



centre ecotox news

24. édition mai 2022

Centre Suisse d'écotoxicologie appliquée



Monitoring des polluants dans
les sédiments suisses S. 3

Des biotests de meilleure
sensibilité sur couche mince
S. 6

Un nouveau grand projet
d'évaluation des risques liés
aux produits chimiques S. 8

Trop, c'est trop !



Dr. Benoît Ferrari,
directeur du Centre Ecotox

Connaissez-vous le concept des neuf limites planétaires ? C'est particulièrement intéressant et surtout scientifiquement utile pour faire le point sur l'état de dégradation de notre planète et son évolution. En 2009, une équipe internationale de chercheurs a identifié neuf limites planétaires à ne pas dépasser pour maintenir notre planète dans un état stable. Ces limites définissent un espace de fonctionnement sûr pour l'humanité depuis près de 10 000 ans. Elles comprennent le changement climatique, l'intégrité de la biosphère, les changements de l'utilisation des sols, l'utilisation de l'eau douce, les flux biogéochimiques (azote et phosphore), l'acidification des océans, la pollution atmosphérique par des aérosols, l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique, et bien sûr le rejet des « nouvelles entités », c'est-à-dire les produits chimiques synthétiques et autres nouveaux types de matériaux artificiels tels que les plastiques ou les organismes génétiquement modifiés, ainsi que les éléments d'origine naturelle (par exemple, les métaux) mobilisés par les activités anthropiques.

En 2022, les dernières estimations faites par les chercheurs ont révélé un triste tableau puisqu'ils ont constaté que l'activité humaine a enfreint au moins cinq limites planétaires sur les neuf, dont celle des « nouvelles entités ». Quelques chiffres sans

aller trop loin : La production de produits chimiques a été multipliée par 50 depuis 1950. Selon les prévisions, cette production devrait encore tripler d'ici 2050 en comparaison à 2010. À elle seule, la production de plastique a augmenté de 79 % entre 2000 et 2015. Il y a 350 000 produits chimiques synthétiques (ou mixtures de substances) sur le marché dans le monde, et seule une infime partie d'entre eux est évaluée en termes de toxicité. Peu de données existent sur leurs effets cumulatifs ou sur la façon dont ils se comportent dans un mélange. S'agissant de la pollution par les substances chimiques synthétiques, ce point est très important car les organismes vivants sont tous exposés à de faibles concentrations de milliers de substances tout au long de leur vie. Les chercheurs ont conclu que les tendances croissantes de la diversité, des volumes de production et des rejets dépassent la capacité des institutions de recherche et des autorités de régulations à évaluer, à surveiller et encore moins à gérer les « nouvelles entités ».

Des actions immédiates sont nécessaires pour nous ramener bien en deçà de la limite planétaire si nous voulons éviter des effets persistants et cumulatifs sur le long terme sur la biodiversité, les services écosystémiques et la santé humaine. Si nous voulons atténuer les dommages actuels et éviter les mauvaises surprises dans le futur, il faut pouvoir adopter une approche plus préventive et plus précautionneuse fondée sur l'évaluation des dangers et des

risques liés aux produits chimiques et aux déchets. Il faut pouvoir également organiser cela à l'échelle mondiale pour que cela marche. Il y a quelque temps, près de 2100 scientifiques et spécialistes de 90 pays ont réclamé la création d'un groupe d'experts scientifiques et politiques intergouvernemental indépendant en matière de produits chimiques, de déchets et de pollution, à l'instar du GIEC pour le climat ou de l'IPBES pour la biodiversité. L'Assemblée des Nations Unies pour l'Environnement (UNEA 5.2) a voté en Mars dernier dans ce sens, même si ce n'est qu'une première étape ! Un tel organe est indispensable pour faire face aux menaces mondiales que représente la pollution chimique. Saluons cette avancée !

Je vous laisse maintenant plonger dans ce nouveau numéro qui mettra en relief les différents aspects soulevés dans cet éditorial, notamment en matière d'outils d'évaluation des dangers et des risques. Excellente lecture !

Photo de couverture : Le Centre Ecotox a analysé pour la première fois de manière approfondie la qualité des sédiments de nombreux cours d'eau suisses – sur la photo, le Küntenerbach dans le canton d'Argovie (plus d'informations en p. 3).

Monitoring des polluants dans les sédiments suisses

Le Centre Ecotox a développé une stratégie d'évaluation de la qualité des sédiments qui se base sur la comparaison des concentrations de substances particulièrement préoccupantes mesurées individuellement avec des critères de qualité du sédiment nouvellement déterminés. Son application à l'étude de sédiments suisses donne une première idée de leur état actuel.

Ces dernières années, le Centre Ecotox a développé une stratégie d'évaluation de la qualité des sédiments tout d'abord mise au point pour la Suisse. Bien que le fond des lacs et rivières constitue l'habitat privilégié de nombreux organismes aquatiques et qu'il accumule de nombreux polluants, les sédiments sont trop peu pris en compte dans la surveillance de la qualité des eaux de surface. Le Centre Ecotox recommande de surveiller la qualité des sédiments à partir de 20 substances ou classes de polluants. Ces « sentinelles » regroupent des polluants classiques des sédiments comme des métaux, des polychlorobiphényles (PCB) et des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) mais également des composés plus émergents comme des pesticides, des médicaments ou des produits d'hygiène corporelle (voir Tableau). La liste de substances à surveiller peut être modifiée en fonction de la nature du milieu, des sources de pollution à proximité et des objectifs du suivi.

Trop peu de données sur la toxicité des sédiments

Le Centre Ecotox a déterminé des critères de qualité du sédiment (CQS) pour

les substances sélectionnées : ces valeurs indiquent à partir de quelle concentration des effets nocifs sur les organismes du sédiment ne peuvent être exclus. Ces CQS sont maintenant publiés sur le site du Centre Ecotox (www.centreecotox.ch/presentations-expert/criteres-de-qualite-environnementale/criteres-de-qualite-des-sediments). Les chercheuses se sont basées sur le document technique de l'UE pour la détermination de normes de qualité environnementale pour les eaux de surface qui préconise également une marche à suivre pour les sédiments. L'acuité de la méthode dépend cependant de la quantité de données de toxicité disponibles. « Pour presque la moitié des substances, on ne dispose pas de suffisamment de données de toxicité sur les organismes benthiques qui pourraient être utilisées pour la détermination des critères de qualité », souligne Carmen Casado-Martinez, qui dirige le projet. Tout d'abord, il manque de données issues d'essais avec des quantités connues de polluants ajoutées au sédiment. Ensuite, les études existantes sont souvent inutilisables car elles ne répondent pas aux critères imposés ou ne fournissent pas toutes les informations nécessaires.

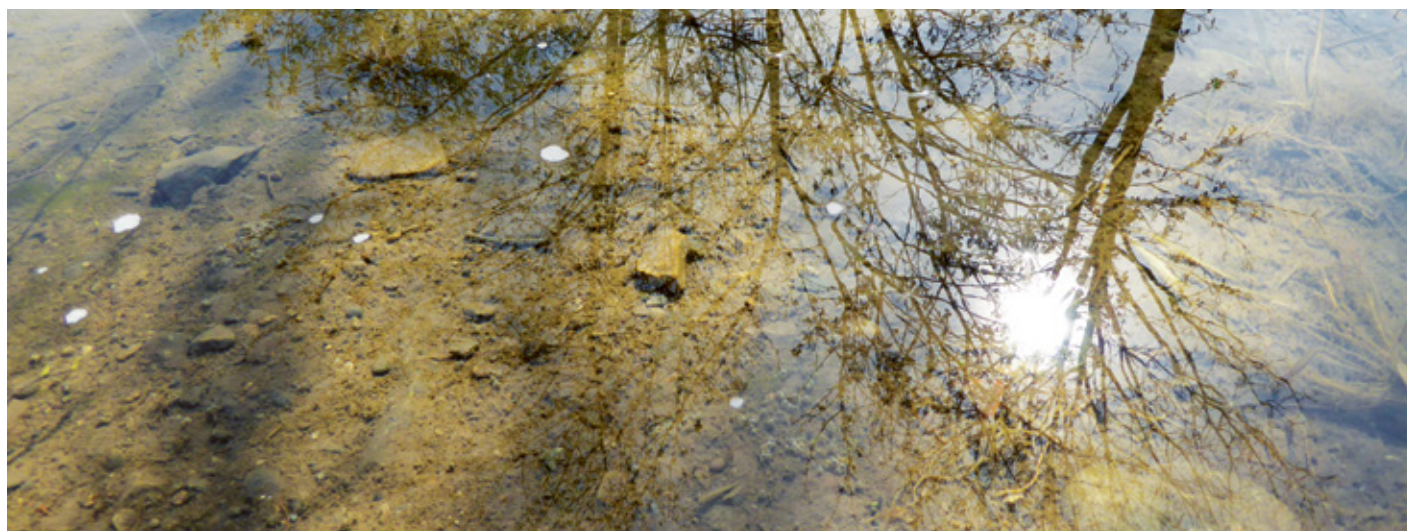
Dans ces cas-là, les CQS ont été calculés à partir des critères de qualité chronique (CQC) déterminés pour les eaux de surface et des coefficients de partage eau-sédiment correspondants ou ont été calculés avec de facteurs de sécurité élevés en raison du manque de données. Suite au fort niveau d'incertitude, ces CQS sont qualifiés de provisoires. La qualité du sédiment est déterminée selon

un système de cinq classes en comparant la concentration de polluant mesurée dans le sédiment avec le CQS correspondant, chaque classe signifiant un degré de dépassement du critère de qualité. Les CQS provisoires ne peuvent cependant être utilisés pour déterminer la classe de qualité. Pour valider la méthode, elle a été appliquée en 2018 à l'étude de 18 petits ruisseaux suisses exposés à différentes sources de pollution. Les résultats sont contrastés (voir Tableau).

Présence de PCB et de HAP dans les petits ruisseaux

La présence de **PCB** et de **HAP** a été régulièrement détectée dans les sédiments. Ces substances sont notamment celles qui dépassent le plus fréquemment les CQS. Étant donné que tous les **HAP** présentent quasiment le même mode d'action, un risque global peut être calculé pour ce groupe en faisant la somme des risques de toxicité individuels engendrés par les différents composés. En regard de ce risque dû au mélange, la qualité des sédiments a été jugée médiocre voire mauvaise sur plusieurs sites. Les **PCB** sont particulièrement préoccupants de par leur capacité à s'accumuler dans l'organisme et dans la chaîne alimentaire. « Les CQS déterminés pour les PCB sont malheureusement provisoires. Mais ils peuvent être utilisés pour hiérarchiser les sites particulièrement contaminés », indique Carmen Casado-Martinez.

Au total, quatre **éléments métalliques** ont été étudiés car faisant partie des contaminants classiques du sédiment : le cuivre, le



La pollution des sédiments joue un rôle décisif pour la qualité des eaux.

plomb, le mercure et le zinc. Les concentrations de plomb et de mercure n'atteignaient jamais les CQS. En revanche, celles de zinc et de cuivre étaient supérieures aux CQS dans plusieurs cours d'eau, la qualité du sédiment y étant alors jugée moyenne à mauvaise. « Ces résultats s'expliquent par le fait que les utilisations de plomb et de mercure ont été fortement limitées ces dernières décennies alors que le cuivre et le zinc se déversent encore dans les cours d'eau à partir d'une multitude de sources diverses et variées », commente Carmen Casado-Martinez.

Présence de composés perfluorés, d'antibiotiques et d'œstrogènes dans les sédiments

L'étude s'est également intéressée à des substances qui ne sont pas encore surveillées avec régularité dans les sédiments en Suisse. C'est par exemple le cas des composés perfluorés qui sont notamment utilisés dans les mousses extinctrices et certains revêtements. Le **PFOS** (perfluorooctane sulfonate), qui a été proposé comme indicateur de pollution aux composés perfluorés, a ainsi été régulièrement détecté sur les sites de mesure, de même que 12 autres composés perfluorés. Les concentrations de PFOS ne dépassaient cependant jamais le CQS dérivé pour protéger les invertébrés benthiques contre la toxicité directe.

L'étude livre par ailleurs des éléments qui indiquent qu'une certaine accumulation d'antibiotiques et d'œstrogènes se produit dans le sédiment. Le CQS (provisoire) de la **ciprofloxacine** (un antibiotique) n'a jamais été dépassé. Du côté des hormones, l'**éthinyloestradiol** n'a été détecté sur aucun des sites tandis que le **17-β-estradiol** l'était sur huit sites et l'estrone, qui est une hormone naturelle, sur tous les sites sauf un. Les CQS calculés pour les trois hormones à partir de leurs CQC pour l'eau sont inférieurs à la limite de détection de la technique d'analyse. Ils ont donc été dépassés dans tous les cours d'eau où elles ont été détectées.

Phtalates, PBDE et autres

Par ailleurs, des concentrations non négligeables de **phtalates** ont été mesurées sur de nombreux sites. Les phtalates sont des additifs principalement employés dans les plastiques. Bien que le CQS ne soit jamais dépassé pour le phtalate indicateur DEHP (di(2-éthylhexyl) phtalate), les phtalates doivent être surveillés en raison d'une possible toxicité cumulée.

Les polybromodiphényléthers (**PBDE**), qui sont employés comme agents ignifuges, ont été fréquemment détectés mais leur CQS, indiquant une limite de toxicité chronique, n'a été dépassé sur aucun des sites. Les substances ou classes de substances **tonalide**, **ocylphénols** et **nonylphénols** ont également été détectées à plusieurs reprises en dessous de leurs CQS. De même, l'**hexachlorobutadiène (HCB)**, un solvant halogéné figurant sur la liste des substances prioritaires de l'UE, était présent à des concentrations très inférieures au CQS.

Des CQS inférieurs aux limites de détection pour les pesticides

Quatre produits phytosanitaires ont également été recherchés : l'herbicide **diuron**, les insecticides **chlorpyrifos** et **cyperméthrine** et le fongicide **tébuconazole**. L'évaluation à partir de leurs concentrations n'a pas été possible sur de nombreux sites car les limites de quantification des techniques d'analyse étaient supérieures à leurs CQS. Les teneurs de chlorpyrifos dépassaient le CQS (provisoire) dans plusieurs ruisseaux et, dans certains cas, atteignaient même des niveaux qui s'étaient révélés toxiques pour les organismes du sédiment dans des essais de laboratoire. L'utilisation du chlorpyrifos est interdite depuis 2019 à quelques exceptions près. Les CQS du diuron et du tébuconazole n'ont, quant à eux, été dépassés que sur un seul site. L'analyse de la cyperméthrine n'a, de son côté, permis aucune évaluation car

les concentrations étaient systématiquement inférieures à la limite de détection.

Ces résultats donnent un premier aperçu de l'état des sédiments en Suisse et des substances devant être surveillées dans les campagnes de monitoring des sédiments. Pour certains composés, seuls des CQS provisoires ont pu être déterminés, et ces valeurs doivent donc être considérées avec prudence. Qui plus est, le dépassement d'un CQS ne signifie pas automatiquement que la communauté s'en trouve modifiée ou que la substance soit directement toxique. « Pour un même niveau de contamination du sédiment, la biodisponibilité des polluants peut fortement varier en fonction des conditions environnementales. Les CQS ne doivent donc être utilisés qu'à des fins de criblage et doivent impérativement être accompagnés d'informations complémentaires, avertit Carmen Casado-Martinez. Au Centre Ecotox, nous étudions déjà diverses méthodes complémentaires comme des biotests ou des analyses de communautés pour pouvoir émettre des recommandations à ce sujet. »

Pour en savoir plus: Casado, C., Wildi, M., Ferrari, Benoit J.D., Werner, I. 2021. Stratégie d'évaluation de la qualité des sédiments en Suisse. Etude réalisée sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement. www.centreecotox.ch/news-publications/rapports/

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



Les échantillons de sédiments sont analysés pour déterminer leur pollution et les concentrations obtenues sont comparées aux critères de qualité des sédiments.

Substances proposées pour le monitoring des sédiments

Substance	Catégorie / utilisation	Qualité du sédiment sur les sites contrôlés*
Cuivre	Métal	
Zinc	Métal	
Mercure	Métal, utilisation limitée	
Plomb	Métal	
HAP (16 indicateurs)	Hydrocarbures aromatiques polycycliques	 a
PCB (7 indicateurs)	Polychlorobiphényles	 **b
PBDE (8 indicateurs)	Agents ignifuges	
DEHP	Phtalates, plastifiant	
Nonylphénols	Tensio-actifs non ioniques présents dans de nombreux produits	
Octylphénols	Produits transitoires	
Tonalide	Musc de synthèse	
HCBD	Solvant	 **
PFOS	Nombreux produits: revêtements, mousses extinctrices, etc.	 **
Diuron	Herbicide	 **
Chlorpyrifos	Insecticide, restrictions d'utilisation depuis 2019	 **
Cyperméthrine	Insecticide	 **
Tébuconazole	Fongicide	
Ciprofloxacine	Antibiotique	 **
Ethinylestradiol, 17-bêta-Estradiol, Estron	Hormones	 **
Triclosane	Bactéricide, désinfectant	Aucunes données disponibles**

* Part de sites entrant dans la classe de qualité du sédiment suivante: bleu: très bonne, vert: bonne, jaune: moyenne, orange: médiocre, rouge: mauvaise, gris: pas d'évaluation car limite de détection supérieure au CQS

** Évaluation provisoire car CQS provisoire suite à un manque de données

a Seules les substances indicatrices avec un CQS définitif ont été prises en compte

b En rouge: proportion de sites sur lesquels le CQS était dépassé pour au moins deux PCB

Des biotests de meilleure sensibilité sur couche mince

Le Centre Ecotox a mis au point une nouvelle méthode qui permet de déterminer de manière très sensible la toxicité de mélanges de composition inconnue et de démasquer les composés qui en sont responsables. C'est très intéressant, non seulement pour la sécurité des aliments, mais aussi pour les analyses environnementales.

Les substances chimiques contenues dans les emballages peuvent se transférer dans les denrées alimentaires et nuire à la santé des consommateurs. Il est toutefois difficile de les surveiller : car, en effet, il peut aussi bien s'agir de composants du matériau l'emballage que de contaminants et de substances se formant lors de la fabrication ou du stockage des emballages. Certaines de ces substances peuvent être toxiques. Mais comment les isoler et les extraire ? Or, étant donné que les consommateurs doivent être protégés de toute substance toxique, il est primordial de surveiller les composés susceptibles de migrer dans la nourriture à partir des matériaux d'emballage.



Pour réaliser des biotests sur des plaques à couche mince, les organismes à tester sont pulvérisés sur les plaques.

Pour les substances chimiques entrant dans la composition des emballages alimentaires, une réglementation existe. Elles sont assorties d'une limite de migration qui correspond à la quantité de substance qu'il est acceptable de voir se transférer dans la nourriture. Ces substances sont toutes connues et peuvent donc être ciblées par des analyses spécifiques lors des contrôles sanitaires des denrées alimentaires. Il en va autrement des composés qui se retrouvent involontairement dans les emballages. Étant donné leur très grand nombre, il n'est pas réellement envisageable de les détecter par des analyses non ciblées et de les identifier ensuite. Une approche alternative est donc nécessaire, pour assurer la protection des consommateurs.

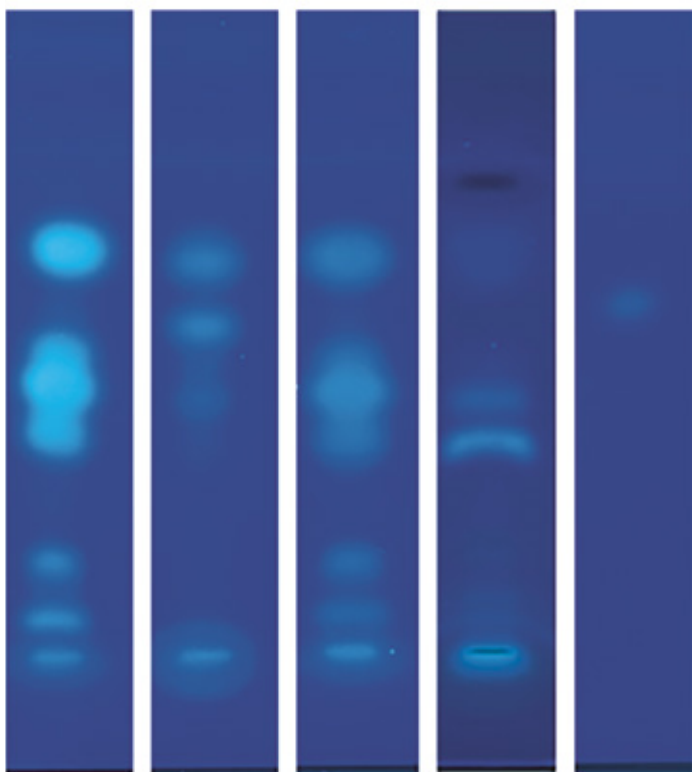
Les substances séparées en petits groupes pour mettre en évidence les toxiques inconnus

Alan Bergmann, post-doctorant au Centre Ecotox, a maintenant mis au point une méthode élégante combinant chromatographie sur couche mince haute performance (HPTLC = high performance thin-layer chromatography) et bioessais capables de détecter les substances toxiques par leur action biologique. « Cette approche permet de faire d'une pierre deux coups, explique Alan Bergmann. Les biotests permettent de détecter toutes les substances, même inconnues. Et la séparation du mélange en différentes fractions par la chromatographie donne la possibilité d'étudier plus en détail les fractions qui se révèlent toxiques. » Le projet a été financé par l'Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires.

Un échantillon du mélange complexe de substances est tout d'abord appliqué sur une plaque de chromatographie sur couche mince. La chromatographie en phase liquide le sépare ensuite en différentes fractions d'un petit nombre de composés en fonction de leur masse et de leur polarité. Pour détecter les fractions qui renferment des composés toxiques, des bioessais sont ensuite effectués directement sur la plaque. Selon la nature des biotests utilisés, différents groupes de substances sont ainsi détectés. La spectrométrie de masse haute résolution (HRMS/MS) permet ensuite d'identifier les substances toxiques de manière ciblée. « Cela devient possible parce que les fractions ne renferment plus autant de substances que le mélange initial, explique Alan Bergmann. Et contrairement à la chromatographie liquide haute performance classique (HPLC), qui aurait également pu être employée, l'HPTLC permet de fractionner plusieurs échantillons à la fois. » Cette méthode peut non seulement être utilisée dans le contrôle alimentaire mais aussi dans le domaine environnemental.

Génotoxicité, le plus grand danger

Parmi les contaminants des denrées alimentaires, les substances génotoxiques, qui causent des dommages à l'ADN, sont considérées comme les plus problématiques. Elles présentent la toxicité la plus élevée et constituent de ce fait le risque le plus important pour la santé humaine. C'est donc tout d'abord pour cette catégorie de substances qu'Alan Bergmann a adapté et évalué la nouvelle méthode. Pour mettre en évidence la génotoxicité, il utilise des bactéries génétiquement modifiées du genre *Salmonella* dont il détecte l'activation du système de réparation de l'ADN des cellules. « Nous commençons par séparer les substances de l'échantillon par chromatographie, explique Alan Bergmann. Ensuite, nous déterminons



La réalisation de biotests sur les plaques à couche mince permet d'identifier les bandes ayant un effet toxique.

la génotoxicité des bandes formées en vaporisant la solution de bactéries sur les plaques. » Si le gène *umuC*, qui est impliqué dans le système de réparation de l'ADN, est activé, le gène rapporteur auquel il a été couplé produit une enzyme qui provoque une réaction colorée. Les bandes toxiques deviennent alors visibles par fluorescence. Ce biotest est connu de longue date mais il est habituellement utilisé avec les plaques microtitres ; dans ce projet, il a été adapté aux plaques de chromatographie sur couche mince.

Une méthode très sensible de détection des composés génotoxiques

Alan Bergmann a tout d'abord testé la méthode avec des substances génotoxiques connues. Ces substances ont toutes pu être correctement détectées avec le nouveau test. En comparant les performances sur les différents types de plaques, il apparaît que la sensibilité est beaucoup plus forte sur couche mince (de deux ordres de grandeur environ). La méthode de détection est ainsi suffisamment sensible pour mettre en évidence les substances génotoxiques les plus dangereuses dans le domaine de concentration correspondant aux limites autorisées. « Pour les substances moins toxiques, la sensibilité ne suffit cependant pas encore, reconnaît Alan Bergmann. Il faudrait concentrer davantage les échantillons. »

Certains emballages en carton contiennent des substances génotoxiques

Pour évaluer l'intérêt du test dans la réalité pratique, Alan Bergmann a utilisé le test avec de véritables emballages alimentaires en carton mis à sa disposition par les services de contrôle des denrées alimentaires des cantons de Zurich et de Saint-Gall, parte-

naires du projet. Les emballages ont tout d'abord été traités avec des solvants pour en extraire les produits chimiques. Grâce au nouveau test combiné, Bergmann a pu détecter plusieurs substances génotoxiques dans les extraits. Dans l'un des échantillons, quatre bandes ont réagi au test de génotoxicité. « Les emballages contrôlés renfermaient donc bien des substances génotoxiques qui ont été détectées par notre test, commente Alan Bergmann. De plus amples études sont cependant nécessaires pour savoir si ces substances peuvent aussi migrer dans les denrées alimentaires à partir des emballages. »

Mais de quelles substances s'agit-il ? L'HPTLC préalable au biotest a permis de réduire de 98 % le nombre de composés dans les bandes par rapport au mélange initial. En effectuant la chromatographie de manière bidimensionnelle, c'est-à-dire dans une direction puis dans l'autre, le nombre par bande peut être ramené à 0,6 % du nombre initial. Il est alors beaucoup plus facile d'identifier par spectrométrie de masse les composés qui, dans le mélange complexe de composition inconnue, sont responsables de la toxicité observée. Bergmann y est déjà parvenu avec une des bandes des emballages : il a pu démontrer que le composé toxique était le CMIT, un produit biocide bien connu utilisé lors de la fabrication du carton.

Un système très flexible : d'autres classes de produits sont également détectables

Mais les substances génotoxiques ne sont pas les seules à pouvoir être dépistées grâce à l'association HPTLC/bioessais : Alan Bergmann a également déjà mis au point et testé la méthode pour les perturbateurs endocriniens (voir Centre Ecotox News n° 20). Il a alors recouru au test d'œstrogénicité avec des levures génétiquement modifiées (test YES = yeast estrogen screen). Pour les substances œstrogéniques comme pour les génotoxiques, la limite de détection avec le biotest était beaucoup plus basse sur couche mince que sur les plaques de microtitration classiques. Certains emballages alimentaires, comme les revêtements des boîtes de conserve, peuvent contenir des perturbateurs endocriniens. « Nous avons utilisé avec succès le test YES sur couche mince avec les emballages alimentaires, mais aussi avec des échantillons d'eau potable et d'eau de rivière », indique Alan Bergmann.

Il est prévu d'adapter encore d'autres bioessais à l'utilisation sur plaque de chromatographie sur couche mince. Les scientifiques s'attachent ainsi actuellement à mettre au point les biotests à bioluminescence bactérienne au Centre Ecotox pour mesurer la toxicité générale. L'adaptation d'un bioessai visant la neurotoxicité est également à l'ordre du jour. « Nous voulons, à l'avenir, renforcer l'utilisation de cette méthode dans l'étude des échantillons environnementaux », révèle Alan Bergmann. Il souhaite poursuivre la collaboration fructueuse avec les laboratoires cantonaux et l'industrie et transmettre son savoir-faire aux spécialistes intéressés.

Contact : Alan Bergmann alanjames.bergmann@oekotoxzentrum.ch

Un nouveau grand projet d'évaluation des risques liés aux produits chimiques

En partenariat avec d'autres laboratoires suisses et européens, le Centre Ecotox compare les résultats de l'évaluation prospective et rétrospective des risques liés aux pesticides et perfectionne les approches et concepts d'évaluation en conséquence. Les activités se concentrent par ailleurs sur l'évaluation des mélanges de polluants et le monitoring des perturbateurs endocriniens et composés perfluorés dans l'environnement.

Les effets négatifs des produits chimiques doivent impérativement être réduits : les responsables politiques en ont fait une priorité à l'échelle mondiale. Selon les Nations Unies, ce n'est qu'à cette condition que les objectifs de développement durable pourront être atteints. La réduction des effets des produits chimiques est également l'un des objectifs du 7e programme d'action pour l'environnement de l'UE et un élément essentiel du Pacte vert pour l'Europe par lequel la Commission européenne veut lutter contre le changement climatique et améliorer la qualité de l'environnement. Ce 1er mai, le projet d'évaluation du risque lié aux produits chimiques PARC (pour « Partnership for the Assessment of Risks from Chemicals ») a ainsi été lancé dans le cadre du programme de financement Horizon de l'UE. Doté d'un budget de 400 millions d'euros et rassemblant plus de 200 partenaires dans toute l'Europe, c'est l'un des plus grands projets de ce type au monde. Le Centre Ecotox participe à ce programme ambitieux.

Des méthodes innovantes d'analyse et d'évaluation des risques

Le projet PARC se veut une aide pour les organisations responsables de l'évaluation et de la gestion des risques liés aux produits chimiques au niveau de l'UE et de ses États membres. Il prévoit donc de développer et de perfectionner des méthodes pour identifier les nouveaux polluants dans les screenings non ciblés et les analyses de substances suspectées (*non-target and suspect screenings*) et pour pouvoir surveiller les mélanges de polluants. Dans le domaine de l'écotoxicologie, l'évaluation des mélanges, des perturbateurs endocriniens et de l'immunotoxicité doit être améliorée. Pour pouvoir faire face au nombre faramineux de produits chimiques en cause, les tests *in vitro* à haut débit, les omiques, les systèmes d'analyse à haut contenu (HCA) et les méthodes de toxicologie assistée par ordinateur seront développés.

Le projet table également sur l'innovation en matière de méthodes d'évaluation des risques. En Europe, l'enregistrement et l'évaluation des produits chimiques se basent actuellement sur différentes régle-

mentations : avec le Pacte vert, cette situation doit changer. Suivant la devise « un produit, une méthode », l'évaluation sera harmonisée et se fera selon les mêmes principes dans toutes les réglementations. Sur les sept ans à venir, le Centre Ecotox sera impliqué dans plusieurs modules du projet PARC.

Différentes valeurs limites pour un même composé

Le Centre Ecotox dirige ainsi avec l'Office fédéral de l'environnement une étude de cas sur l'analyse de l'évaluation du risque lié aux pesticides dans les différentes réglementations. La toxicité des pesticides (produits phytosanitaires et biocides) est déterminée aussi bien dans le cadre de la demande d'autorisation de mise en circulation (évaluation prospective du risque) que de la détermination de seuils environnementaux (évaluation rétrospective). Suivant son domaine d'application, chaque substance se voit ainsi assortie de deux à trois valeurs limites toxicologiques ayant toutes valeur légale mais qui diffèrent puisque les réglementations qui les imposent poursuivent des objectifs différents et s'appliquent dans différents domaines : la RAC (regulatory acceptable concentration ou concentration réglementaire acceptable) de la procédure d'homologation des produits phytosanitaires, la PNEC (predicted no effects concentration ou concentration sans effets prévisibles) de l'ordonnance sur les produits biocides et les EQS ou NQE (environmental quality standards ou normes de qualité environnementale) de la législation en matière d'environnement.

Dans un premier temps, les chercheuses analysent les propriétés et les similitudes des approches prospective et rétrospective d'évaluation du risque lié aux pesticides pour mettre en évidence les éventuelles limites et contradictions du système. Dans une deuxième phase, elles étudient les effets dans des ruisseaux de zone agricole dans lesquels des concentrations supérieures aux valeurs limites toxicologiques ont été mesurées. Les résultats doivent montrer comment les différentes valeurs limites doivent être employées et interprétées. Sur cette base, les chercheuses souhaitent formuler des propositions pour les législateurs dans les différents contextes juridiques leur indiquant comment ils peuvent coopérer au mieux et comment leurs approches peuvent être harmonisées.

Le Centre Ecotox participe d'autre part à différents projets sur l'évaluation et la gestion des mélanges de polluants, sur l'encouragement de la biodiversité et sur la surveillance des perturbateurs endocriniens et des composés perfluorés en Europe.

Contact: Marion Junghans marion.junghans@oekotoxzentrum.ch



De nombreux produits chimiques présentent des risques toxiques. Mais selon le cadre juridique, des valeurs limites différentes peuvent s'appliquer à un même produit chimique.

Les brèves du Centre Ecotox



Rapport d'expert : Stratégie d'évaluation de la qualité des sédiments en Suisse

Les sédiments jouent un rôle décisif pour la qualité des eaux. L'ordonnance sur la protection des eaux spécifie ainsi dans ses objectifs que les sédiments ne doivent pas contenir de substances de synthèse persistantes ni accumuler de substances ayant des effets nocifs sur les organismes vivants. Or, jusqu'à présent, les cantons ne disposent pas de méthode harmonisée leur permettant de surveiller la qualité des sédiments. Sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement, le Centre Ecotox a donc élaboré, en étroite collaboration avec les services cantonaux de la protection des eaux, le VSA et d'autres experts scientifiques, une proposition de méthode répondant à ces besoins pour la Suisse.

Le rapport d'expert publié récemment présente ainsi une stratégie robuste pour la surveillance et l'évaluation de la qualité des sédiments basée sur leur état chimique. La stratégie décrit des procédés de prélèvement et de prétraitement des échantillons en vue de leur analyse chimique, présente une liste de composés à surveiller pour le monitoring des sédiments, indique des critères de qualité du sédiment (CQS) pour ces polluants et propose un système d'appréciation en cinq classes, inspiré de celui du système modulaire gradué. Cette stratégie est conçue pour le travail de routine et s'appuie sur des méthodes déjà employées par les services cantonaux.

Casado, C., Wildi, M., Ferrari, Benoît J.D., Werner, I. 2021. Stratégie d'évaluation de la qualité des sédiments en Suisse. Étude élaborée sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement. Centre suisse d'écotoxicologie appliquée, Lausanne.
www.centreecotox.ch/news-publications/rapports/

Des critères de qualité du sédiment maintenant proposés sur notre site

Le Centre Ecotox recommande de surveiller 20 substances ou familles de polluants pour le monitoring des sédiments. La sélection comprend des contaminants classiques des sédiments comme certains métaux, les polychlorobiphényles (PCB) et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et des polluants plus nouveaux comme des pesticides (chlorpyrifos, cyperméthrine et tébuconazole, par exemple), des médicaments (la ciprofloxacine et divers œstrogènes, par exemple) ou des substances provenant des produits d'hygiène corporelle (triclosan et tonalide, par exemple). Le Centre Ecotox a déterminé des critères de qualité du sédiment (CQS) pour tous ces composés à surveiller en priorité en s'appuyant sur les données de toxicité disponibles. Ces critères de qualité indiquent à partir de quelle concentration des effets nocifs sur les organismes du sédiment ne peuvent être exclus. Les valeurs et les dossiers correspondants sont maintenant disponibles sur le site du Centre Ecotox. Les chercheuses qui ont participé à ce travail se sont basées sur le document technique de l'UE pour la détermination de normes de qualité environnementale pour les eaux de surface qui préconise également une marche à suivre pour les sédiments.

www.centreecotox.ch/prestations-expert/criteres-de-qualite-environnementale/criteres-de-qualite-des-sediments



Des risques écotoxicologiques considérables dus aux insecticides pyréthrinoides et organophosphorés

Entre mars et octobre 2019, les concentrations d'insecticides pyréthrinoides et organophosphorés ont été mesurées au niveau de 17 stations dans des petits ruisseaux suisses. Cette campagne a permis pour la première fois d'évaluer le niveau de pollution des eaux par ces pesticides à l'échelle de la Suisse. Les insecticides ont été détectés dans tous les cours d'eau du réseau NAWA (Observation nationale de la qualité des eaux de surface) étudiés. Bien que les concentrations mesurées aient été généralement faibles et inférieures à 1 ng/l, elles représentent un risque considérable pour les organismes aquatiques : les critères de qualité écotoxicologiques déterminés pour ces insecticides ont en effet été dépassés 248 fois au total. Les résultats montrent aussi que seuls sept pesticides sur la soixantaine régulièrement détectés sur les sites considérés sont responsables de plus de 60 % du risque global pour les organismes aquatiques.

Daouk, S., Doppler, T., Scheidegger, R., Kroll, A., Junghans, M., Moschet, C., Singer, H. (2022) Insecticides dans les eaux de surface. Quels risques représentent les insecticides pyréthrinoides et organophosphorés en Suisse? Aqua & Gas 102 (4), 58-66



De nouveaux talents au Centre Ecotox

Sibylle Maletz est venue renforcer l'équipe Biotests dans le domaine de l'écotoxicologie aquatique en janvier 2022. Ses travaux portent tout particulièrement sur la détection des perturbateurs endocriniens, c'est-à-dire des substances susceptibles d'interférer avec le système hormonal. Elle souhaite par ailleurs étendre le domaine d'utilisation des tests bien établis pour les eaux à l'étude d'extraits de sédiments et de matières en suspension. Après des études de biologie à la Ruprecht-Karls-Universität de Heidelberg (D), Sibylle a effectué une thèse à la RWTH d'Aix-la Chapelle sur l'emploi de divers bioessais pour la détection des perturbateurs endocriniens dans les eaux souterraines, les eaux superficielles et les eaux usées – déjà en collaboration avec le Centre Ecotox. Après sa thèse, Sibylle a enrichi son expérience en travaillant en tant que biologiste de la reproduction sur la reproduction assistée chez l'être humain. « Je suis très heureuse de revenir au domaine de l'environnement en intégrant le Centre Ecotox », confie-t-elle.

Gianna Ferrari travaille dans le groupe de l'évaluation des risques depuis avril 2022. Elle participe au développement d'une base de données sur les effets toxiques des substances chimiques sur les organismes dans l'environnement, qui doit être intégrée au réseau européen NORMAN (Network of reference laboratories for monitoring of emerging environmental pollutants). Pour Gianna, c'est un retour aux sources puisqu'elle revient à l'écotoxicologie et au Centre Ecotox où elle avait déjà effectué son stage professionnel en 2018 dans le cadre de ses études de sciences de l'environnement à l'ETH Zurich. Elle avait alors cherché à savoir si les critères de qualité environnementale déterminés pour les antibiotiques pouvaient prémunir contre l'émergence de l'antibiorésistance dans l'environnement. Elle avait ensuite effectué un travail de master à l'Institut de biologie intégrative où elle s'était penchée sur les bases génétiques de la résistance aux antibiotiques.

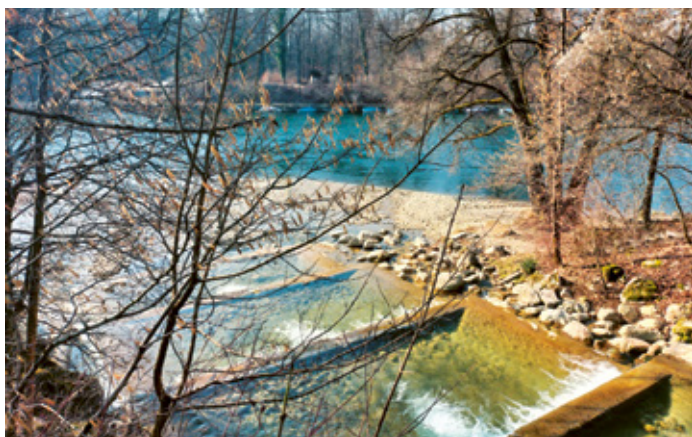


Des biomarqueurs de chironomes pour évaluer la qualité du sédiment

Les larves de chironomes sont des organismes clés du fond des milieux aquatiques et jouent un rôle majeur pour l'étude de la biodisponibilité des polluants liés aux sédiments, de leur toxicité ou de leur transfert le long de la chaîne alimentaire. Les larves de l'espèce *Chironomus riparius* vivent dans les premiers centimètres des sédiments superficiels et peuvent être aisément élevées en laboratoire. Leur génome a été séquencé et en partie annoté, ce qui les rend intéressantes pour le développement de biomarqueurs en vue de l'évaluation de la qualité du sédiment. Combinés à des bioessais menés au laboratoire ou sur le terrain, ces biomarqueurs constituent une méthode prometteuse pour détecter les effets de manière aussi sensible que précoce et évaluer ainsi la qualité des eaux de surface.

Dans un nouveau projet, le Centre Ecotox travaille ainsi à mettre au point des biomarqueurs chez les chironomes. Les gènes considérés sont impliqués dans divers processus métaboliques comme la détoxification cellulaire, la régulation hormonale ou les défenses immunitaires. En mesurant l'expression de ces gènes par la quantification des transcrits (ARNm) par RT-PCR quantitative ou par séquençage, il est possible de détecter des effets qui ne conduisent pas directement à la mort des organismes mais constituent une réponse spécifique au stress et peuvent, à long terme, leur causer des dommages.

Contact: Rébecca Beauvais rebecca.beauvais@centreecotox.ch



Évaluation de la qualité des sédiments de l'Aar

Les services de la protection des eaux des cantons d'Argovie, de Berne et de Soleure contrôlent régulièrement la qualité biologique de l'Aar entre le lac de Bienne et le Rhin depuis 2001. En effet, le monitoring de longue durée est la meilleure solution pour observer le peuplement des rivières et son évolution dans le temps. En 2008 et en 2018, la qualité biologique de l'Aar a également été évaluée par le canton de Berne dans sa partie supérieure entre les lacs de Thoune et de Bienne. Dans cette partie, en 2018, la qualité des sédiments a de plus été étudiée et ce, non seulement dans sa dimension chimique à partir de l'analyse des métaux et des PCB mais aussi dans sa dimension écotoxicologique à partir d'un test de contact avec le sédiment.

En 2022, la qualité biologique de la partie inférieure de l'Aar est à nouveau à l'ordre du jour. Les études porteront sur les invertébrés du fond (macrozoobenthos), les biofilms algaux (en particulier les diatomées), les plantes aquatiques et la population de poissons juvéniles. Par ailleurs, des échantillons d'eau seront prélevés pour l'analyse de l'ADN environnemental. Des analyses de métaux et de micropolluants organiques seront effectuées par le canton et l'université de Berne dans des échantillons de sédiment. Enfin, le Centre Ecotox évaluera la qualité écotoxicologique des sédiments dans le cadre d'un travail de bachelor encadré en commun avec la Haute école spécialisée du nord-ouest de la Suisse (FHNW) en utilisant des biotests avec des ostracodes et des chironomes. Cette stratégie permettra d'obtenir une évaluation complète de la qualité des sédiments de l'Aar sur toute sa longueur.

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



De nouveaux critères de qualité pour les eaux de surface disponibles sur le site

Le Centre Ecotox a déterminé un grand nombre de critères de qualité environnementale qu'il a publiés sur son site. Il vient maintenant d'y ajouter des critères de qualité déterminés par d'autres institutions ou pour des substances pour lesquelles aucune recherche bibliographique complète n'avait été effectuée. Ces valeurs doivent en premier lieu servir à vérifier la pertinence environnementale des substances dosées dans les campagnes de surveillance de la qualité des eaux de surface.

Une partie de ces valeurs correspondent aux normes de qualité environnementale déterminées pour les substances prioritaires de la DCE, à des normes de qualité environnementale nationales ou à des propositions nationales de critères de qualité. Les normes de qualité environnementale de l'UE et de ses Etats membres ont été déterminées avec la même méthode que les critères de qualité proposés par le Centre Ecotox et sont donc tout aussi robustes. Elles sont basées sur une recherche très fouillée de données de toxicité dont la pertinence et la fiabilité ont ensuite été vérifiées. Pour l'autre partie, il s'agit de critères de qualité *ad hoc* déterminés par le Centre Ecotox généralement à partir des dossiers d'autorisation des produits chimiques et ne se basant donc pas sur une recherche exhaustive de données.

www.centreecotox.ch/prestations-expert/criteres-de-qualite-environnementale/propositions-de-criteres-de-qualite/

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 pesticides polluent les petits cours d'eau

En Allemagne, 81 % des petits ruisseaux présentent des concentrations de pesticides préoccupantes d'un point de vue écotoxicologique : c'est ce que montre une étude de grande envergure qui a porté sur plus d'une centaine de cours d'eau. La pollution par les pesticides d'usage agricole est ainsi la principale cause du déclin des populations d'insectes sensibles. Dans l'étude, 20 pesticides sur les 75 étudiés étaient responsables de plus de 80 pour cent des dépassements des concentrations réglementaires acceptables (RAC) observés. D'autre part, les chercheurs ont mesuré des concentrations beaucoup plus élevées que les autorités car ils ont également effectué des prélèvements pendant les épisodes pluvieux intenses qui entraînent les principaux déversements dans le milieu aquatique. Les scientifiques ont constaté que les procédures d'autorisation actuellement employées pour les pesticides sous-estiment les risques écotoxicologiques réels et ils proposent des améliorations en conséquence.

Liess, M. et al (2021) Pesticides are the dominant stressors for vulnerable insects in lowland streams. *Water Research* 201, 117262

Modélisation des effets pour l'homologation des produits phytosanitaires

Étant donné l'immense multitude de produits phytosanitaires (PPh) actuellement employés, il est impossible de tester les effets de chaque substance par l'expérimentation animale. Un nouvel article de revue présente les différents modèles mathématiques pouvant être utilisés pour évaluer les effets écotoxicologiques des PPh ((Q) SAR, DR et TKTD, modélisations à l'échelle de la population, de la communauté, du paysage, modèles mixtes). L'article discute des avantages et des limites des modèles évalués et indique des possibilités d'amélioration. Même si l'Agence européenne de sécurité des aliments (EFSA) tend à reconnaître les modèles mécanistiques pour l'évaluation des risques liés aux PPh, ils ne sont pas encore pris en compte dans les guides méthodologiques.

Larras, F. et al. (2022) A critical review of effect modeling for ecological risk assessment of plant protection products. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2022 Apr 7. doi: 10.1007/s11356-022-19111-3.

Quels sont les micropolluants les plus dangereux ?

Un nombre incalculable de substances chimiques polluent les eaux du monde entier. Mais lesquelles sont les plus dangereuses et méritent

donc la plus grande attention ? Les substances ont été hiérarchisées à partir de leur quotient de risque selon une méthode qui tient compte de l'intensité du risque et de l'occurrence des micropolluants. En se basant sur une analyse des métadonnées, les scientifiques proposent une liste qui présente par ordre d'importance les 53 micropolluants les plus prioritaires pour la gestion des risques et l'assainissement. Cette liste comporte 36 médicaments et cosmétiques (comme le sulfaméthoxazole, le diclofénac et l'ibuprofène), 7 pesticides (comme le diuron et le diazinon) et 10 produits chimiques industriels (comme l'acide perfluorooctanesulfonique et le 4-nonyphénol).

Yang, Y. et al. (2022) Which micropollutants in water environments deserve more attention globally? *Environ. Sci. Technol* 56, 13-29

L'Union européenne propose d'interdire les PFAS dans les mousses extinctrices

L'Agence européenne des produits chimiques (ECHA) a proposé à la Commission européenne d'interdire toutes les substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées (PFAS) dans les mousses extinctrices. L'Agence a estimé qu'une interdiction à l'échelle de l'UE était justifiée attendu que les risques pour l'environnement et la santé émanant des PFAS ne peuvent être contrôlés de manière adéquate et qu'il importe de minimiser leurs émissions. Le Danemark, l'Allemagne, les Pays-Bas, la Norvège et la Suède travaillent actuellement à une proposition complémentaire visant à limiter les utilisations dans d'autres domaines.

<https://echa.europa.eu/-/proposal-to-ban-forever-chemicals-in-firefighting-foams-throughout-the-eu>

Les extraits de plastique favorisent la formation de cellules graisseuses

Des essais menés sur des cultures cellulaires semblent indiquer que certains produits chimiques contenus dans les plastiques favorisent l'obésité. Une équipe de recherche norvégienne a en effet démontré avec des cultures cellulaires de souris que des extraits de matières plastiques pouvaient stimuler la formation de cellules graisseuses. Sur les 34 matériaux testés – dont plusieurs emballages alimentaires –, onze favorisaient en effet la croissance des adipocytes. Les agents responsables de cet effet sont probablement des perturbateurs endocriniens qui influent sur le système hormonal chargé de réguler le métabolisme et la masse corporelle. Par le biais de la spectrométrie de masse haute résolution, l'équipe a mis en évidence plus de 50 000 composés différents dans les extraits. La multiplicité des substances détectées et le caractère généralement inconnu de leurs mécanismes d'action montrent à quel point il est urgent de résoudre le problème des substances chimiques dans les plastiques.

Völker, J. et al (2022) Adipogenic Activity of Chemicals Used in Plastic Consumer Products. *Environmental Science and Technology* 56, 13-29

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 : © 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, Adobe Stock (p. 8), Matthias Ruff, Eawag (p. 9)

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

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