantillons de sédiment ont été évalués à l'aide d'une batterie de trois biotests standardisés mettant en œuvre des organismes présentant différents modes de vie et formes d'alimentation : des ostracodes, des larves de chironomes et des nématodes.

Des effets toxiques sur les organismes du sédiment mesurés dans les biotests

« Nous avons eu la surprise de constater que, sur tous les sites, plusieurs échantillons de sédiment étaient toxiques pour au moins une des espèces exposées dans les tests. Les ostracodes se sont révélés être les plus sensibles », relate Carmen Casado-Martinez. Dans l'ensemble, les sédiments de l'Eschelisbach et du Weierbach étaient plus toxiques que ceux du Hoobach, du Bainoz et du Chrümmlisbach. Les sédiments de l'Eschelisbach étaient toxiques pour les ostracodes pendant presque toute la période d'étude ; ceux du Chrümmlisbach et du Weierbach l'étaient pen-

dant 4 des 7 mois et ceux du Bainoz et du Hoobach pendant au moins un mois. Des effets sur les chironomes ont été observés dans tous les sites à l'exception du Chrümmlisbach, alors que des effets sur les nématodes ont été constatés dans le Weierbach et le Hoobach.

À quoi ces effets étaient-ils dus ? « Sur tous les sites, les concentrations de PCB pouvaient être considérées comme non critiques pour les invertébrés, indique Carmen Casado-Martinez. Les teneurs de HAP et de métaux étaient un peu plus élevées, mais encore relativement faibles. Il est donc peu probable que ces composés aient contribué de façon notable à la toxicité mesurée. » Restaient donc les produits phytosanitaires dont les suivants ont été analysés : le DDD et le DDE, deux métabolites persistants du DDT, le chlorpyrifos, un insecticide organophosphoré, la terbutylazine, un fongicide, et enfin la cyperméthrine, la perméthrine et la bifenthrine, trois insecticides pyréthrinoïdes. Parmi ces PPh, le chlorpyrifos, connu pour sa toxicité particulièrement élevée pour les poissons et les invertébrés, était présent aux concentrations les plus fortes – jusqu'à 156 ng/g de sédiment. Les teneurs maximales mesurées dans l'Eschelisbach, le Hoobach et le Bainoz étaient environ dix fois plus élevées que le seuil de 4,1 ng/g, à partir duquel des effets chroniques sont probables (voir encart).

Les concentrations de PPh dans les sédiments dépassent les seuils d'effets toxiques

Outre le chlorpyrifos, la cyperméthrine était, elle aussi, souvent présente à des concentrations supérieures au seuil d'effets chroniques de 0,49 ng/g déterminé pour ce pyréthrinoïde particulièrement nocif pour les invertébrés. La perméthrine et la bifenthrine ont également été détectées dans les sédiments, mais à des teneurs toujours inférieures à leur seuil. Des dépassements du seuil d'effets chroniques ont été observés au moins une fois sur chaque site, généralement pour le chlorpyrifos et/ou la cyperméthrine. En prenant en compte les effets cocktail, les sédiments pouvaient être qualifiés de potentiellement toxiques sur tous les sites pendant la quasi totalité de la période étudiée. Le Hoobach, l'Eschelisbach et le Weierbach présentaient la plus forte toxicité potentielle due au



mélange de polluants. Venaient ensuite le Bainoz et le Chrümmlisbach. Les résultats de l'évaluation de la qualité du sédiment basée sur les analyses chimiques étaient en corrélation avec ceux des bioessais pour 65 % des échantillons.

Les PPh analysés n'expliquent qu'une partie de la toxicité

Les concentrations les plus élevées de chlorpyrifos étaient responsables de plus de 85 % de la toxicité potentielle du mélange dans l'Eschelisbach, le Hoobach et le Bainoz. Cependant, aucune relation directe entre les concentrations de chlorpyrifos mesurées dans le sédiment et la toxicité observée dans les bioessais n'a pu être mise en évidence. Les pyréthriinoïdes – la bifenthrine, la perméthrine et la cyperméthrine – contribuaient également à la toxicité globale sur tous les sites. Au Weierbach, la toxicité du mélange était dominée par celle de la cyperméthrine. « La toxicité que nous avons mesurée dans les biotests ne s'explique pas entièrement par la présence des quelques PPh analysés », commente Carmen Casado-Martinez. Cela est certainement dû à la présence d'autres substances chimiques potentiellement toxiques qui n'ont pas été prises en compte dans l'évaluation. Ainsi les échantillons d'eau analysés dans le projet NAWA SPEZ contenaient du fipronil, du spinosad et de la λ -cyhalothrine, des PPh potentiellement toxiques qui peuvent s'accumuler dans les sédiments.

Il n'existe à ce jour pas encore de méthode uniformisée pour l'évaluation de la qualité des sédiments. Le Centre Ecotox travaille depuis plusieurs années à l'élaboration d'une telle approche. « Dans cette optique, nous déterminons des critères de qualité pour les sédiments en utilisant la méthode de l'Union européenne et en appliquant des facteurs d'extrapolation », explique Carmen Casado-Martinez. Ces facteurs d'extrapolation sont appliqués à titre de précaution afin de protéger toutes les espèces d'un écosystème et de prendre en compte les incertitudes. Les seuils d'effets toxiques utilisés dans la présente étude ne sont pas assortis de tels facteurs et sont donc moins protecteurs que les critères de qualité environnementale. « Si les données étaient évaluées à l'aune des critères de qualité, un risque significatif serait probablement détecté dans la totalité des échantillons », suppose Carmen Casado-Martinez.

Seuils relatifs aux PPh disponibles pour les sédiments

Cette étude s'est basée sur des seuils tirés de la littérature scientifique. Ils ont été déterminés selon différentes approches et données en fonction du groupe de composés chimiques concerné. Concernant **les métaux, les HAP, les PCB et les métabolites du DDT** (DDD et DDE), des données sur la composition de la communauté d'invertébrés et les résultats de bioessais ont été utilisées. Étant donné que les données sur les **PPh** étaient trop rares, les seuils de toxicité n'ont été déterminés que sur la base de tests de toxicité aiguë ou chronique effectués avec des insectes et des crustacés. Dans les deux méthodes, aucun facteur d'extrapolation permettant de prendre en compte les incertitudes n'a été utilisé. Une concentration inférieure au seuil d'effets chroniques indique donc qu'il est peu probable qu'une toxicité émane du composé pour les invertébrés dans le sédiment. À l'inverse, une concentration supérieure au seuil d'effets aigus indique une toxicité probable. Pour évaluer les effets des mélanges de composés, les concentrations des différents PPh mesurées sont divisées par leur seuil d'effets chroniques respectif et la somme de ces quotients est calculée. Ces quotients peuvent servir à identifier les substances qui contribuent à la toxicité mesurée dans les bioessais.

Plus d'informations:

Casado-Martinez, M.C., Schneeweiss, A., Thiemann, C., Dubois, N., Pintado-Herrera, M., Lara-Martin, P.A., Ferrari, B.J.D., Werner, I. (2019) Effets écotoxicologiques dans les sédiments des petits cours d'eau. *Aqua & Gas* 12

Contact:

Carmen Casado-Martinez carmen.casado@centreecotox.ch



Quel est l'effet des produits phytosanitaires sur les poissons en Suisse ?

Les produits phytosanitaires détectés dans les cours d'eau suisses constituent un risque pour les poissons qui y vivent. Les concentrations mesurées sont susceptibles de leur causer des dommages, principalement à travers des effets indirects et sublétaux.

La faune piscicole suisse a fortement régressé au cours des dernières décennies. De nombreux facteurs sont en cause, dont notamment la perte d'habitats naturels, le réchauffement climatique et la pollution des eaux par les perturbateurs endocriniens, les produits phytosanitaires (PPh) et les biocides. Afin d'évaluer la contrainte que représentent les PPh pour les poissons, le Centre Ecotox a analysé les risques et les effets potentiels qui les concernent spécifiquement. Cette étude a été menée en partenariat avec l'Office fédéral de l'environnement, l'Université de Berne et l'Institut de recherche de l'agriculture biologique.

Les campagnes de NAWA SPEZ menées en 2012, 2015 et 2017 ont montré que les PPh présents dans les cours d'eau suisses représentaient un risque pour les organismes aquatiques. À partir des données récoltées, le Centre Ecotox a évalué le risque spécifique pour les poissons et identifié les PPh les plus problématiques. « Nous avons déterminé des seuils de risque spécifiques aux poissons en ne prenant en compte que les données de toxicité qui les concernent, explique Inge Werner. Nous avons ainsi évalué les risques aigus et chroniques et considéré le risque dû au cocktail de substances » (voir encart pour la méthode exacte).

Des risques dus aux mélanges de PPh pendant les trois années étudiées

Les résultats sont frappants : ils montrent que les PPh font courir un risque aussi bien aigu que chronique aux poissons. Trois composés étaient déjà particulièrement préoccupants à titre individuel : un insecticide de la famille des pyréthrinoïdes, la λ -cyhalothrine, et deux fongicides, la carbendazime et le fenpropimorphe. En 2017, la λ -cyhalothrine a généré un risque aussi bien aigu que chronique. Cette année-là un risque était également identifié pour la carbendazime (aigu) et pour le fenpropimorphe (chronique). Si l'on considère le cocktail des PPh présents, les concentrations étaient dans un domaine de risque aigu dans deux des cinq ruisseaux étudiés en 2017. Un risque chronique dû au mélange de substances a été identifié en 2012 sur deux des sites et en 2015 et 2017 sur un des cinq sites. Pendant les trois années étudiées, le risque encouru par les poissons suite à l'exposition au cocktail de produits phytosanitaires était maximal dans la deuxième quinzaine d'avril.

Quels sont les PPh les plus problématiques ?

Les scientifiques ont classé les PPh en fonction de leur contribution au risque de toxicité (voir tableau). Les plus impliqués étaient 5 insecticides, 4 herbicides et 9 fongicides. Huit PPh étaient problématiques dans plusieurs années de l'étude. Les pyréthrinoïdes comme la cyperméthrine et la λ -cyhalothrine n'ont été analysés qu'en 2017 sur l'un des sites. Ils sont particulièrement toxiques pour les poissons.

Liste des PPh les plus problématiques pour les poissons dans les eaux suisses

Groupe de PPh	PPh problématiques en Suisse pour les poissons	Problématiques pendant l'année	SEXP ¹ aiguë (A) / chronique (C)
Insecticides	Chlorpyrifos	2015, 2017	A, C
	Chlorpyrifos-méthyl	2015	A
	Diazinon	2012, 2015	C
	λ -cyhalothrine	2017	A, C
	Cyperméthrine	2017	C
Herbicides	Diuron	2015	C
	S-métolachlore	2012, 2015	C
	Linuron	2012, 2015	C
	Pendiméthaline	2017	C
Fongicides	Azoxystrobine	2017	C
	Carbendazime	2015, 2017	A, C
	Epoxiconazole	2012, 2015, 2017	C
	Fenpropimorphe	2012, 2017	C
	Fluazinam	2017	C
	Fluopyram	2015, 2017	C
	Flusilazole	2017	C
	Pyraclostrobine	2012	C
	Spiroxamine	2015	C

Légende: ¹-scénario d'exposition



Les PPh provoquent des effets indirects et sublétaux

Le risque déterminé signifie-t-il que les populations de poissons subissent réellement des dommages face aux PPh ? Pour répondre à cette question, les scientifiques ont effectué des recherches dans la littérature. « Il n'existe malheureusement pas de données de toxicité pour la plupart des espèces de poissons indigènes. Mais certains résultats indiquent que les salmonidés sont particulièrement sensibles aux polluants. De même, les premiers stades de développement, et en particulier larvaires, sont très sensibles. La méthode classique d'évaluation du risque ne prend par ailleurs en compte que les effets ayant une répercussion directe sur la population, comme la mortalité ou la baisse de fertilité, indique Inge Werner. Pourtant, de nombreux effets sublétaux sont également mesurables au niveau cellulaire, au niveau du métabolisme ou au niveau des individus. Dans certaines conditions, de tels effets peuvent également avoir un impact au niveau de la population. » Les effets sublétaux se manifestent généralement à des concentrations très faibles, bien inférieures à celles pouvant entraîner directement la mort. En complément, les PPh peuvent également avoir un impact indirect sur les populations en affectant les invertébrés dont se nourrissent les poissons.

Des effets sublétaux sur les poissons sont très probables

« Nous avons comparé les concentrations effectrices citées dans la littérature avec les teneurs mesurées dans les ruisseaux suisses », explique Inge Werner. Au laboratoire, des effets sublétaux peuvent déjà apparaître à des concentrations pouvant être rencontrées dans l'environnement. Ainsi, certains des insecticides, herbicides et fongicides prioritaires affectent le développement précoce, la croissance, la reproduction, l'olfaction et le comportement des poissons de même qu'ils provoquent des altérations histologiques – et ce, alors que les sujets ne sont exposés qu'à des substances individuelles. Or, dans les cours d'eau réels, les PPh sont présents sous la forme de mélanges complexes ; la survenue de tels effets y est donc encore plus probable. Qui plus est, certains facteurs de stress tels que les températures élevées, les pathogènes ou les parasites, peuvent renforcer l'action des PPh.

Évaluation du risque spécifique aux poissons émanant des produits phytosanitaires

	Exposition aiguë	Exposition chronique
PNEC	$PNEC_{i,poissons,aiguë} = \frac{CL_{50,i}}{10}$	$PNEC_{i,poissons,chronique} = \frac{NOEC_i}{10}$
Risque dû à une substance individuelle	$QR_{i,aiguë} = \frac{MEC_{i,aiguë}}{PNEC_{i,poissons,aiguë}}$	$QR_{i,chronique} = \frac{MEC_{i,chronique}}{PNEC_{i,poissons,chronique}}$
Risque dû au mélange	$QR_{mix,aiguë} = \sum_i^n QR_{i,aiguë}$	$QR_{mix,chronique} = \sum_i^n QR_{i,chronique}$

Pour déterminer le risque émanant d'un PPh donné pour les poissons, la concentration mesurée dans l'environnement (MEC) est comparée à la concentration sans effet prévisible sur ces derniers (PNEC_{poissons}). Le rapport entre la MEC et la PNEC est appelé quotient de risque (QR). Si la concentration environnementale est supérieure à la concentration sans effet, QR>1 : un risque existe alors et il ne peut être exclu que les poissons subissent des dommages. Des PNEC ont été déterminées pour chaque substance en conditions d'exposition aiguë et d'exposition chronique. La PNEC aiguë a été calculée en divisant par un facteur d'extrapolation de 10 la concentration provoquant la mort de 50% des individus (CL₅₀). La PNEC chronique a été obtenue à partir de données de toxicité relatives à des effets sublétaux. La concentration la plus élevée pour laquelle aucun effet n'est observé (NOEC) est alors divisée par un facteur 10. Pour calculer le risque dû au mélange de PPh, le principe d'additivité a été appliqué en faisant la somme des QR des substances individuelles quantifiées.

Plus d'informations:

Schneeweiss, A., Segner, H., Junghans, M., Stadtlander, T., Werner, I. (2019) Ökotoxikologische Risiken Schweiz-relevanter Pflanzenschutzmittel für Fische. *Aqua & Gas* 11, 74–80
 Schneeweiss, A., Segner, H., Stadtlander, T., Werner, I. (2019) Ökotoxikologische Wirkungen Schweiz-relevanter Pflanzenschutzmittel für Fische. *Aqua & Gas* 11, 82–91

Contact:

Inge Werner inge.werner@oekotoxzentrum.ch



Peu d'œstrogènes dans les cours d'eau européens

Selon des études menées avec des bioessais, l'eau de la plupart des fleuves et rivières européens ne contient pas de substances œstrogéniques à des concentrations jugées critiques. La Suisse a, elle aussi, participé à cette vaste opération de surveillance environnementale lancée par le Centre Ecotox.

Les substances œstrogéniques qui, comme les autres perturbateurs endocriniens, interfèrent avec le système hormonal des animaux et des humains, défrayent la chronique depuis 25 ans : dans les années 1990, les scientifiques ont observé qu'elles pouvaient causer une féminisation des poissons, ce qui altère la capacité des populations à se reproduire. Le Centre Ecotox vient maintenant de coordonner un vaste projet de surveillance environnementale pour faire le point sur la pollution des eaux européennes par les œstrogènes. « Nous voulions par ailleurs promouvoir l'utilisation des biotests pour la détection des substances », indique Eszter Simon, la responsable du projet. Les scientifiques se sont concentrés sur trois œstrogènes : l'hormone naturelle 17β -œstradiol, son métabolite l'estrone et l'hormone synthétique 17α -éthynylestradiol.

Le défi : des substances actives à très faible concentration

Les œstrogènes étudiés sont extrêmement puissants : par exemple, le 17α -éthynylestradiol, l'hormone de synthèse de la pilule contraceptive, a déjà un impact sur les organismes aquatiques à une concentration de moins d'1ng/l. Les techniques actuelles d'analyse des traces ne permettent généralement pas d'appréhender les concentrations extrêmement faibles à partir desquelles les substances sont actives. Qui plus est, l'effet de cocktails de substances est difficile à évaluer à partir de l'analyse des composés individuels. Or le milieu naturel abrite de nombreux œstrogènes naturels et synthétiques dont les effets s'ajoutent.

Les bioessais offrent une alternative intéressante. Ceux basés sur des cellules génétiquement modifiées permettent de mesurer de façon spécifique et sensible l'activité globale des œstrogènes connus et inconnus contenus dans un échantillon. Le Centre Ecotox a déjà utilisé des tests sur cellules humaines ou sur levures (test YES = Yeast Estrogen Screen) dans de nombreux projets. En mai 2018, deux variantes du test YES et un test sur lignées cellulaires humaines ont été certifiés ISO ; ils peuvent donc désormais être utilisés sans entrave pour la détection des œstrogènes dans les milieux aquatiques et les eaux usées. Le Centre Ecotox s'est très fortement engagé dans ce processus de normalisation.

Une présence limitée aux lieux « sensibles » ?

L'Union européenne a placé le 17β -œstradiol, le 17α -éthynylestradiol et l'estrone sur sa liste de vigilance qui rassemble les substances potentiellement dangereuses à surveiller dans le milieu aquatique. Ces composés doivent donc être régulièrement dosés afin d'évaluer et réguler le risque qu'ils représentent pour l'environnement. Dans un précédent projet, le Centre Ecotox avait étudié, en 2015 et en 2016, de nombreux échantillons d'eau de rivière et d'eaux résiduelles dans des lieux « sensibles » en Europe, c'est-à-dire à des endroits où, d'expérience, les œstrogènes sont susceptibles d'être présents à forte concentration. Les scientifiques avaient identifié un risque écotoxicologique pour les organismes aquatiques dans près de la moitié des échantillons. « Nous voulions maintenant savoir

quelle était la situation dans les cours d'eau normaux », explique Eszter Simon.

Une vaste opération de surveillance dans 71 cours d'eau européens

Dans un projet consécutif, les chercheurs et chercheuses ont donc étudié des échantillons prélevés dans 71 cours d'eau répartis sur toute l'Europe : 14 États membres de l'UE et 4 cantons suisses ont participé à l'opération. Les échantillons de l'UE ont été prélevés sur des sites de surveillance sélectionnés pour la mise en œuvre de la directive-cadre sur l'eau. Les échantillons suisses provenaient des cantons de Zurich, de Berne, de St-Gall et de Thurgovie.

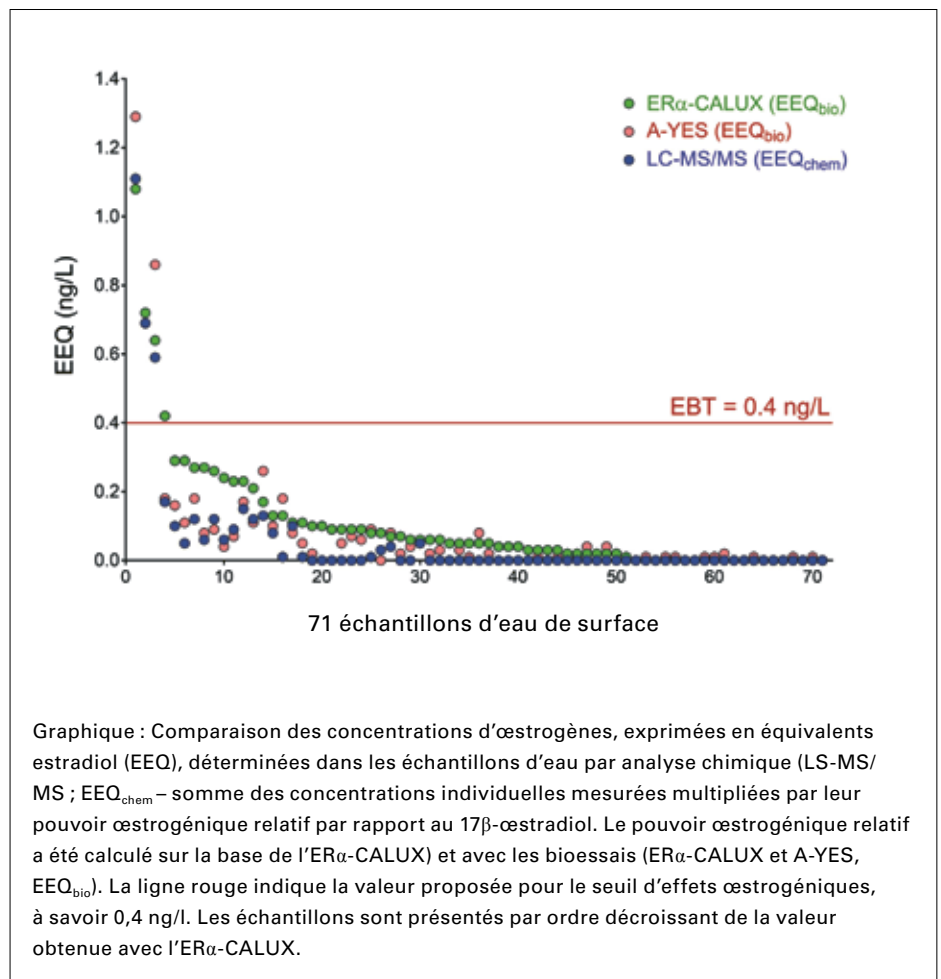
Les biotests utilisés étaient un test sur levures du commerce (A-YES) et un test sur lignée de cellules humaines (ER α -CALUX). Les deux tests sont certifiés ISO et sont basés sur le même principe d'une fixation des œstrogènes du milieu sur le récepteur humain des œstrogènes présent dans les cellules exposées. En parallèle, les œstrogènes ont été dosés dans tous les échantillons par chromatographie liquide haute résolution couplée à la spectrométrie de masse (LC-MS/MS). Dans ces analyses, l'œstrogène le plus puissant – l'hormone synthétique 17α -éthynylestradiol – n'a jamais été détecté à une concentration supérieure au seuil de quantification. Toutefois, trois échantillons présentaient des concentrations de 17β -œstradiol et/ou d'estrone supérieures à leur valeur limite écotoxicologique respective (0,4 ng/l et 3,6 ng/l). À partir de ces seuils, un risque d'effets nocifs sur les organismes ne peut être exclu.



Des concentrations d'œstrogènes extrêmement basses

Les concentrations d'œstrogènes mesurées dans les bioessais sont exprimées en équivalents estradiol (EEQ), soit les concentrations de 17 β -œstradiol qui auraient le même effet que le mélange inconnu. À quelques exceptions près, les résultats des biotests font également état d'une faible activité œstrogénique dans les échantillons. « La plupart des valeurs étaient tellement basses par rapport au seuil d'évaluation que le risque pour les cours d'eau pouvait être considéré comme négligeable », commente Eszter Simon. Dans 4 échantillons seulement sur 71, la concentration déterminée avec le test ER α -CALUX était supérieure au seuil de 0,4 ng/l d'EEQ proposé pour les effets œstrogéniques; et ce taux n'était que de 2 sur 71 avec le test A-YES. Ces résultats montrent que la grande majorité des cours d'eau ne présentent pas de concentrations d'œstrogènes susceptibles de menacer les organismes aquatiques selon les connaissances actuelles. Dans les échantillons prélevés en Suisse, aucune des techniques d'analyse utilisées n'a indiqué d'activité œstrogénique se situant dans un domaine critique. Toutes les concentrations étaient inférieures au seuil d'effets, la moitié étant même en dessous du seuil de détection.

« Nous avons été particulièrement satisfaits de la bonne concordance entre les analyses chimiques et les biotests », confie Eszter Simon. Les résultats des deux types de bioessais concordaient également. Les deux tests avaient une limite de détec-



tion plus faible que la technique d'analyse chimique. « Les bioessais se prêtent donc particulièrement bien au screening de l'activité œstrogénique des échantillons d'eau », conclut Eszter Simon. Pour une caractérisation plus détaillée des échantillons pré-

sentant alors un dépassement des seuils chimiques ou biologiques, il est tout indiqué de combiner analyse chimique et biotests.

Contact: Eszter Simon,
eszter.simon@oekotoxzentrum.ch

Les brèves du Centre Ecotox



Benoît Ferrari prend la direction par intérim du Centre Ecotox

Benoît Ferrari a pris la direction par intérim du Centre Ecotox le 1^{er} septembre 2019. Ce spécialiste de l'écotoxicité des sédiments dirigeait l'équipe sols et sédiments du Centre Ecotox à Lausanne depuis 2013. Après des études de biologie et de biochimie et un doctorat en écotoxicologie à l'université de Lorraine (Metz, F), il a rejoint le Cemagref de Lyon (aujourd'hui Irstea). Il a ensuite été maître-assistant à l'université de Genève où il a élaboré un programme de recherche intégrant des approches de laboratoire et de terrain combinant des outils géochimiques et écotoxicologiques. De retour en France, il a réintégré le Cemagref pour y évaluer la qualité des écosystèmes à l'aide, notamment, de systèmes de biosurveillance active.

Le domaine de recherche de Benoît est l'écotoxicité des sédiments. Au cours des dernières années, Benoît a contribué à la mise au point de systèmes innovants d'évaluation de la qualité des sédiments, comme le système E-board permettant d'exposer des larves de chironomes directement dans les rivières ou les lacs. Il a également contribué à promouvoir les approches ADNe pour le suivi de la qualité des sédiments et a aidé à l'élaboration d'un concept d'évaluation de la qualité des sols. « Je suis honoré d'assumer ce rôle par intérim pour assurer une transition en douceur. C'est un nouveau défi passionnant pour moi et j'espère qu'avec l'aide de tous mes collègues, je pourrai continuer le travail extraordinaire qu'Inge a fait en tant que directrice du Centre Ecotox ». Inge Werner continuera à travailler au Centre Ecotox avec une charge de travail de 40% jusqu'en août 2021 et attend avec impatience cette nouvelle phase de sa vie. « Cela me permettra de passer plus de temps avec mon mari, qui est retourné vivre en Californie il y a quelque temps, et de continuer à travailler avec ce groupe formidable de scientifiques du Centre Ecotox sur des sujets qui me tiennent à cœur. »



Cours de formation continue 2020

Les 16 et 17 juin 2020, le Centre Ecotox propose un cours sur **les microplastiques dans l'environnement**. Bien que des microparticules de plastique soient régulièrement détectées dans l'environnement, nous en savons peu sur leur impact sur les écosystèmes et la santé humaine. Ce cours propose un tour d'horizon sur les sources de microplastique, sur les méthodes de détection, sur l'état de la pollution et sur les effets des particules. Il présentera des approches d'évaluation du risque et fera le point des connaissances actuelles sur la dégradation et l'élimination des microplastiques dans les stations d'épuration. Il insistera tout particulièrement sur les concentrations mesurées en Suisse dans l'environnement et les risques potentiels pour l'homme et la nature.

Un cours sur **l'utilisation des biomarqueurs pour la mesure de l'influence des polluants sur les organismes aquatiques** aura lieu le 27 octobre 2020. Les biomarqueurs permettent de mesurer l'influence des polluants et d'autres facteurs de stress sur les organismes. Dans les programmes de surveillance, ils peuvent fournir des informations importantes pour émettre un diagnostic sur l'état de l'environnement. Le cours présentera les biomarqueurs actuellement disponibles et leurs possibilités d'utilisation et donnera un aperçu des évolutions futures possibles dans ce domaine.

www.centreecotox.ch/prestations-expert/formation-continue/



Deux nouvelles têtes au Centre Ecotox

Nadine Bramaz a rejoint le Centre Ecotox en mai 2019 en tant que laborantine. Avec Andrea Schifferli, elle est responsable de l'analyse biologique de l'eau et des eaux usées à l'aide de bioessais et de tests sur cultures cellulaires. C'est en quelque sorte un retour aux sources : de 2002 à 2019, elle a été laborantine de biologie au département de Toxicologie de l'environnement de l'Eawag où elle a contribué au développement d'une batterie de biotests pour les échantillons prélevés dans le milieu aquatique, que le Centre Ecotox a continué de développer à partir de 2009. Auparavant, cette technicienne de laboratoire en agrobiologie de formation avait travaillé chez Nestlé, chez Sulzer et à l'université de Zurich.

Rébecca Beauvais a intégré le Centre Ecotox en septembre 2019 en tant que collaboratrice scientifique dans le domaine de l'écotoxicologie des sédiments à Lausanne. Pour elle aussi, c'est un retour : de 2010 à 2012, elle avait en effet déjà travaillé au Centre en qualité d'assistante scientifique ; elle avait alors fait une enquête sur les méthodes employées pour évaluer la qualité des sédiments et élaboré un set de recommandations. Elle a ensuite rejoint l'université de Genève pour effectuer une thèse de doctorat sur la biodisponibilité du mercure, étudiée à l'aide de biomarqueurs dans les algues et les plantes aquatiques. Avant de rejoindre la Suisse, Rébecca avait fait des études de biologie à Montpellier et à St-Etienne (F).



Un tutoriel sur le test L-YES

Les substances à effets œstrogéniques présentes dans l'environnement interfèrent avec le métabolisme hormonal des organismes en imitant les œstrogènes naturels. Ils peuvent ainsi perturber le développement, la reproduction et la santé des êtres humains et des animaux. Dans l'année qui vient de s'écouler, trois bioessais ont été certifiés qui permettent une détection ultrasensible de ces substances. Parmi eux, un test d'œstrogénicité sur levures avec la lyticase (test L-YES) qui est régulièrement employé au Centre Ecotox. Ce test fait appel à des cellules de levure génétiquement modifiées dans lesquelles le gène du récepteur humain des œstrogènes a été couplé à un gène rapporteur. Une vidéo explique maintenant en détail comment effectuer ce test.

www.centreecotox.ch/news-publications/actualites/tutoriel-sur-le-test-L-YES



Biosurveillance en ligne des effluents de STEP

La surveillance en continu de la qualité des effluents d'épuration ouvre de nouvelles perspectives, pour le contrôle de l'ozonation ou des effluents industriels problématiques, par exemple. Les biomoniteurs se prêtent bien à une surveillance en ligne : ces outils quantitatifs utilisent des organismes en tant que capteurs de modifications de la qualité de l'eau. L'expérience acquise dans ce domaine ne permet pas encore de savoir si de tels systèmes, et lesquels, seraient adaptés au contexte des STEP. Un nouveau projet a été lancé pour évaluer les potentialités de 5 types de tests pour la biosurveillance en ligne. Les bioessais testés font appel à différents groupes d'organismes (algues, daphnies, gammarets et poissons) et ciblent les principales familles de polluants, dont les produits phytosanitaires et les insecticides. Le projet est réalisé en partenariat avec la Haute école spécialisée du Nord-ouest de la Suisse (FHNW)

Contact: Cornelia Kienle cornelia.kienle@oekotoxzentrum.ch



Mégots de cigarette : quel danger pour l'environnement ?

Plus d'une cigarette sur trois est jetée au sol une fois fumée. À l'échelle de la planète, de 340 à 680 millions de kilos de déchets du tabac sont ainsi émis chaque année dans l'environnement – et à plus ou moins longue échéance dans le milieu aquatique. Or les mégots de cigarette renferment de nombreuses substances nocives qui peuvent être très toxiques pour les organismes aquatiques. Le Centre Ecotox a élaboré une fiche d'information sur ces déchets en faisant la lumière sur les substances qu'ils contiennent, sur leur toxicité et sur leur comportement dans l'environnement.

<https://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.

Déclin dramatique des oiseaux en Amérique du Nord

Des scientifiques ont constaté que les États-Unis et le Canada comptaient aujourd'hui 3 milliards d'oiseaux de moins qu'en 1970, soit une chute de 29 %. Dans les prairies, cette perte atteint même 53 %. Ces chiffres sont comparables à ceux enregistrés dans les milieux agricoles européens. L'étude se base sur près de 50 ans de données les plus diverses, dont celles de cartographies de l'avifaune et du suivi radar des oiseaux migrateurs au niveau de 143 stations météo. L'examen de plus de 500 espèces révèle que même les oiseaux les plus courants comme le rouge-gorge ou le moineau ont fortement régressé. Plusieurs causes sont envisageables, notamment la perte d'habitats et l'utilisation massive des pesticides.

Rosenberg, K.V., Dokter, A.M., Blancher, P.J., Sauer, J.R., Smith, A.C., Smith, P.A., Stanton, J.C., Panjabi, A., Helft, L., Parr, M., Marra, P.P. (2019) Decline of the North American avifauna. *Science* 366, 120–124

Les oiseaux migrateurs menacés par les néonicotinoïdes

Lorsque les oiseaux migrateurs absorbent de petites quantités d'imidaclopride lors d'une de leurs haltes, ils perdent du poids et repartent avec un certain retard. Or ces deux faits ont des conséquences directes sur leurs chances de survie et leurs possibilités de se reproduire. C'est ce que montre une étude canadienne qui a évalué pour la première fois l'influence des néonicotinoïdes sur les oiseaux sauvages. Elle prouve que l'imidaclopride, insecticide interdit depuis 2018 en Europe pour les usages extérieurs, peut avoir un effet négatif sur les oiseaux migrateurs. Or ces derniers font souvent escale sur des terres agricoles lors de leur voyage.

Eng, M.L., Stutchbury, B.J.M., Morrissey, C.A. (2019) A neonicotinoid insecticide reduces fueling and delays migration in songbirds. *Science* 365, 1177–1180

Les mégots de cigarette inhibent la croissance des végétaux

La présence de filtres de cigarette dans le sol a un effet négatif sur la germination et la longueur des jeunes pousses de graminées et de trèfle. C'est ce qu'ont montré des essais effectués en mésocosme avec des quantités de filtres comparables à celles rencontrées dans les jardins publics. Les chercheurs ont constaté que les filtres de cigarettes non fumées avaient quasiment le même effet sur les végétaux que des filtres usagés. Ceci semble indiquer que leur nocivité se manifeste même sans les polluants qu'ils accumulent lors de la com-

bustion des cigarettes. Les filtres de cigarette sont constitués d'acétate de cellulose, une matière plastique difficilement biodégradable.

Green, D.S., Boots, B., Da Silva Carvalho, J., Starkey, T., (2019) Cigarette butts have adverse effects on initial growth of perennial ryegrass (gramineae: *Lolium perenne* L.) and white clover (leguminosae: *Trifolium repens* L.). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 182, 109418

Les amphibiens très sensibles aux substances œstrogéniques

Les grenouilles exposées à un mélange de benzopyrène et de triclosane à des concentrations comparables à celles mesurées dans la nature présentent des dysfonctionnements du métabolisme qui ont un impact sur la génération suivante. Les femelles exposées développaient une forme précoce de diabète et la génération suivante grandissait moins vite et fournissait moins de descendants. Cette étude confirme le fait que les batraciens réagissent de manière plus sensible aux substances à effets œstrogéniques que la plupart des autres animaux. La deuxième génération était en effet affectée alors qu'elle n'avait pas été exposée.

Usal, M., Regnault, C., Veyrenc, S., Couturier, K., Batandier, C., Bulteau, A.-L., Lejon, D., Combourieu, B., Lafond, T., Raveton, M., Reynaud, S. (2019) Concomitant exposure to benzo[a]pyrene and triclosan at environmentally relevant concentrations induces metabolic syndrome with multigenerational consequences in *Silurana (Xenopus) tropicalis*. *Science of The Total Environment*, 689, 149–159

Substances toxiques dans les particules de plastique

Dans une nouvelle étude, de nombreuses particules de plastique de la vie quotidienne ont été analysées pour déterminer leur composition et détecter la présence de substances toxiques éventuelles. La présence de composés ayant des effets toxiques dans les biotests a été attestée dans 73 % des échantillons étudiés, dont beaucoup émanaient d'emballages plastiques. L'étude montre que les matériaux plastiques renferment des substances qui se révèlent toxiques dans les biotests mais ne peuvent généralement pas être identifiées.

Zimmermann, L., Dierkes, G., Ternes, T.A., Volker, C., Wagner, M. (2019) Benchmarking the *in vitro* toxicity and chemical composition of plastic consumer products. *Environmental Science and Technology* 2019; 10.1021/acs.est.9b02293.

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: Anke Schäfer, Centre Ecotox

Traductions: Laurence Frauenlob-Puech, D-Waldkirch

Copyright: (cc) (i) Les textes et les photos non marqués autrement sont soumis à la licence Creative Commons « Attribution 4.0 International ». Ils peuvent être librement copiés, distribués et modifiés, à la condition de les attribuer à l'auteur en citant son nom. Plus d'informations sur la licence sur le site <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>.

Copyright des photos: Centre Ecotox, Andri Bryner, Eawag (p. 4), Andreas Hartl (p. 6, 7), Amt für Umwelt, Thurgau (S. 8), Aldo Todaro, Eawag (p. 9, 11), Adobe Stock (S. 11)

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

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