

centre ecotox news

11. édition novembre 2015

Centre Suisse d'écotoxicologie appliquée Eawag-EPFL



Evaluation du risque écotoxicologique des pesticides sur la faune édaphique _____	3
Les produits de traitement du bois ont-ils un impact sur les organismes du sol? ____	5
L'évaluation du risque des sites potentiellement contaminés _____	7
Les outils biologiques indicateurs de la qualité des sols _____	9
Le GISFI : reconversion des sites et sols dégradés _____	11
Les brèves du Centre Ecotox _____	13
L'écotoxicologie dans le monde _____	16



Editorial

Le sol : une ressource importante



Inge Werner,
directrice du Centre Ecotox



Benoît Ferrari,
chef des groupes Ecotoxicologie des
sédiments et Ecotoxicologie terrestre

L'année 2015 a été déclarée par l'Assemblée générale des Nations Unies « Année internationale des sols ». C'est l'occasion de rappeler que le sol n'est pas qu'une simple surface sur laquelle nous habitons et nous nous déplaçons. C'est un gigantesque écosystème dont la santé est essentielle à la survie de l'humanité. Un seul gramme de sol renferme ainsi jusqu'à 10 milliards de micro-organismes appartenant à plus de 100 000 espèces. Les sols de la planète emmagasinent plus de carbone (plus de 2000 gigatonnes) que l'atmosphère et la végétation réunies (respectivement 820 et 610 Gt).

En Suisse, différentes organisations proposent des activités variées pour mieux faire connaître cet écosystème au cours de cette année (voir www.sols2015.ch). Conscient qu'il convient de protéger le sol compte tenu des dégradations croissantes liées notamment à la croissance démographique ou aux pollutions, il est désormais nécessaire d'en assurer la protection afin de permettre le développement durable des sociétés. Pour tendre vers cet objectif, des outils qui permettent de prédire ou d'évaluer les impacts sur les écosystèmes doivent être utilisés. Le Centre Ecotox a donc tout naturellement voulu contribuer à cette célébration en donnant dans ce numéro spécial la parole à 5 experts internationaux pour mettre en lumière différentes approches permettant de répondre à cet enjeu d'évaluation pour la protection des sols.

Du côté des approches prédictives, vous découvrirez comment s'organise l'évaluation du risque écotoxicologique de pesticides utilisés en agriculture sur les organismes du sol en Suisse. Vous découvrirez également les résultats d'un projet qui consistait à faire un état de l'art des informations disponibles sur l'utilisation des produits de traitement du bois en Suisse et d'évaluer, le cas échéant, leur toxicité potentielle.

Du côté des approches rétrospectives, vous apprendrez comment peut-on utiliser différents outils écotoxicologiques au sein d'une démarche de type TRIAD pour l'évaluation des sites potentiellement contaminés. Pour répondre à un besoin de dispo-

ser d'outils permettant d'intégrer la complexité de cette matrice, vous pourrez juger aussi de la pertinence de l'utilisation des bioindicateurs sur le terrain pour renseigner sur l'état global du sol.

Enfin, la compréhension du fonctionnement des sols et le développement des outils les plus performants pour rendre compte des impacts ne pourraient pas se faire sans la mise en place de plateformes expérimentales intermédiaires entre les expérimentations de laboratoire et les cas d'études réels. Vous découvrirez l'histoire et la naissance d'une station expérimentale unique dédiée à l'étude des friches industrielles.

Nous espérons, par ce numéro, vous avoir fourni une vision instructive et captivante de l'écotoxicologie des sols. Cette discipline doit et est amenée à gagner en importance dans les années à venir, comme le témoigne l'existence depuis 2013 du PNR68 « Utilisation durable de la ressource sol » par lequel le Fonds national suisse vise à encourager l'élaboration d'outils d'évaluation de la qualité du sol et de stratégies pour son utilisation durable.

Sur ce, nous vous souhaitons une excellente lecture !



Evaluation du risque écotoxicologique des pesticides sur la faune édaphique

Avant que les produits phytosanitaires puissent être mis sur le marché, il doit être démontré qu'ils n'ont pas d'effets inacceptables sur les organismes du sol. Pour en juger, ils sont testés dans une démarche graduée sur les vers et les arthropodes.

Eva Kohlschmid

Suivant la qualité du sol, une seule poignée de terre peut renfermer plus de 10 milliards d'organismes. Ils ne représentent pourtant que moins de 1 % de la masse du sol, ce qui souligne bien leur petite taille. La faune édaphique remplit de nombreuses fonctions essentielles à la structure et à la fertilité du sol : décomposition de la litière et transformation de la matière organique en substances inorganiques (nitrates, phosphates etc.) ou en complexes humiques stables, fixation et transformation de l'azote, oxygénation du sol (par les galeries de lombrics par ex.), dégradation des composés d'origine anthropique (comme les pesticides). Pour s'assurer que l'utilisation des produits phytosanitaires (PPS) ne perturbe pas durablement la pédofaune et les fonctions qu'elle remplit, chacun d'eux est rigoureusement testé avant d'être mis sur le marché.

L'évaluation de l'impact environnemental des PPS est l'un des éléments de la demande d'autorisation de mise en circulation et ses modalités sont fixées par l'Ordonnance sur les produits phytosanitaires (OPPh). En Suisse, les deux groupes de recherche « Ecotoxicologie » et « Chimie des produits phytosanitaires » de l'Agroscope se chargent d'évaluer les effets secondaires des PPS sur la nature pour le compte du service des autorisations de l'Office fédéral de l'agriculture. Les objectifs fondamentaux de l'OPPh en matière d'environnement sont notamment de garantir que les produits n'ont pas d'effet inacceptable sur la biodiversité et l'écosystème. Pour que ces objectifs de protection soient atteints, l'ordonnance exige une évaluation du risque environnemental basée sur une étude du comportement des composés dans l'environnement et de leur toxicité.

Comportement des produits phytosanitaires dans l'environnement

L'étude du comportement des PPS dans l'environnement permet d'estimer le degré de pollution futur du compartiment sol suite à une application agricole. Pour pouvoir prédire la concentration d'une substance active dans le sol, il est cependant impératif de considérer l'utilisation prévue. En effet, la méthode d'application, la quantité pulvérisée par unité de surface et bien d'autres facteurs comme la

couverture du sol par la végétation ont une influence sur la diffusion de la substance dans la matrice. Les essais sur le comportement des produits permettent de déterminer les voies, mécanismes et vitesses de dégradation potentiels dans le sol, l'eau et l'air en fonction des conditions environnementales. La dégradation ou la transformation des substances est alors mesurée par la DT_{50} ou DT_{90} (voir glossaire), c'est-à-dire le temps au bout duquel une diminution de 50 ou 90 % de la concentration initiale peut être constatée.

Toxicité pour les organismes du sol

Les tests de toxicité visant à mesurer les effets sur la faune et la flore sont effectués au laboratoire en conditions standard avec un certain nombre d'espèces jugées représentatives du milieu agricole considéré. Le risque encouru par les organismes du sol est évalué à l'aide du rapport toxicité/exposition (TER) calculé à partir de la concentration à partir de laquelle des effets sont observés au laboratoire (par exemple la CL_{50} à laquelle 50 % des organismes exposés meurent au bout d'une durée déterminée ou la NOEC, la concentration la plus élevée pour laquelle aucun effet n'est constaté) et la concentration prévisible dans l'environnement (PEC, voir glossaire). Pour être certain de ne pas sous-estimer le risque, des facteurs de sécurité ou d'extrapolation sont appliqués à ce rapport. Ces facteurs rendent compte des incertitudes liées, par exemple, aux différences de sensibilité entre les espèces présentes sur le terrain et celles exposées au laboratoire ou à un nombre de données un peu faible.

Evaluation du risque pour la macrofaune

L'évaluation du risque écotoxicologique lié à l'exposition des macro-organismes du sol aux PPS se fait en plusieurs étapes (« Tiered Approach ») afin de filtrer rapidement et efficacement les composés peu problématiques. Cette méthode progressive commence par des tests de toxicité aiguë en laboratoire avec le ver de fumier (première étape ou « First-Tier »), se poursuit par des tests de toxicité chronique en laboratoire, toujours sur le ver (deuxième étape ou « Second-Tier ») et se conclut par des études en microcosme (écosystèmes miniatures) ou sur le terrain (troisième étape ou « Third-Tier »). Toutes les étapes ont pour objectif d'atteindre le même niveau de protection.



L'évaluation du risque pour les macro-organismes du sol, qui s'effectue dans la première étape, repose sur les données de toxicité aiguë (mortalité, CL_{50}) relatives à *Eisenia fetida*, le ver du fumier ou ver du compost. Cette espèce est utilisée de façon standard dans les tests pour représenter les vers de terre et plus largement la macrofaune édaphique. Si la substance est jugée préoccupante à l'issue de ce premier examen ou en raison de sa grande persistance dans le sol (DT_{90} supérieure à 365 jours) ou de sa fréquence d'utilisation dans les cultures, des tests de toxicité chronique sont effectués dans une deuxième étape. Les effets du produit phytosanitaire sur la reproduction, la biomasse et le comportement d'*E. fetida* sont alors mesurés dans des essais de longue durée. La grandeur retenue pour décrire ces effets est la NOEC.

Il arrive que les composés persistants ne représentent pas de danger pour les vers de terre alors qu'un risque ne peut être exclu pour les arthropodes non-cibles représentés par la petite guêpe parasitoïde *Aphidius rhopalosiphii* et l'acarien prédateur *Typhlodromus pyri*, deux espèces très utiles pour les cultures vivant sur la partie aérienne des végétaux. Des tests supplémentaires doivent alors être effectués avec des arthropodes du sol comme le collembolle *Folsomia candida* ou l'acarien prédateur *Hypoaspis aculeifer*. Les deux espèces indicatrices *T. pyri* et *A. rhopalosiphii* comptaient parmi les plus sensibles dans les études effectuées avec différents organismes et différents PPS et elles ont donc été choisies pour l'évaluation du risque pour les arthropodes non-cibles s'inscrivant dans le cadre de la première étape.

Evaluation du risque pour les micro-organismes

L'influence des PPS sur les micro-organismes du sol est évaluée en mesurant leurs effets sur l'activité métabolique, la transformation de l'azote et la minéralisation du carbone. Les effets n'excédant pas 25 % au bout de 100 jours sont jugés acceptables. Au-delà de cette limite, des essais plus poussés doivent être réalisés.

Du nouveau dans l'ordonnance suisse sur les produits phytosanitaires à partir de 2016

Le test de toxicité aiguë avec *Eisenia fetida* ne figure plus dans la liste

des données exigées par l'Union européenne depuis 2014 (Ordonnance n° 283/2013 UE) dans le cadre de l'Ordonnance sur la mise en circulation des produits phytopharmaceutiques (n° 1107/2009 CE). En revanche, le test de toxicité chronique sur cet organisme doit être inclus dans les analyses de routine. Cette exigence sera reprise dans l'Ordonnance suisse sur les produits phytosanitaires à partir de 2016. De ce fait, le risque pour les macro-organismes du sol lié aux PPS sera désormais évalué en « First-Tier » à travers les effets sur la reproduction, la biomasse et le comportement. Les autorités nationales peuvent toutefois demander des données concernant les arthropodes du sol ; elles devraient notamment le faire lorsque les applications sur le feuillage comportent des risques potentiels pour les arthropodes non-cibles ou si les produits phytosanitaires sont directement pulvérisés sur le sol. En ce qui concerne les micro-organismes, les analyses portant sur la minéralisation du carbone ne seront plus exigées car elles se sont avérées beaucoup moins sensibles que le test mesurant la transformation de l'azote.

Le Dr Eva Kohlschmid est spécialiste de l'évaluation du risque écotoxicologique lié aux produits phytosanitaires et travaille à l'Agroscope en tant que collaboratrice scientifique.
Contact : eva.kohlschmid@agroscope.admin.ch

Glossaire

DT_{50}/DT_{90} : Temps nécessaire à la disparition (Disappearance Time) de 50 ou 90 % de la substance d'origine que ce soit par dégradation ou transformation.

TER : Rapport toxicité/exposition (Toxicity Exposure Ratio = CL_{50}/PEC ou $NOEC/PEC$)

CL_{50} : Concentration létale pour 50 % des organismes exposés (également appelée LC_{50} pour Lethal Concentration)

NOEC : Concentration la plus élevée pour laquelle aucun effet n'est encore observé sur l'organisme biologique exposé (No Observed Effect Concentration)

PEC : Concentration prévisible dans l'environnement pour une substance donnée (Predicted Environmental Concentration)



Les produits de traitement du bois ont-ils un impact sur les organismes du sol ?

Pour protéger les bois de construction des attaques de bactéries ou de champignons, il est habituel de les traiter avec des produits biocides. Ces derniers peuvent gagner le sol soit par contact direct soit suite à un lessivage et porter atteinte à la faune édaphique et par voie de conséquence à la qualité du sol. Le Centre Ecotox a étudié la toxicité pour les organismes édaphiques de substances actives fréquemment utilisées en Suisse dans les produits de préservation du bois.

Sophie Campiche

Le bois est un élément naturel fréquemment utilisé comme matériau de construction dans les ouvrages tant à l'intérieur qu'à l'extérieur. Il est soumis à un processus de vieillissement et de dégradation et peut être attaqué par des insectes xylophages, des champignons lignivores, de bleuissement ou des moisissures. Afin de réduire les pertes de qualité ou d'éviter les incidents, il est utile de protéger le bois contre ces attaques biologiques. Des produits de préservation du bois sont alors employés. Ce sont des produits biocides contenant généralement un mélange de 2 ou 3 substances actives de type insecticides ou fongicides. Le choix du produit de préservation dépend du danger biologique auquel le bois est exposé. En Suisse, pour les bois utilisés en extérieur soumis aux intempéries et en contact direct ou non avec le sol (p. ex. les façades, terrasses, barrières ou poteaux), des substances biocides comme des sels métalliques, des sels d'ammonium quaternaire, des carbamates et des triazoles sont employées. Du fait de l'exposition en extérieur des matériaux traités, un risque de lessivage de ces substances vers le sol existe. Elles peuvent alors potentiellement porter atteintes à la biocénose présente.

Approbation et utilisation des substances actives biocides

Avant leur mise sur le marché et leur utilisation, les substances actives des produits de préservation du bois doivent être évaluées et approuvées par les autorités Suisse ou

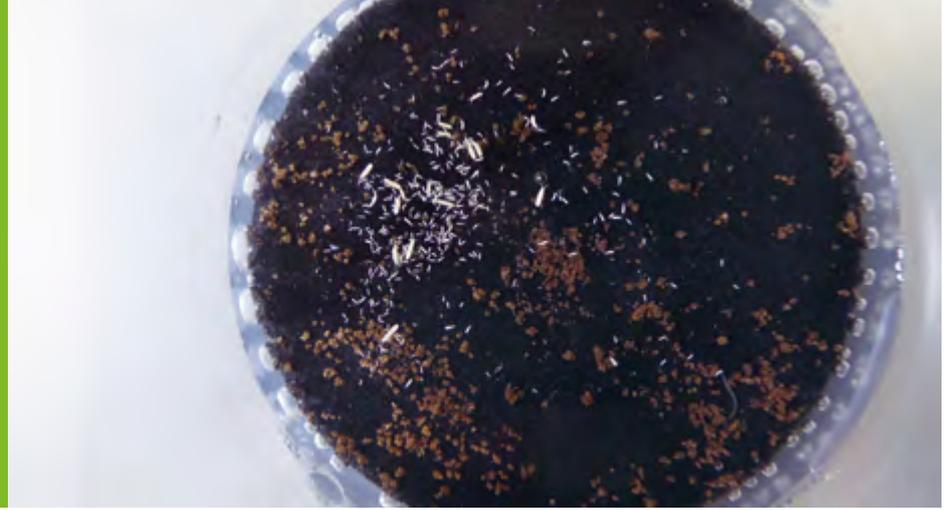
Européenne. Des données concernant leur émission dans l'environnement mais également leur toxicité pour les organismes non cibles doivent être fournies. Malgré cela, encore peu de données sur leur toxicité pour les organismes du sol sont disponibles. Les informations concernant la toxicité environnementale de ces substances employées sous forme de mélange dans le produit de préservation semblent inexistantes de même que les données sur les concentrations environnementales présentes dans le sol après lessivage.

Et les organismes du sol ?

Afin de mieux connaître la situation quant au sol, l'Office fédéral de l'environnement a chargé le Centre Ecotox et l'Institut des Matériaux et de la technologie du bois de la Haute école spécialisée bernoise de faire un état de l'art des informations disponibles et d'évaluer, le cas échéant, la toxicité potentielle des produits de préservations du bois pour les organismes du sol. Pour mener à bien cette étude, les chercheurs ont tout d'abord réalisé une analyse de marché afin d'identifier les substances actives les plus fréquemment utilisées dans ces produits en Suisse. Pour cela, le nombre d'entrées des substances actives enregistrées dans les produits de préservation du bois autorisés en Suisse a été comptabilisé. Environ 75 % des entrées sont représentées par seulement 7 substances actives sur un total de 32 substances enregistrées pour ce type de produits (état août 2014). Ces substances sont toutes utilisées pour le traitement du bois en extérieur ; ce sont l'iodocarb (IPBC),

le propiconazole, la perméthrine, le tébuconazole, l'acide borique, les sels d'ammonium quaternaire et les sels de cuivre.

Sur la base de ces résultats, 4 produits de traitement du bois ont été choisis pour leur évaluation écotoxicologique. Ces produits contenaient une seule des substances actives, soit de l'IPBC, soit du propiconazole, ou alors une combinaison de plusieurs de ces substances actives, soit de l'acide borique, de l'hydroxyde de cuivre(II) et du chrome comme agent de fixation (CuCrB), soit du carbonate de cuivre(II), de l'hydroxyde de cuivre(II), du didécylpolyoxyéthylammoniumborate (DPAB) et de l'acide borique (quats). Une revue de littérature concernant la toxicité pour les organismes du sol de ces substances a montré que pour les substances actives tels que l'IPBC et le DPAB, qui sont uniquement utilisées comme produits biocides et pour lesquels aucune exposition directe du compartiment sol n'est attendue, quasiment aucune information sur leur écotoxicité terrestre n'est disponible. Lorsque ces données existent, celles-ci concernent généralement uniquement les microorganismes, les plantes et les vers de terre. En revanche, pour les substances actives appartenant à la classe des métaux ou métalloïdes comme le cuivre, le chrome ou le bore, et qui sont employées pour diverses autres utilisations ou pour lesquelles des contaminations environnementales existent, de plus amples informations sur l'écotoxicité vis-à-vis d'autres organismes du sol comme les collemboles ou les enchytréides sont disponibles. Cependant, au-



cune information sur la toxicité de ces substances sous forme de mélange n'a pu être trouvée lors de la recherche bibliographique.

Tests de toxicité sur les organismes du sol

Afin d'obtenir un complément d'information sur leur toxicité pour les organismes du sol, les chercheurs du Centre Ecotox ont réalisé des bioessais pour évaluer les effets de ces substances, seules ou en mélange, sur l'inhibition de la reproduction des collemboles *Folsomia fimetaria* et sur le comportement d'évitement des vers de terre *Eisenia andrei* selon des procédures standardisées ISO ou OECD. Pour cela, les organismes ont été exposés à des sols dopés à différentes quantités de produits contenant la ou les substances d'intérêts.

Les organismes ont réagi de façon assez diverse aux produits testés. Pour l'IPBC, les résultats des bioessais ont montrés que les CE_{50} , c'est à dire la concentration de substance inhibant la reproduction des collemboles de 50 % ou la concentration induisant un comportement d'évitement du sol contaminé chez la moitié des vers exposés, étaient très similaires, soit d'environ 35 mg d'IPBC par kg de sol. L'unique donnée de toxicité trouvée dans la littérature pour les vers de terre concernait leur survie, pour laquelle une LC_{50} , c'est à dire la concentration provoquant la mort de 50 % des organismes exposés, de plus de 1000 mg/kg était reportée, soit une concentration environ 30 fois supérieure. Ce paramètre est cependant généralement considéré comme moins

sensible que le comportement chez le ver. Aucune donnée de toxicité n'a été trouvée dans la littérature pour les collemboles pour cette substance. Pour le propiconazole, des effets comportementaux chez le ver ont été observés à des concentrations du même ordre de grandeur que pour l'IPBC (CE_{50} = 50 mg/kg de sol). Cette concentration se situe dans la plage des 2 valeurs de toxicité trouvées pour le ver dans la littérature. Les collemboles quant à eux se sont montrés 3 fois moins sensibles au propiconazole que les vers. Au vu des résultats obtenus et selon les critères de classification des dangers existants pour l'environnement terrestre, ces 2 substances se classent alors dans la catégorie de toxicité « nocive » pour les vers.

Concernant les 2 produits de traitement du bois contenant un mélange de substances actives, un fort effet toxique a été observé chez les vers de terre avec une CE_{50} de 11 mg/kg pour le CuCrB et une CE_{50} de 47 mg/kg pour le quats. Ces concentrations étaient 20 fois plus faibles que celles obtenues pour les collemboles. Pour ces deux mélanges, la toxicité induite est beaucoup plus élevée que la toxicité de chaque substance active prise individuellement (données provenant de la littérature). De plus, le chrome semble jouer un rôle important dans la toxicité du CuCrB, mais n'est cependant pas considéré comme substance active dans le produit de traitement du bois et n'est pas toujours pris en considération dans les études d'émission par lessivage de ces produits. Aucune information quant aux concentrations environnementales mesu-

rées dans les sols pour les substances actives sélectionnées en provenance de bois traités n'a pu être trouvée.

Des perspectives d'investigation

La recherche bibliographique confirme que les informations publiques sur la toxicité pour les organismes du sol des substances contenues dans les produits de préservation du bois sont plutôt rares. Des investigations pour compléter les informations manquantes doivent être poursuivies. De plus, le risque posé par le mélange de substances actives fréquemment utilisées en Suisse pour préserver le bois doit être considéré de manière plus approfondie, de même que la toxicité potentielle du chrome dans le mélange CuCrB. De nouvelles études axées sur la toxicité pour les organismes du sol des émissions par lessivage des produits de traitement du bois devraient également être envisagées en microcosmes ou condition de champs.

Le Dr Sophie Campiche travaille comme collaboratrice scientifique dans le domaine de l'écotoxicologie terrestre au Centre Ecotox.

Contact: sophie.campiche@centreecotox.ch

Pour plus de détails sur le sujet, le rapport du projet peut être consulté sous : www.centreecotox.ch/projets/ecotoxicologie-des-sols/ecotoxicite-des-produits-de-preservation-du-bois



Les tests écotoxicologiques pour l'évaluation du risque des sites potentiellement contaminés

Bien que de nombreux tests écotoxicologiques aient déjà prouvé leur pertinence et leur efficacité pour l'appréciation de la qualité du sol, aucune approche globale et reconnue internationalement n'a encore été définie. A l'avenir, il est pourtant recommandé d'utiliser ce genre de tests régulièrement pour l'évaluation du risque écologique dans les sols ; la meilleure solution consiste alors à adopter une approche graduée de type TRIAD par exemple.

Jörg Römbke

A l'heure actuelle, la qualité des sols potentiellement pollués comme ceux des sites contaminés n'est pas évaluée selon une méthode uniforme. Dans un premier temps, les évaluateurs tentent souvent de comparer les concentrations de certains composés mesurées dans le sol avec des valeurs limites déterminées au préalable à partir des résultats de tests écotoxicologiques effectués avec ces mêmes composés. En Allemagne, de telles valeurs de référence ont été publiées dans l'ordonnance fédérale sur la protection des sols (Bundesbodenschutzverordnung, BBodSchV 1999) pour certains métaux et quelques rares composés organiques en vue d'une approche graduée. D'autres pays européens, comme la Hollande ou

les pays scandinaves, ont suivi la même démarche (Carlson 2007). A l'échelle de l'Union européenne, une directive cadre sur les sols a été proposée (« Soil Framework Directive » [EU 2006]) mais le projet a dû être retiré l'an dernier après plusieurs années de délibérés.

Le problème de la variabilité des sols

Le dépassement d'une valeur limite pour les sols sur un site donné donne lieu à une restriction de son utilisation ou à des analyses plus poussées à l'aide, par exemple, de tests écotoxicologiques. Ces trente dernières années, une multitude de méthodes plus ou moins complexes ont été développées à cet effet. Les évaluateurs disposent aujourd'hui d'une cinquantaine de tests sur micro-organismes, végétaux ou invertébrés dont beaucoup ont été validés

Principaux tests standardisés (ISO) pour les sols potentiellement contaminés

Dénomination	Espèces exposées	Principe et durée du test	Norme
Test de toxicité chronique vis-à-vis des vers de terre	<i>Eisenia fetida</i> , <i>E. andrei</i>	Biomasse, reproduction ; 56 jours	ISO 11268-2
Test d'évitement avec les vers de terre	<i>Eisenia fetida</i> , <i>E. andrei</i>	Comportement ; 48 h	ISO 17512-1
Test de toxicité chronique vis-à-vis des Enchytraeidae	<i>Enchytraeus albidus</i> , <i>E. crypticus</i>	Reproduction 42 ou 28 jours	ISO 16387
Test de toxicité chronique vis-à-vis des collemboles	<i>Folsomia candida</i>	Reproduction 28 jours	ISO 11267
Test d'évitement avec les collemboles	<i>Folsomia candida</i>	Comportement ; 48 h	ISO 17512-2
Test de germination et de croissance	<i>Avena sativa</i> , <i>Brassica rapa</i> ; autres plantes cultivées	Émergence des plantules, biomasse env. 14 jours	ISO 11269-1
Test de toxicité chronique sur les plantes supérieures	<i>Avena sativa</i> , <i>Brassica rapa</i> ; autres plantes cultivées	Biomasse, capacité de reproduction (nb de fleurs/ de capsules) ; 35 jours	ISO 22030
Essai de transformation du carbone	Communauté microbienne naturelle	Taux de respiration. 28 jours ; éventuellement 100 jours	ISO 14240-1
Essai de transformation de l'azote	Nitrification potentielle	Oxydation de l'ammonium ; 4 jours	ISO 15685
Mesure en microplaques de l'activité enzymatique	Activité enzymatique	Fluorescence ; 3 h	ISO 22939
Estimation de l'abondance de séquence de gènes microbiens	Communauté microbienne naturelle	Réaction de polymérisation en chaîne (PCR)	ISO 17601
Essai de contact	<i>Arthrobacter globiformis</i>	Activité déshydrogénase	ISO 18187
Test Bait-lamina	Communauté des organismes du sol	Activité alimentaire ; durée variable	ISO 18311

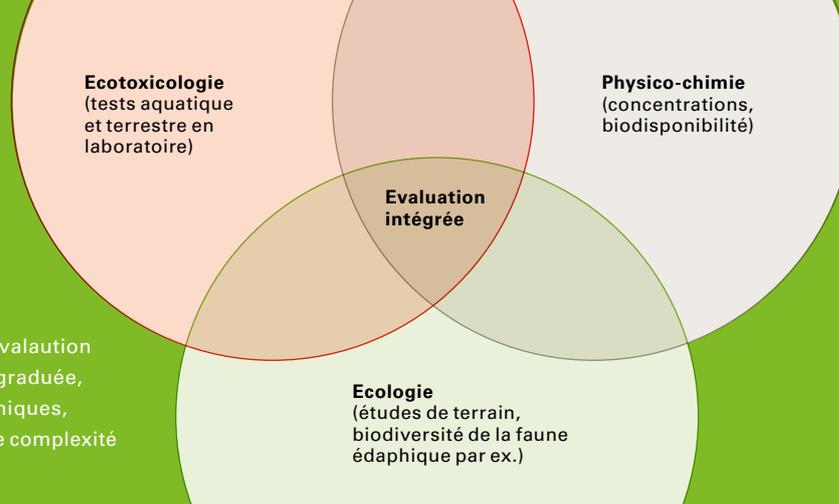


Figure 1: L'approche TRIAD pour l'évaluation de la qualité de sol : une approche graduée, composée d'analyses physico-chimiques, écologiques et écotoxicologiques de complexité croissante

et standardisés par l'Organisation internationale de normalisation (International Organisation for Standardisation, ISO 2002) (voir exemples dans le tableau). Pour ces essais, des échantillons de sol sont prélevés sur le terrain puis acheminés au laboratoire où ils sont tamisés puis amenés à un certain degré d'humidité avant d'être mis au contact des organismes à exposer. Or les sols se distinguent fortement par leurs propriétés intrinsèques telles que le pH, la texture ou la teneur en matière organique. Il importe donc que les organismes utilisés pour les tests réagissent le moins possible à ces facteurs. Par ailleurs, ces paramètres peuvent renforcer ou amoindrir l'effet des polluants en modifiant leur biodisponibilité (celle des métaux lourds augmente ainsi à mesure que le pH baisse). L'un des problèmes de l'évaluation est donc, lorsqu'un effet est observé sur un organisme exposé dans un test, de faire la distinction entre les réactions dues à l'action des polluants et celles dues aux propriétés du sol.

Si le risque écologique est confirmé par les tests écotoxicologiques, des mesures d'assainissement des sites contaminés peuvent être ordonnées par les autorités compétentes. Il est également possible d'approfondir l'analyse par une démarche de type TRIAD, spécialement développée aux Etats-Unis pour l'étude des sédiments. Il s'agit d'une approche par faisceau de preuves, donc graduée, composée d'analyses physico-chimiques, écologiques et écotoxicologiques de complexité croissante (Fig. 1). L'approche TRIAD vient d'être normalisée au niveau international (ISO 2014).

Une telle démarche pourrait par exemple comporter les éléments suivants (les analyses sélectionnées peuvent varier en fonction des données disponibles pour le site considéré [Jensen & Mesman 2006]) :

Niveau I (évaluation grossière)

Physico-chimie : raffinement du « Soil Screening Level » (SSL ; analogue au seuil d'investigation) ; *Ecotoxicologie* : essai avec *Arthrobacter* (ISO 18187) ; test sur la flore du sol (ISO 17126) ; test d'évitement avec les vers de terre ou les collemboles (ISO 17512-1/2) ; *Ecologie* : Relevés floristiques.

Niveau II (évaluation affinée)

Physico-chimie : détermination de la part biodisponible dans le sol (avec 0,001 mol/l CaCl₂ par ex.) ou « Solid phase micro extraction » (SPME) ; *Ecotoxicologie* : tests de reproduction avec les vers de terre (ISO 11268-2), les Enchytraeidae (ISO 16387) ou les collemboles (ISO 11267), test sur la croissance des végétaux supérieurs avec deux espèces (ISO 11269-2) ; *Ecologie* : test Bait-lamina (ISO/DIS 18311) ; test de transformation de l'azote (ISO 14238), distribution des groupes trophiques de nématodes.

Niveau III (évaluation détaillée)

Physico-chimie : modélisation ou utilisation de méthodes d'analyse avancées ; *Ecotoxicologie* : tests multi-espèces, combinant collem-

boles, Enchytraeidae et acariens par exemple ; test de toxicité chronique sur les plantes supérieures (ISO 22030) ; estimations de la diversité microbienne, par analyse d'ADN par exemple (ISO 17601). *Ecologie* : détermination des fonctions biologiques (méthode « litter bag » par ex.) ou de la biodiversité des microorganismes, de la faune et de la flore du sol.

Ces analyses doivent autant que possible reposer sur des méthodes standardisées (malheureusement encore rares au niveau III où interviennent de nombreux essais sur le terrain). Les données obtenues sont tout d'abord exploitées niveau par niveau. Si, à l'issue de leur analyse, la potentialité d'un risque ne peut être écartée, les études sont poursuivies au niveau suivant afin d'affiner et de compléter la caractérisation. Pour qu'une stratégie globale, intégrée et transparente de protection des sols puisse se mettre en place à l'échelle de l'Europe, il est important que les tests écotoxicologiques (en grande partie) disponibles soient régulièrement mis en œuvre dans l'évaluation des risques écologiques sur les sites potentiellement contaminés. La meilleure solution consiste alors à adopter une démarche par étapes comme celle de type TRIAD.

Dr Jörg Römbke est directeur d'ECT Oekotoxikologie GmbH.
Contact : j-roembke@ect.de

Références bibliographiques

- BBodSchV (1999): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Bodenschutzgesetzes. BGBl I, 36, S. 1554 – 1582 vom 16.06.1999.
- Carlou, C. (ed.) (2007): Derivation methods of soil screening values in Europe. A review and evaluation of national procedures towards harmonization. European Commission, Joint Research Centre, Ispra, Italien, EUR 22805-EN. 306 S.
- EU (European Union) (2006): Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the protection of soil and amending Directive 2004/35/EC. COM 232 (2006) final. Brussels, 30 pp.
- ISO (International Organization for Standardization) (2002): Soil quality – Guidance on the ecotoxicological characterization of soils and soil materials. ISO 15799. Geneva, Switzerland.
- ISO (International Organization for Standardization) (2014): Soil quality - Procedure for site-specific ecological risk assessment of soil contamination (TRIAD approach). ISO No. 19204. Geneva, Switzerland, 2014;
- Jensen, J. & Mesman, M. (2006): Ecological risk assessment of contaminated land. Decision support for site specific investigations. Part of EU-funded 'Liberation' project. Report 711701047, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven



Le programme Bioindicateurs : du développement à la validation d'outils biologiques indicateurs de la qualité des sols

Les bioindicateurs, répondant de manière intégrative aux stress environnementaux et informant ainsi sur l'état global des sols, renseignent sur la dégradation et/ou la restauration des propriétés et des fonctions des sols et des risques liés à leur pollution.

Benjamin Pauget

Le sol est une ressource essentielle pour les sociétés humaines et les écosystèmes qu'il convient de protéger. En 2005, le « Millennium Ecosystem Assessment » a identifié les organismes du sol comme indispensables à son bon fonctionnement. En effet, ils permettent aux sols de remplir de nombreuses fonctions ainsi que de fournir de nombreux services écosystémiques (service profitable à l'homme tel que la régulation des cycles de l'eau, la dynamique de la matière organique ou la capacité de rétention du sol). Il apparaît donc nécessaire de protéger les sols d'autant plus que les menaces anthropiques pèsent de plus en plus sur cette ressource (contaminations industrielles ou agricoles, érosion, salinisation...). Malgré ce constat, la directive cadre européenne pour la protection des sols initialement proposée en 2006 a été rejetée en 2014. Il n'en reste pas moins que la préservation de la biodiversité des sols constitue un enjeu majeur.

Bioindicateurs comme outils intégrateurs informant sur l'état global des sols

Alors que les indicateurs biologiques sont utilisés depuis longtemps pour les diagnostics de qualité de l'air ou de l'eau, ils ne le sont que rarement pour les sols. Pour mettre en place et suivre des actions de protection et de meilleure gestion des sols, il existe donc un besoin de disposer d'outils

permettant d'intégrer la complexité de cette matrice. Historiquement et habituellement, l'évaluation de la qualité des sols et des risques des contaminants qu'ils contiennent pour l'homme ou pour l'environnement sont caractérisés par des indicateurs physico-chimiques (pH, taux de matière organique, texture pour la qualité et outils de gestion des sites et sols pollués comme l'interprétation de l'état des milieux ou le plan de gestion pour les risques¹). Cependant ces indicateurs physico-chimiques n'apportent qu'une information partielle. En effet, ils ne permettent pas de renseigner sur l'état biologique des sols pourtant nécessaire à une compréhension globale de son fonctionnement. Ils ne permettent pas non plus de prendre en compte la biodisponibilité (mobilité, transfert et effet) permettant de caractériser l'exposition réelle des organismes aux contaminants du sol. Les bioindicateurs, répondant de manière intégrative aux stress environnementaux et informant ainsi sur l'état global des sols, sont donc des outils complémentaires qui renseignent sur la dégradation et/ou la restauration des propriétés et des fonctions des sols et des risques liés à leur pollution.

Un programme national en France pour créer une boîte à outils de Bioindicateurs

Face à ce manque d'outils biologiques pour décrire la qualité du sol (tant dans le domaine agricole que dans le domaine de la

gestion des sites et sols pollués), l'ADEME² a mis en place en 2004 le programme national Bioindicateurs avec pour objectifs de (i) développer de nouvelles méthodes de mesure de la diversité et des fonctions des organismes du sol, (ii) démontrer la sensibilité et la complémentarité des bioindicateurs pour caractériser différentes perturbations, (iii) identifier des bioindicateurs pertinents répondant aux besoins spécifiques des sols agricoles, forestiers et contaminés. Une première phase du programme a évalué plus de 80 paramètres biologiques (microorganismes, végétaux et animaux, de l'état cellulaire jusqu'aux communautés) et a conduit à une première sélection d'indicateurs, qu'il convenait ensuite de tester sur des sites communs. Ainsi, les objectifs de la seconde phase (2009-2013) étaient de mettre en œuvre les 47 paramètres biologiques sélectionnés (Tableau 1) sur les mêmes sites ateliers (47 contextes différents, 13 sites, 3 usages : agricole, forestier, friches) afin de valider leur utilisation en fonction des problématiques (surveillance, évaluation des risques). Il s'agissait aussi d'évaluer leur pertinence en fonction de leur sensibilité (rendant compte de l'intérêt scientifique) mais également de leur « transférabilité » vers les utilisateurs, estimée notamment par rapport à des critères technico-économiques.

C'est ainsi qu'après près de 10 ans de travaux, impliquant 22 équipes de recherche (70 partenaires), le programme Bioindica-

¹ <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Outils-de-gestion,19844.html>

² Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (www.ademe.fr)



Figure 1 : Menu de l'interface Web <http://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/ADEME-Bioindicateur>

1) Paramètres microbiens	2) Paramètres faune	3) Paramètres flore
<i>Paramètres de quantité</i> <ul style="list-style-type: none"> • Globaux (Bm, ADN) • Non globaux (Bactérienne, champignons, <i>Pseudomonas</i>) 	<i>Paramètres globaux</i> <ul style="list-style-type: none"> • Macrofaune totale, IBQS 	<i>Paramètres → état de l'écosystème</i> <ul style="list-style-type: none"> • Dendrochimie
<i>Paramètres d'activité</i> <ul style="list-style-type: none"> • Diversité métabolique potentielle • Fonctions métaboliques (respiration, minéralisation) • Activités enzymatiques 	<i>Paramètres → mesure de communautés</i> <ul style="list-style-type: none"> • Lombriciens • Collemboles, acariens • Nématodes 	<i>Paramètres → effets individuels</i> <ul style="list-style-type: none"> • Lipides foliaires, photosynthèse • Teneur en Acides Aminés • Bioaccumulation des ETM
<i>Paramètres de structure génétique</i> <ul style="list-style-type: none"> • PCR TTGE (Bactérie, Champignon) • PCR Empreinte ARISA (Bactérie) 	<i>Paramètres → mesure sur individu</i> <ul style="list-style-type: none"> • Biomarqueur moléculaire • Bioaccumulation 	

Tableau 1 : Paramètres biologiques étudiés dans le programme Bioindicateurs 2

teurs 2 a permis non seulement d'acquérir une meilleure compréhension du fonctionnement biologique des sols, d'initier un premier référentiel national permettant d'interpréter les réponses des bioindicateurs mais également de définir des outils (batteries d'indicateurs, indices agrégés) adaptés à différentes problématiques environnementales telles que

- i) l'évaluation des impacts des pratiques agricoles,
- ii) l'évaluation des impacts environnementaux liés à la contamination des sols,
- iii) la biosurveillance des sols sur des sites à grandes échelles.

Une interface web informative dédiée aux utilisateurs potentiels

L'ensemble des informations relatives à ce programme et les outils de transfert sont consultables sur le site internet <http://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/ADEME-Bioindicateur/>. Sur cette interface sont présentés l'historique du programme, la description des sites d'études, des protocoles de prélèvement ainsi que la fiche outil (description des protocoles, exemple de résultats...) de chaque bioindicateur. Afin de répondre à une des demandes des utilisateurs (collectivités, bureaux d'études...), un volet du site a été dédié à la présentation simplifiée des résultats du programme pour chaque bioindicateur (valeurs minimum, maximum, moyenne, écart type...) permettant aux utilisateurs, en considérant différents critères (usage de sols, niveau de contamination,

texture, pH et carbone organique), de comparer ces valeurs « repères » aux données obtenues sur leur propre site, (Figure 1, volet « Les applications »).

En complément, un autre volet de l'interface a été développé pour permettre aux utilisateurs de sélectionner le(s) bioindicateur(s) correspondant le mieux à leur problématique (surveillance, caractérisation de l'état biologique, évaluation des transferts de contaminants...). Pour ce faire, quatre critères technico-économiques (le coût, le niveau de normalisation de l'indicateur, la facilité de mise en œuvre et la simplicité d'interprétation des résultats) ont été identifiés à partir d'une enquête menée auprès d'utilisateurs potentiels. Ces critères ont ensuite été renseignés pour chaque bioindicateur. Dans la pratique, l'utilisateur obtient la liste des bioindicateurs répondant le mieux à ses attentes après avoir choisi sa problématique, le type d'indicateur qu'il souhaite utiliser (indicateur d'accumulation, d'effet...) et hiérarchisé les quatre critères techniques et économique. Il peut alors avoir accès à un ensemble d'informations détaillées concernant les bioindicateurs retenus (fiche outil, fiche technique, coordonnées du laboratoire expert...).

Des perspectives en cours

Ces outils bien qu'opérationnels restent encore méconnus des utilisateurs potentiels (bureaux d'études, gestionnaire de site, industriels de la dépollution, collectivités, comités techniques) et particulièrement dans

le domaine des sols pollués. Afin de palier à cela et pour diversifier les retours sur expérience sur le terrain de ces outils, l'ADEME a préconisé leur mise en œuvre sur des sites pollués sur lesquels elle intervient en tant que maître d'ouvrage (ex : Site de Saint Laurent le Minier ou des Prairies Saint Martin de la Ville de Rennes). Des prestataires semi-publics ou privés existent permettant d'évaluer l'état et potentiellement le fonctionnement biologique d'un sol, ou encore d'étudier les transferts des contaminants dans la chaîne trophique. A l'avenir, la prise en compte de ces outils devrait se développer, permettant la mise en place de plan de gestion conciliant performances environnementales et économiques.

Dr. Benjamin Pauget, Post-Doc ANDRA, Université de Franche-Comté.

Contact: benjamin.pauget@univ-fcomte.fr



Le GISFI : dispositif lorrain de recherche et d'innovation pour la reconversion des sites et sols dégradés

Le Groupement d'Intérêt Scientifique sur les Friches Industrielles (GISFI) met en synergie différentes compétences autour d'un projet scientifique et technologique dédié à l'acquisition de connaissances pour la requalification durable des sites dégradés et pollués par les activités industrielles passées.

Noële Raoult

Les friches industrielles représentent un potentiel économique valorisable sous-estimé

Les mutations sociales et économiques ont entraîné des modifications profondes de l'utilisation de l'espace avec l'abandon de surfaces autrefois occupées par des industries. Particulièrement marquées depuis les années 80 dans des régions comme la Lorraine, elles ont conduit à l'émergence de surfaces délaissées, ne pouvant faire l'objet d'une reconversion socio-économique traditionnelle tant pour des raisons de pression foncière (aucun projet de construction envisagé à court et moyen terme) que de passif environnemental (présence de pollution dans les sols). Dans un contexte de probable raréfaction de surfaces agricoles et de certaines ressources énergétiques et minérales, ces zones délaissées représentent un potentiel économique valorisable sous-estimé.

Naissance d'une station expérimentale *in situ* grâce à un consortium publique et privé

Le Groupement d'Intérêt Scientifique sur les Friches Industrielles (GISFI) (www.gisfi.fr) est un groupement pluridisciplinaire destiné à conduire des recherches permettant de faire avancer les connaissances sur les pollutions des sols et de contribuer au développement de technologies de traitement des sites et sols pollués. Il s'agit de décrire et de modéliser les flux de polluants, de comprendre les mécanismes qui contrôlent leur disponibilité et de mesurer leur impact sur l'écosystème et la santé des populations. Créé dans le cadre du Contrat de Plan Etat-Région Lorraine (CPER 2000–2006), le GISFI regroupe les actions d'une dizaine de laboratoires de recherche relevant de l'Université de Lorraine (UL), du CNRS, de l'INRA, du BRGM et de l'INERIS. Ces recherches pluri partenaires rassemblent les laboratoires autour d'un projet transversal qui allie les compétences disciplinaires telles que, sciences du sol, agronomie, microbiologie, écologie, écotoxicologie, physico-chimie, hydrologie, génie des procédés.

Aux laboratoires sont associés des partenaires industriels (Arcelor-Mittal, Valterra, ICF Environnement, Leces) et institutionnels (Etablissement Public Foncier de Lorraine - EPFL, Direction Régionale de

l'Environnement, de l'Aménagement, et du Logement - DREAL). Il a permis la structuration d'une force de recherche coordonnée en Lorraine et s'est doté, grâce aux soutiens publics (Etat, Région Lorraine, Conseil Générale de Meurthe et Moselle et Feder), d'une station expérimentale originale de tout premier plan en Europe (photo 1).

Cette station expérimentale est implantée à Homécourt (département de la Meurthe et Moselle, France), sur le Pôle en Génie de l'Environnement situé sur le site d'une ancienne cokerie. Cette station expérimentale *in situ* permet de traiter, en vraie grandeur, les questions envisagées par le projet du GISFI. Il s'agit là d'un objectif opérationnel majeur pour la structuration des actions des différents laboratoires et partenaires.

Des lysimètres dédiés à l'étude des transformations et des transferts de polluants

Ces dispositifs expérimentaux de terrain en conditions climatiques réelles utilisent les techniques lysimétriques. Les lysimètres peuvent prendre une forme de parcelles ou de colonnes (diamètre un mètre et deux mètres de profondeur) et contiennent la terre ou le matériau à étudier. Ainsi cela permet l'étude, *in situ*, des transformations et des transferts de polluants. Ces systèmes sont largement utilisés en Allemagne mais c'est la seule station de ce type en Europe dédiée à l'étude des sols de friches industrielles. Le bâtiment est équipé de laboratoires pour la préparation et l'analyse des échantillons de terres, eaux, organismes animaux et végétaux. La station accueille les chercheurs du GISFI mais aussi d'autres chercheurs français et étrangers dans le cadre de programmes nationaux et internationaux. Elle est aussi un lieu privilégié pour la formation des Ingénieurs et élèves de Master de l'Université de Lorraine et la sensibilisation des populations à la recherche sur les sols et à l'éducation environnementale des plus jeunes, notamment dans le cadre de la Fête de la Science et d'interventions des chercheurs dans les écoles et collèges.

Vers l'élaboration de procédés de traitement des sols

Les connaissances acquises par le GISFI permettent la compréhension des mécanismes qui régissent le fonctionnement de ces



Photo 1 : Station expérimentale GISFI à Homécourt - France

milieux fortement anthropisés et pollués par les activités industrielles passées. Il est possible alors d'élaborer des procédés de traitement des sols et de proposer des filières de réhabilitation, voire de valorisation, qui répondent aux exigences du développement durable. Dans ce cadre, le traitement *in situ* des pollutions en couplage avec la restauration des fonctions des sols constitue une voie pertinente pour la réhabilitation des friches industrielles. Ces dernières sont ainsi considérées comme ressources pour lesquelles le GISFI élabore des procédés et filières d'ingénierie écosystémique permettant la valorisation économique, écologique et sociale de ces milieux.

Deux exemples de projets illustrent cette stratégie: le projet LORVER, financé par l'AME (Agence Economique) de la Région Lorraine et le FEDER, a pour objectif la création d'une filière de production de biomasse végétale à usage industriel sur des sites délaissés (ex : friches industrielles à faible pression foncière) en fonctionnalisant les sols à l'aide de matériaux et sous-produits industriels ou urbains. Il s'agit ici de réaliser l'assemblage de compétences et de procédés en vue de construire une filière opérationnelle, en Lorraine puis dans d'autres secteurs géographiques.

Le projet BIOXYVAL, soutenu par le Programme des Investissements d'Avenir, permet de tester et démontrer en vraie grandeur la pertinence d'une gamme de solutions de diagnostic et traitement applicable à des sites présentant des pollutions complexes. Il est porté par le cluster ELFI, associé 8 entreprises, le BRGM et le GISFI sur une période de cinq ans. Il prend appui sur une friche mise à disposition par ArcelorMittal France dans le cadre du réseau de site atelier SAFIR (safir-network.com).

Une future plateforme de transfert technologique ?

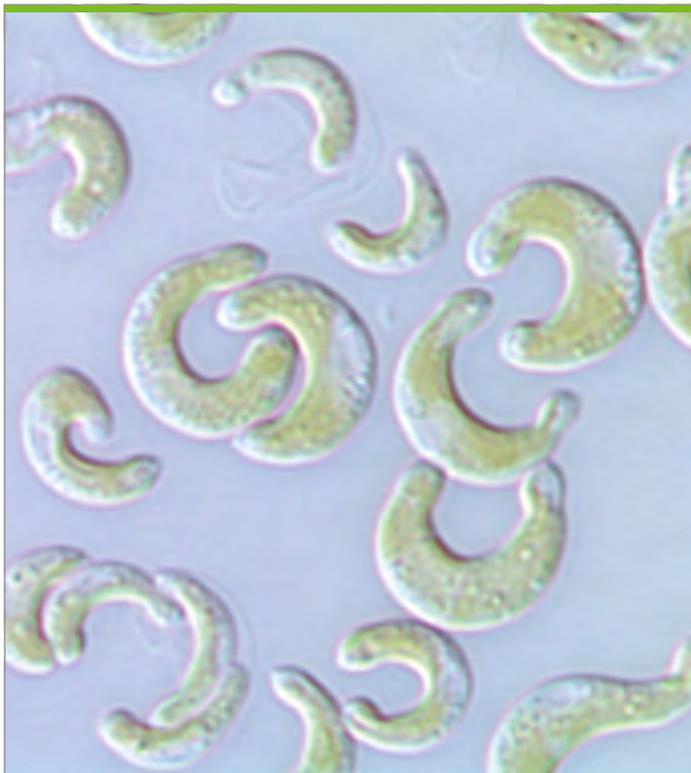
Le GISFI a programmé en 2016 la création d'un Centre de Transfert Technologique, le GISFI-TECH destiné aux entreprises qui bénéficieront d'un environnement de R&D à l'appui de leurs stratégies de développement.

Noële Raoult, directrice du GISFI (noele.raoult@univ-lorraine.fr)



Photo 2 : Intérieur d'un groupe de lysimètres.

Les brèves du Centre Ecotox



Des progrès dans l'évaluation des données écotoxicologiques

Les procédures d'autorisation ou la détermination des critères de qualité environnementale se basent sur des données écotoxicologiques dont il importe de vérifier la fiabilité et la pertinence. Or l'opinion personnelle des experts influe fortement sur la décision d'accepter ou de rejeter certaines données de toxicité et donc sur les seuils déterminés et par voie de conséquence sur l'issue de l'autorisation des produits chimiques ou de la surveillance de l'environnement. Avec un groupe international d'experts, le Centre Ecotox a donc élaboré un système qui permet une évaluation plus sûre, plus transparente et moins subjective. Dans une nouvelle publication, les responsables présentent le nouveau système d'évaluation en précisant les critères employés et en indiquant les informations que doivent fournir les études écotoxicologiques pour pouvoir être utilisées dans un cadre réglementaire. Un autre article vient d'être soumis, qui présente une comparaison de la nouvelle méthode avec l'ancienne dans des essais croisés.

Moerland, C.T.A., Kase, R., Korkaric, M., Ågerstrand, M. (2015) CRED: Criteria for Reporting and Evaluating ecotoxicity Data. *Environmental Toxicology and Chemistry* DOI: 10.1002/etc.3259

Nouveau site Internet du Centre Ecotox

Le Centre Ecotox dispose d'un nouveau site Internet depuis le 21 octobre. En plus d'un design révisité, il présente un nouveau système de navigation qui rend l'accès aux divers contenus encore plus facile. Grâce au Responsive Design, le site sera également parfaitement compatible avec les appareils mobiles. Venez voir par vous-même !

www.centreecotox.ch

Fiche info sur les microplastiques dans l'environnement aquatique

La pollution des mers, océans, lacs et rivières par les microplastiques prend une ampleur toujours croissante dans la mesure où ces matériaux se dégradent extrêmement lentement et que la consommation de plastique ne cesse d'augmenter. Même si la contamination par ces particules de moins de 5 mm est plus connue en milieu marin, une étude des grands lacs suisses a révélé qu'elles étaient également omniprésentes en milieu continental. Alors qu'il est certain que les organismes aquatiques les absorbent, leur effet écotoxicologique est encore mal cerné. Des études de laboratoire ont cependant montré que leur ingestion réduisait les capacités d'alimentation des bivalves et du zooplancton et affectait la reproduction des copépodes. La nouvelle fiche « Les microplastiques dans l'environnement » fait le point des connaissances actuelles sur la question en insistant sur la formation des microplastiques, leurs voies de rejet dans l'environnement, leur collecte, leur détection et leurs effets sur les organismes aquatiques.

www.centreecotox.ch/news-publications/fiches-info



De nouveaux visages au Centre Ecotox

Trois nouvelles personnes viennent renforcer nos rangs: Michel Wildi, Thomas Bucher et Régis Vivien. Bienvenue au Centre Ecotox !

Michel Wildi travaille depuis septembre 2015 au Centre Ecotox à Lausanne où il assiste Carmen Casado-Martinez dans l'élaboration d'un module Sédiments pour le Système modulaire gradué. « Je trouve ce projet passionnant ! Etant donné la complexité du sujet, il réunit des aspects très différents, d'ordre aussi bien scientifique que politique ou économique » nous a-t-il confié avant d'ajouter: « Pour être vraiment complète, l'appréciation de la qualité de l'eau en Suisse doit impérativement comporter un module dédié aux sédiments. » Michel Wildi a effectué un bachelier en biochimie et un mastère en sciences de l'environnement. Dans son travail de mastère à l'Institut FA Forel (université de Genève), il a étudié la composition du périphyton sur différents sites contaminés et sa sensibilité au stress métallique. Il a ensuite effectué un stage auprès de la Confédération où il a élaboré un chapitre Protection des eaux pour le Système d'information concernant les substances dangereuses.

Thomas Bucher a pris ses fonctions de technicien de laboratoire en biologie dans le domaine de l'écotoxicologie aquatique en octobre 2015. Il a effectué un mastère de technologie et de gestion de l'environnement à la Fachhochschule Nordwestschweiz sur le traitement des eaux par les UV. Après une formation de laborantin en biologie, Thomas Bucher a tout d'abord travaillé à la station de recherche de Wädenswil dans le domaine de l'œnologie. Dans les diverses fonctions qu'il a ensuite occupées à l'EPF de Zurich, au Muséum zoologique de l'université de Zurich et au Laboratoire cantonal de Zurich, il a notamment travaillé à la lutte biologique contre les nuisibles à l'aide de champignons pathogènes pour les insectes, participé à l'étude génétique des animaux sauvages et travaillé au dosage de composés problématiques dans les denrées alimentaires à l'aide de méthodes de biologie moléculaire. Thomas Bucher est contrôleur diplômé des denrées alimentaires et formateur de techniciens de laboratoire.

Régis Vivien travaille au Centre Ecotox depuis octobre 2015 dans le domaine de l'écotoxicologie des sédiments. Après un Master en sciences naturelles de l'environnement, il a travaillé pendant plusieurs années dans le domaine de la systématique et l'écologie des oligochètes aquatiques. Au Centre Ecotox, c'est également aux communautés de ces organismes particuliers que Régis Vivien consacre ses travaux: il évalue en effet les possibilités d'utilisation et de validation d'indices biologiques basés sur les oligochètes pour la biosurveillance des lacs et rivières et travaille à l'élaboration d'un indice basé sur l'identification des oligochètes à l'aide de code-barres génétiques. Il s'intéressera par ailleurs à la systématique et à l'écologie des nématodes et participera à divers projets d'élaboration et de validation de tests écotoxicologiques au laboratoire et *in situ*.



Formation continue 2016

En février 2016, le Centre Ecotox à nouveau participera à l'enseignement dispensé dans le cadre du **module d'écotoxicologie du MAS en toxicologie** proposé par l'Ecole de pharmacie de Genève/Lausanne, l'Université de Genève et le Centre de toxicologie humaine appliquée. Le cours de formation continue s'adresse aux spécialistes travaillant dans la recherche, l'industrie et l'administration et permet l'obtention d'un diplôme reconnu pour l'inscription au registre professionnel des toxicologues.

Les 8 et 9 juin 2016, un cours **d'Introduction à l'écotoxicologie** sera à nouveau proposé. Après un exposé de l'impact des polluants sur les écosystèmes aquatiques et terrestres, des tests permettant de mesurer ces effets seront présentés. Le cours abordera ensuite la question du comportement et du devenir des polluants dans l'environnement avant de traiter de l'évaluation du risque et des aspects législatifs et réglementaires la concernant. D'un point de vue pratique, la visite d'un laboratoire d'écotoxicologie aquatique sera organisée et comprendra la présentation de quelques tests et organismes spécifiques.

Les 25 et 26 octobre 2016, le Centre Ecotox proposera un cours sur la **Toxicité des mélanges: concepts pratiques d'évaluation des cocktails chimiques dans l'environnement** qui s'intéressera à l'évaluation écotoxicologique des mélanges dans le contexte réglementaire actuel. Le cours présentera les principes et méthodes d'évaluation s'inscrivant dans le cadre des procédures d'autorisation de mise en circulation des pesticides et des produits chimiques industriels puis abordera l'appréciation de la qualité des eaux à l'aide de méthodes chimiques et biologiques. Les bioessais spécifiques de certains modes d'action permettent ainsi d'évaluer l'effet global d'un cocktail sans en connaître la composition exacte. En combinant les données du monitoring de la contamination chimique des eaux et les effets connus des substances détectées, les groupes d'organismes les plus menacés peuvent par ailleurs être identifiés.

Nous serions très heureux de votre participation !

www.centreecotox.ch/prestations-expert/formation-continue
www.unige.ch/formcont/toxico



De nouvelles données pour l'évaluation du risque écotoxicologique lié aux bromates

De nombreuses stations d'épuration seront bientôt équipées de dispositifs d'ozonation pour améliorer l'élimination des micropolluants dans les eaux usées. Ce traitement élimine beaucoup de composés nocifs mais il génère également des sous-produits de réaction qui peuvent être dangereux. Ainsi, l'ozonation induit la transformation des bromures en bromates, des ions qui, à forte concentration, peuvent être cancérogènes pour l'homme et pour lesquels un seuil de tolérance a donc été défini pour l'eau potable. Jusqu'à présent, l'impact des bromates sur les organismes aquatiques ne pouvait pas être correctement évalué en raison d'un nombre insuffisant d'études sur le sujet. Pour pallier ce manque, l'Office des déchets, de l'eau, de l'énergie et de l'air du canton de Zurich (AWEL) a chargé le Centre Ecotox d'évaluer les risques potentiels pour les organismes. Dans un premier temps, la toxicité pour les daphnies, les algues, les rotifères et les lentilles d'eau a été étudiée en partenariat avec le laboratoire d'écotoxicologie Soluval Santiago. A partir des données obtenues, le Centre Ecotox a proposé des critères de qualité environnementale pour les bromates, c'est-à-dire des concentrations à partir desquelles la vie aquatique est susceptible d'être affectée. Le respect de ces critères de qualité doit permettre de mieux protéger les organismes aquatiques des effets nocifs à long et à court terme des bromates.

Les données de même que d'autres documents seront disponibles prochainement sous www.centreecotox.ch/prestations-expert/criteres-de-qualite-environnementale
Contact: Robert Kase robert.kase@oekotozentrum.ch



Les perspectives de l'échantillonnage passif

Les capteurs passifs qui adsorbent à leur surface les polluants présents dans la phase aqueuse sont encore peu utilisés alors qu'ils livrent des échantillons très intéressants pour différents types d'études. Dans une nouvelle publication rédigée avec le concours du Centre Ecotox, plusieurs experts présentent une stratégie visant à encourager le recours à l'échantillonnage passif dans l'évaluation du risque écologique et la surveillance de routine de la qualité des eaux. Cette stratégie mise sur l'identification de méthodes robustes, sur les nouvelles technologies et sur le calcul du rapport entre les concentrations dans le capteur passif et dans les organismes ou dans l'eau. Une démarche en plusieurs étapes est proposée afin d'identifier les régions susceptibles de présenter un dépassement des critères de qualité environnementale. Les experts recommandent par ailleurs divers types d'actions comme la réalisation d'essais croisés pour accroître la crédibilité de l'échantillonnage passif auprès des décideurs.

Miège, C., Mazzella, N., Allan, I., Dulio, V., Smede, F., Tixier, C., Vermeirssen, E., Branti, J., O'Toole, S., Budzinski, H., Ghestem, J.-P., Stau, P.-F., Lardy-Fontan, S., Gonzalez, J.L., Coquery, M., Vrana, B. (2015) Position paper on passive sampling techniques for the monitoring of contaminants in the aquatic environment – Achievements to date and perspectives. *Trends in Environmental Analytical Chemistry* 8 (2015) 20–26



Un hôte vietnamien

En septembre 2015, le Centre Ecotox a eu le plaisir d'accueillir un scientifique vietnamien qui, pendant un mois, s'est familiarisé avec les tests écotoxicologiques utilisables pour apprécier la qualité des sédiments et avec les méthodes de prélèvement et de préparation des échantillons issus de ce compartiment. C'est grâce à une bourse de l'EPFL que Bui Le Thanh Khiet de l'Institut de l'environnement et des ressources naturelles de l'Université Nationale de Hô-Chi-Minh-Ville a pu se rendre à Lausanne. « Notre laboratoire d'écotoxicologie dispose déjà de divers tests pour l'appréciation de la qualité de l'eau mais nous manquons encore de tests pour les sédiments », a expliqué Khiet. Sa visite lausannoise sera suivie, en retour, d'un séjour de Carmen Casado-Martinez à l'Université Nationale de Hô-Chi-Minh-Ville où elle aidera les chercheurs vietnamiens à adopter les nouveaux tests et créera les bases d'une collaboration entre les deux laboratoires.

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.

En Europe, l'utilisation du sol influe sur la biodiversité et l'écologie du sol

Les données recueillies dans le sol de 76 sites répartis sur 11 pays européens montrent que l'intensité de l'utilisation du sol a une influence systématique sur la biodiversité et les fonctions écologiques de cet écosystème. Quatorze paramètres ont été mesurés dans chaque échantillon, notamment l'abondance et la composition en espèces des différents groupes d'organismes, la biomasse bactérienne et la nitrification. Une analyse des réseaux écologiques (ENA) a révélé que les organismes biologiques étaient moins bien connectés dans les champs cultivés que dans les prairies ou les sols forestiers. C'est la première fois qu'une étude rassemble autant de paramètres biologiques à l'échelle européenne.

Creamer, R.E. et al (2015) Ecological network analysis reveals the inter-connection between soil biodiversity and ecosystem function as affected by land use across Europe. *Applied Soil Ecology* doi:10.1016/j.apsoil.2015.08.006

La décomposition de la litière s'effectue aussi dans les sols contaminés par les métaux

La pollution métallique des sols ne compromet pas systématiquement leurs fonctions écologiques. C'est ce que montre une nouvelle étude dans laquelle des chercheurs français ont constaté que, sur un ancien site minier contaminé au cadmium, au zinc et au plomb, la litière était plus rapidement décomposée que sur les sites témoins non pollués. L'efficacité de la décomposition était comparable sur les deux types de sites alors que la composition du groupe de détritivores y était différente. Contrairement aux attentes, la densité d'organismes était beaucoup plus élevée sur le site pollué que sur les sites témoin. D'après les scientifiques, le taux plus élevé de décomposition serait indirectement dû à une teneur en lignine plus faible dans la litière et à un pH du sol plus élevé sur le site contaminé.

Lucisine, P. et al. (2015) Litter chemistry prevails over litter consumers in mediating effects of past steel industry activities on leaf litter composition. *Science of the Total Environment*, 537, 213–224

Les code-barres génétiques pour la biosurveillance avec les oligochètes

La composition des communautés d'oligochètes aquatiques est un bon indicateur de la qualité de l'eau et du sédiment. La détermination des espèces est cependant très difficile sur la base de critères purement morphologiques, ce qui limite leur utilisation dans la bioindication de routine. Une nouvelle étude montre que ce problème peut être résolu par l'utilisation de code-barres génétiques pour

identifier les oligochètes. La facilité d'amplification et la spécificité taxonomique des séquences d'ADN sélectionnées font des oligochètes des indicateurs de choix pour les nouvelles stratégies de biosurveillance des milieux aquatiques basées sur les études d'ADN.

Vivien, R., Wyler, S., Lafont, M., Pawlowski, J. (2015) Molecular barcoding of aquatic oligochaetes: implications for biomonitoring. *PLoS ONE* 10:e0125485

Les abeilles gourmandes de néonicotinoïdes

Les éléments prouvant la nocivité des néonicotinoïdes pour les abeilles ne cessent de s'accumuler. Une nouvelle étude montre ainsi que, lorsqu'ils ont le choix, les abeilles mellifères et les bourdons préfèrent consommer du nectar contenant des néonicotinoïdes tels que l'imidaclopride ou le thiaméthoxame plutôt que du nectar sain. Les chercheurs ignorent encore comment ce choix s'opère étant donné que les études neurologiques ont montré que les abeilles ne pouvaient pas détecter les pesticides au goût. Dans une autre étude, une équipe suédoise a observé que la densité d'abeilles sauvages était réduite de moitié dans les champs de colza dont les semences étaient traitées avec de la clothianidine, un autre néonicotinoïde.

Kessler, S.C. et al. (2015) Bees prefer food containing neonicotinoid pesticides. *Nature* 521, 74–76

Rundlöf, M. et al. (2015) Seed coating with neonicotinoid insecticide negatively affects wild bees. *Nature* 521, 77–80

Les abeilles également affectées par les fongicides ?

Deux nouvelles études poussent à s'interroger sur le rôle des fongicides dans la santé des abeilles. Une équipe de chercheurs du Wisconsin a découvert que des bourdons ayant collecté du nectar sur des fleurs traitées aux fongicides s'en trouvaient affectés. Les colonies étaient moins grandes, les ouvrières plus petites et les reines moins robustes que celles des bourdons témoins. Une autre étude a montré que les champs traités avec différents pesticides présentaient une densité d'abeilles sauvages et une biodiversité beaucoup plus faibles que les champs non traités. L'utilisation de fongicides contribuait fortement à l'effet observé.

Bernauer, O.M., Gaines-Day, H.R., Steffan, S.A. (2015) Colonies of Bumble Bees (*Bombus impatiens*) Produce Fewer Workers, Less Bee Biomass, and Have Smaller Mother Queens Following Fungicide Exposure. *Insects* 2015, 478-488

Park, M.G., Blitzer, E.J., Gibbs, J., Losey, J.E., Danforth, B.N. (2015) Negative effects of pesticides on wild bee communities can be buffered by landscape context. *Proceedings of the Royal Society B*, 282: 20150299

Impressum

Editeur : Centre Ecotox

Eawag/EPFL

Überlandstrasse 133

8600 Dübendorf

Suisse

Tél. +41 58 765 5562

Fax +41 58 765 5863

www.oekotoxzentrum.ch

EPFL-ENAC-IIE-GE

Station 2

1015 Lausanne

Suisse

Tél. +41 21 693 6258

Fax +41 21 693 8035

www.centreecotox.ch

Rédaction et textes non signés: Anke Schäfer, Centre Ecotox

Traductions: Laurence Frauenlob-Puech (f), Valérie Cardona (d)

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

Copyright des photos: Centre Ecotox, Gabriela Brändle et Urs Zihlmann (Agropscope) et Andreas Chervet (OAN) (photo de couverture), Eva Kohlschmid (p. 4), Jörg Römbke (p. 7), Benjamin Pauget (p. 9, 10), Noëlle Raoult (p. 11, 12).

Parution: deux fois par an

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

Impression: Mattenbach AG, Winterthur

Imprimé sur papier recyclé

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