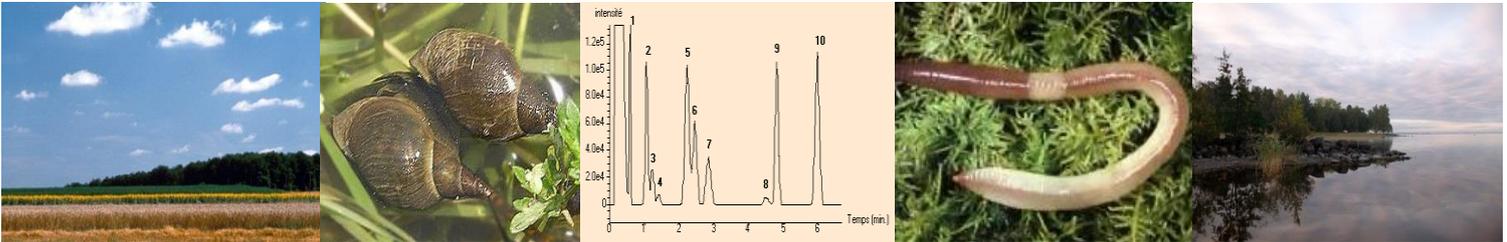


7^{ème} Séminaire d'Ecotoxicologie



Webinaire, 16-17 novembre 2020

Réseau d'Ecotoxicologie Terrestre et Aquatique

<http://www6.inrae.fr/ecotox>



INRAE



Webinaire du Réseau ECOTOX

16-17 novembre 2020

Comité d'organisation

Isabelle Lamy (ECOSYS Versailles)
Marie-Agnès Coutellec (ESE Rennes)
Laurence Denaix (ISPA Bordeaux)
Juliette Faburé (ECOSYS Versailles)
Fabrice Martin-Laurent (Agroécologie Dijon)
Soizic Morin (EABX Bordeaux)
Christian Mougín (ECOSYS, Versailles)

Réseau d'Ecotoxicologie Terrestre et Aquatique

Remerciements

Les activités du réseau ECOTOX sont soutenues financièrement par INRAE (DS Environnement). Ce webinaire a également bénéficié du soutien logistique de Sorbonne Université et de la Fédération FIRE.



Webinaire du Réseau ECOTOX

16-17 novembre 2020

Programme

Programme

Lundi 16 Novembre 13h15-17h15

Dès 12h45 : connexions et accueil en distanciel des participants

Session 1 : Ecotoxicologie Terrestre. Modératrice : Laurence Denaix

13h15-14h00 : Ouverture du séminaire : Thierry Caquet : « INRAE : quelles opportunités pour l'écotoxicologie ? »

14h-14h20 : Charles S. *et al.* : « Revisite des analyses de sensibilité pour les plantes terrestres non-cibles »

14h20-14h40 : Laurent C. *et al.* : « La fertilisation organique augmente-t-elle à long terme la biodisponibilité du cuivre et du zinc dans les sols agricoles ? »

14h40-15h00 : Néliu S. *et al.* : « Dissipation et biodisponibilité pour les vers de terre de deux fongicides dans des conditions de laboratoire et sur le terrain »

15h00-15h15 : Pause

15h15-15h35 : Cheviron N. *et al.* : « Vers un référentiel d'interprétation de la diversité fonctionnelle des sols sous contraintes »

15h35-15h55 : Fourcot A. *et al.* : « Modélisation du transfert de chlordécone chez le ruminant »

15h55-16h15 : Janot N. *et al.* : « Spéciation des terres rares dans des sols de stériles miniers : Étude expérimentale et modélisation »

16h15-16h35 : Petit-dit-Grezeriat L. *et al.* : « Microplastiques dans l'environnement terrestre : implications pour l'escargot *Cantareus aspersus* »

16h35-17h05 : Session Flash

16h35-16h45 : Mench M. *et al.* : « Phytomanaging metal(loid)-contaminated sites improves soil physico-chemical properties, microbial activity and diversity »

16h45-16h55 : Ouedraogo F. *et al.* : « Expliquer la disponibilité et la mobilité du cuivre par la qualité de la MOD dans les sols viticoles en agriculture biologique »

16h55-17h05 : Sereni L. *et al.* : « Les sols contaminés en éléments trace peuvent-ils être considérés comme une aubaine face à l'augmentation de la concentration atmosphérique en gaz à effet de serre ? »

17h05-17h15 : Bilan et fin de la première session

Mardi 17 novembre

Session 2 : Modélisation et écotoxicologie aquatique. Modératrice : Marie-Agnès Coutellec

- 9h00-9h45 : Conférence invitée : Sandrine Charles et Christelle Lopes : « Ecotoxicologie 2.0 : Modéliser pour mieux évaluer »
- 9h45-10h05 : Bart S. *et al.* : « Prédire l'effet des mélanges au cours du temps avec des modèles toxicocinétique-toxicodynamique (TK-TD) »
- 10h05-10h25 : Ratier A. *et al.* : « Un nouvel outil pour le calcul des facteurs de bioaccumulation des substances actives dans les organismes vivants : MOSAIC_{bioacc} »
- 10h25-10h45 : Baratange C. *et al.* : « Effets du mercure organique et inorganique chez la moule zébrée *Dreissena polymorpha* »

10h45-11h00 : Pause

- 11h00-11h20 : Clement B. *et al.* : « Analyse des effets d'un mélange binaire cuivre : cadmium sur *Daphnia magna* et *Pseudokirchneriella subcapitata* au moyen du modèle du ligand biotique (BLM) »
- 11h20-11h40 : Espinosa A. *et al.* : « Photodégradation d'un anticancéreux en milieu aqueux »
- 11h40-12h00 : Bouly L. *et al.* : « Effets à long terme de l'exposition au diclofénac d'un gastéropode d'eau douce, *Lymnaea stagnalis* »
- 12h00-12h20 : Creusot N. *et al.* : « Décryptage métabolomique de la réponse écosystémique des biofilms dulcicoles à la pollution chimique »

12h20-12h40 : Session Flash

- 12h20-12h30 : Bart S. *et al.* : « Un modèle toxicocinétique-toxicodynamique pour analyser et prédire les effets des produits pharmaceutiques ionisables à différent pH »
- 12h30-12h40 : Wagner M. *et al.* : « Variabilité de la tolérance de lignées de daphnies aux isothiazolinones »

12h04-13h40 : Repas

Session 3 : Ecotoxicologie du continuum sol-eau. Modératrice : Juliette Faburé

- 13h40-14h25 : Conférence invitée : Stéphane Pesce et Fabrice Martin-Laurent : « Mieux prendre en compte le continuum sol-eau en écotoxicologie : apport de l'écotoxicologie microbienne appliquée aux agrosystèmes »
- 14h25-14h45 : Pierdet M. *et al.* : Evolution des transferts de cuivre vers la solution de sol et les eaux de drainages pendant une année de viticulture : comparaison des prélèvements passifs DGT (Diffusive Gradient in Thin film) et des prélèvements ponctuels »
- 14h45-15h05 : Néliu S. *et al.* : « Impact du paysage périurbain sur la contamination d'eaux de mares et évaluation des risques associés »
- 15h05-15h25 : Car C. *et al.* : « Etudier l'évolution des populations pour comprendre les conséquences à long terme d'un polluant »
- 15h25-15h40 : Pause
- 15h40-16h10 : Adjei Mensah E. *et al.* : « Traçage isotopique du chrome : des mines aux sols de rizière »

16h10-16h30 : Session flash

16h10-16h20 : Billet L. *et al.* : « Dispersion d'une fonction bactérienne émergente le long du continuum sol-eau-sédiment des agrosystèmes contaminés par les antibiotiques : l'antibiotrophie »

16h20-16h30 : Jabiol J. *et al.* : « Des outils chimiques et biologiques pour améliorer le diagnostic d'impact in situ des produits phytosanitaires »

16h30-17h00 : Bilan du webinaire 2020 et futures rencontres Ecotox



Webinaire du Réseau ECOTOX

16-17 novembre 2020

Conférences invitées

INRAE : quelles opportunités pour l'écotoxicologie ?

Thierry CAQUET¹

¹ INRAE, Direction Scientifique Environnement, 147 rue de l'Université, 75338 Paris Cedex, France.
thierry.caquet@inrae.fr

L'écotoxicologie était un domaine de recherche « historique » pour l'Inra et Irstea, avec davantage de complémentarités que de recouvrements (nature des substances, des organismes ou des milieux étudiés, outils mis en œuvre, etc.). La création d'INRAE a permis de réunir dans un même établissement une communauté significative, voire unique. Un travail de prospective scientifique mené en 2019-2020 a permis d'identifier divers domaines prioritaires pour lesquels le nouvel institut possède des atouts : analyse et modélisation du devenir de substances d'intérêt, déploiement d'outils pour la surveillance des milieux, mise en œuvre opérationnelle des concepts d'exposome et d'éco-exposome, compréhension des effets à différents niveaux d'organisation du vivant (y compris en abordant les questions relatives aux mélanges, aux processus adaptatifs ou évolutifs ou bien encore aux effets multi- ou transgénérationnels), développement d'approches d'éco-épidémiologie, analyse des conséquences des pressions toxiques sur les écosystèmes, développement d'approches à l'échelle des paysages, amélioration des méthodes d'évaluation des risques a priori et a posteriori (e.g., phytopharmacovigilance), etc. La préparation du document d'orientation d'INRAE pour les 10 ans à venir, qui affiche notamment dans ses objectifs prioritaires les questions de santé globale et d'évaluation et de gestion des risques, ainsi que la préparation des nouveaux schémas stratégiques des départements, constituent des occasions uniques de mettre en évidence les atouts d'INRAE et de se donner collectivement des objectifs ambitieux et partagés. Le réseau ECOTOX, lieu privilégié d'animation de la communauté, peut et doit contribuer à cette dynamique.

Mots-clés

Stratégie scientifique collective, Enjeux, Domaines prioritaires

Ecotoxicologie 2.0: Modéliser pour mieux évaluer

Sandrine CHARLES¹ & Christelle LOPES¹

¹ Univ Lyon, Université Lyon 1, CNRS, Laboratoire de Biométrie et Biologie Evolutive UMR5558, 69622
Villeurbanne, France
sandrine.charles@univ-lyon1.fr

Au sein de l'union européenne, plus de 100 000 substances chimiques d'origine humaine attendent une évaluation du risque associé pour l'environnement. Les approches statistiques actuelles en matière d'évaluation des risques reposent sur l'obtention d'indicateurs de toxicité classiques (e.g., la concentration létale à 50 %), estimés à partir de modèles dose-réponse ajustés à des données expérimentales issues de tests de toxicité réalisés selon des protocoles standard. Mais l'évaluation des risques environnementaux des substances chimiques est entrée aujourd'hui dans une nouvelle ère. En effet, les recommandations récemment publiées par l'EFSA et l'OCDE soulignent désormais la nécessité quasi incontournable d'adopter des approches de modélisation, et plus particulièrement des modèles mécanistes, pour réaliser des évaluations qui soient non seulement pertinentes sur le plan écologique, mais aussi plus intégratives, cohérentes et efficaces. Parmi les outils mis en avant, on trouve notamment les modèles toxicocinétiques-toxicodynamiques (TKTD) qui sont en particulier encouragés pour l'évaluation réglementaire des risques liés aux pesticides sur les organismes aquatiques [1]. Lors de cette conférence nous présenterons un bref panorama de la modélisation en écotoxicologie, nous évoquerons les idées fondatrices d'une approche opératoire pour l'évaluation des risques, et illustrerons notre propos sur la base d'exemples simples qui permettront aussi de présenter quelques outils « clé-en-main » conviviaux, gratuits et simples d'utilisation pour modéliser sans théoriser.

Référence

[1] EFSA PPR Panel. 2018. Scientific Opinion on the state of the art of Toxicokinetic/Toxicodynamic (TKTD) effect models for regulatory risk assessment of pesticides for aquatic organisms. *EFSA Journal* 16: 5377.

Mots-clés

Écotoxicologie Prédictive, Évaluation du risque environnemental, Modèles mécanistes, Inférence, Logiciel

Mieux prendre en compte le continuum sol-eau en écotoxicologie : apport de l'écotoxicologie microbienne appliquée aux agrosystèmes

Stéphane PESCE¹ & Fabrice MARTIN-LAURENT²

¹ INRAE, UR RiverLy, 5 rue de la Doua, CS 20244, 69625 Villeurbanne Cedex, France.

² AgroSup Dijon, INRAE, Univ. Bourgogne, Univ. Bourgogne Franche Comté, Agroécologie, 21000 Dijon, France.

stephane.pesce@inrae.fr, fabrice.martin@inrae.fr

L'écotoxicologie et les disciplines qui lui sont associées (ex. chimie environnementale ou écologie) sont fortement cloisonnées par type de milieu considéré. Dans le même temps, l'intérêt de prendre en compte les continuums environnementaux et les zones d'interface est de plus en plus souligné dans les sphères scientifiques et opérationnelles. Cela est illustré notamment par l'expertise collective (ESCo) commanditée récemment par trois ministères à INRAE et l'IFREMER concernant la contamination environnementale par les résidus de produits phytopharmaceutiques et ses impacts sur la biodiversité et les services écosystémiques le long du continuum terre-mer. Les agrosystèmes, qui présentent de forts enjeux socio-économiques, sont des écosystèmes qui illustrent bien l'importance du continuum sol-eau de par les liens étroits entre les bassins versants et les milieux aquatiques adjacents. Si ces liens sont relativement bien étudiés concernant les transferts des contaminants, ils restent peu pris en compte du point de vue des transferts biologiques et de la propagation des effets écotoxicologiques. Dans ce contexte, cet exposé visera à présenter des travaux d'écotoxicologie microbienne dans les agroécosystèmes vus sous le prisme du continuum sol-eau menés dans le cadre d'une collaboration scientifique ex-Irstea/ex-INRA longue d'une décennie.

Mots-clés

Ecotoxicologie microbienne, Sol, Eau, Sédiment, Pesticides, Antibiotiques



Webinaire du Réseau ECOTOX

16-17 novembre 2020

Présentations orales



Webinaire du Réseau ECOTOX

16-17 novembre 2020

Session 1

Ecotoxicologie dans les environnements terrestres

Prédire l'effet des mélanges au cours du temps avec des modèles toxicocinétique-toxicodynamique (TK-TD)

Oral

Sylvain BART^{1,2}, Tjalling JAGER³, Alex ROBINSON², Elma LAHIVE², David J. SPURGEON², Roman ASHAUER^{1,4}

¹ Environment Department, University of York, Wentworth Way, Heslington, York, YO10 5NG, Royaume-Uni.

² UK Centre for Ecology & Hydrology, MacLean Building, Benson Lane, Wallingford, Oxon, OX10 8BB, Royaume-Uni.

³ DEBtox research, De Bilt, Pays-Bas.

⁴ Syngenta Crop Protection AG, Basel, Suisse.

sylvain.bart@york.ac.uk

À ce jour, les méthodes d'évaluation de la toxicité des mélanges sont basées sur les courbes doses-réponses et ignorent ainsi la dimension temporelle. De plus, lorsque les prédictions sous-estiment ou surestiment les effets, il en est conclu la présence d'interactions, couramment appelés synergie et antagonisme respectivement, mais l'analyse s'arrête ici. Une alternative prometteuse pour aller plus loin dans l'évaluation de la toxicité des mélanges, avec ou sans interaction, est l'utilisation de modèles toxicocinétique-toxicodynamique (TK-TD) qui simulent dans le temps des processus conduisant à des effets toxiques sur les organismes. Parmi les modèles TK-TD, les modèles GUTS (The General Unified Threshold model of Survival) permettent l'analyse et la prédiction des effets sur la survie au cours du temps. Nous présentons dans un premier temps l'extension des modèles GUTS pour analyser et prédire l'effet des mélanges, avec des modes d'actions différents ou similaires. Ces modèles ont été testés et validés à partir d'expérimentations dédiées avec l'espèce modèle *Enchytraeus crypticus*, et confrontés à des données de la littérature. Dans un second temps, nous présentons l'ajout d'un nouveau module dans ces modèles GUTS permettant la prise en compte des phénomènes de synergie et d'antagonisme, de manière mécanistique.

Mots-clés

Toxicité des mélanges, Modélisation toxicocinétique-toxicodynamique, Pesticides, Mode d'action, Synergie.

Revisite des analyses de sensibilité pour les plantes terrestres non-cibles

Oral

Sandrine CHARLES¹, Dan WU¹, Aude RATIER¹, Virginie DUCROT²

¹ Univ Lyon, Université Lyon 1, CNRS, Laboratoire de Biométrie et Biologie Evolutive UMR5558, 69622 Villeurbanne, France.

² BAYER AG, Crop Science, Building 6620, 1.10, 40789 Monheim, Allemagne.
sandrine.charles@univ-lyon1.fr

Aujourd'hui, les analyses de sensibilité de la distribution des espèces (Species Sensitivity Distributions, SSD) sont reconnues comme l'un des outils phare de l'évaluation des risques (ERE) liés aux produits chimiques. Elles permettent une quantification fiable de la gamme des sensibilités au sein des communautés végétales ou animales, conduisant à une estimation des concentrations susceptibles d'affecter les traits de vie de 5% des espèces (5% Hazard Concentration, HC5). Estimer une HC5 consiste à ajuster une distribution de probabilité sur un ensemble d'indicateurs de toxicité, eux-mêmes obtenus à partir de l'ajustement d'un modèle dose-réponse sur des données issues de tests de toxicité. Classiquement, ces indicateurs de toxicité sont des valeurs ponctuelles entrées dans les analyses SSD, alors qu'une incertitude leur est nécessairement associée, rarement prise en compte dans l'ERE. Dans le cas des plantes terrestres non-cibles (Non-Target Terrestrial Plants, NTTP), les concentrations auxquelles elles sont exposées sont appelées des « taux d'exposition ». L'ajustement d'un modèle dose-réponse pour toutes les espèces choisies fournit alors des taux effectifs à 50 % (50% Effective Rate, ER50) utilisés ensuite dans l'analyse SSD conduisant à l'estimation d'une HR5. Les taux d'exposition à utiliser sont standardisés comme proportionnels au taux maximal d'application du produit in situ ; un tel choix, pertinent en termes agronomiques, ne permet pas d'ajuster la concentration maximale testée en fonction de la sensibilité de l'espèce étudiée. En conséquence, on obtient souvent des ER50 censurées à droite (i.e., > taux d'exposition maximum), ce qui fragilise ensuite l'analyse SSD. Sur la base de plusieurs études de cas, nous montrerons comment il est possible de tenir compte à la fois de l'incertitude sur les ER50 et d'inclure des ER50 censurées à droite dans les analyses SSD. En particulier, nous examinerons comment cela influence l'estimation de la HR5 [1].

Référence

[1] Sandrine Charles, Dan Wu, Virginie Ducrot. 2020. How to account for the uncertainty from standard toxicity tests in species sensitivity distributions: an example in non-target plants. *bioRxiv* 2020.07.02.183863; doi: <https://doi.org/10.1101/2020.07.02.183863>.

Mots-clés

Dose-réponse, Species Sensitivity Distributions, Incertitude, Censure, Logiciel

Vers un référentiel d'interprétation de la diversité fonctionnelle des sols sous contraintes

Oral

Nathalie CHEVIRON¹, Virginie GRONDIN¹, Anne JAULIN¹, Jean-Pierre PETRAUD¹,
Amélie TROUVE¹, Erell NASLAIN¹, Juliette SARRAZIN¹, Christian MOUGIN¹

¹ Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR ECOSYS, plateforme Biochem-Env, 78026 Versailles, France.

contact-biochemenv@inrae.fr

Pour évaluer le fonctionnement d'écosystèmes sous contraintes, et afin d'assurer les actions pour leur protection et leur gestion, il est nécessaire de disposer d'indicateurs fiables, mesurables et interprétables qui répondent aux perturbations subies. Les indicateurs biochimiques traduisent des modifications métaboliques des organismes qui révèlent leur exposition à des conditions environnementales en évolution, comme les contaminations chimiques. Dans ce contexte, la plateforme Biochem-Env (<https://www.biochemenv.fr/>) est un outil innovant qui ambitionne d'accroître notre connaissance des indicateurs biochimiques de l'environnement (milieux et biote) et de faciliter leur utilisation par la communauté scientifique.

Outre la conduite de projets et de prestations de recherche, la plateforme développe des méthodes d'analyse validées au niveau international par des essais inter-laboratoires qui garantissent leur bonne répétabilité (intra-laboratoire) et reproductibilité (inter-laboratoire), préalables à la normalisation ISO (par exemple [1]).

Ces méthodes permettent l'acquisition et l'expression d'un grand nombre de données facilement comparables et mobilisables dans le cadre de référentiels d'interprétation.

Nous présentons ici les premières étapes de la construction d'un référentiel d'interprétation de la diversité fonctionnelle de sols sous contraintes.

Référence

[1] ISO 20130:2018. Soil quality - Measurement of enzyme activity patterns in soil samples using colorimetric substrates in micro-well plates.

Mots-clés

Sols, Organismes, Enzymes, Méthodes, Référentiel

Remerciements

La plateforme Biochem-Env (DOI 10.15454/HA6V6Y), rattachée à l'infrastructure nationale de recherche AnaEE-France, a bénéficié d'une aide de l'Etat gérée par l'ANR au titre du programme « Investissements d'avenir » portant la référence ANR-11-INBS-0001.

Modélisation du transfert de chlordécone chez le ruminant *Oral*

Aurore FOURCOT¹, Cyril FEIDT¹, Guido RYCHEN¹, Agnès FOURNIER¹

¹ URAFPA, Université de Lorraine, USC 340 INRAE, 2 avenue de la Forêt de Haye, 54500 Vandoeuvre-lès-Nancy France.

aurore.fourcot@univ-lorraine.fr

La thématique de recherche de notre équipe vise à assurer la résilience des systèmes d'élevage en zone contaminée, en particulier dans les contextes de crise sanitaire. L'objectif est donc de pouvoir modéliser le transfert de contaminants de l'environnement, depuis la matrice contaminée ingérée par l'animal jusqu'à la présence de contaminants dans les produits animaux potentiellement consommés tout en prenant en compte le transfert de contamination de l'animal à l'environnement. Dans le cadre d'un projet de recherche (ANR INSSICCA*), nos travaux portent sur le cas de l'élevage de ruminants aux Antilles Françaises dans les zones contaminées en chlordécone (CLD), pesticide aujourd'hui interdit, mais rémanent dans les sols. Le sol est ainsi considéré comme étant le réservoir de CLD et le principal vecteur de contamination pour ces animaux.

Pour modéliser le transfert de la CLD chez le ruminant, des expérimentations in vivo ont été réalisées chez la brebis afin de déterminer les paramètres toxicocinétiques de la CLD, de caractériser sa distribution tissulaire et son élimination via le métabolisme et les matrices d'excrétion. La construction d'un modèle PBPK a permis de formaliser et d'intégrer l'ensemble de ces connaissances. Ce modèle permet également d'intégrer les mécanismes d'exposition (ingestion, bioaccessibilité, séquestration de la molécule) et d'excrétion dans l'environnement. Une fois extrapolé et validé chez le bovin, ce modèle pourra être utilisé comme outil de recherche et comme outil d'aide à la décision pour mettre en place des stratégies de décontamination sur le terrain et accompagner les filières locales qui font face à la problématique CLD.

**Innovative Strategies to Secure livestock production in Chlordecone Contaminated Areas*

Mots-clés

PBPK, Décontamination, Chlordécone, Ruminants, Sécurité alimentaire

La fertilisation organique augmente-t-elle à long terme la biodisponibilité du cuivre et du zinc dans les sols agricoles ?

Oral

Céline LAURENT^{1,2,3}, Matthieu N. BRAVIN^{1,2}, Olivier CROUZET^{3,4}, Céline PELOSI^{3,5},
Isabelle LAMY³

¹ CIRAD, UPR Recyclage et risque, F-97743 Saint-Denis, Réunion, France.

² Recyclage et risque, Univ Montpellier, CIRAD, Avenue Agropolis, 34398 Montpellier Cedex 5, France.

³ INRA, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, UMR 1402 ECOSYS, Ecotoxicology Team, 78026 Versailles, France.

⁴ OFB, Unité Petite faune sédentaire et outre-mer, France.

⁵ UMR EMMAH, INRA, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, 84914, Avignon, France.

celine.laurent@cirad.fr

La valorisation agronomique de fertilisants organiques est une source majeure de contamination chronique en cuivre (Cu) et en zinc (Zn) des sols agricoles. La littérature scientifique ne permet pas de trancher sur l'évolution à long-terme de la biodisponibilité pour les organismes du sol de Cu et Zn apportés par les fertilisants organiques. L'objectif de ce travail de thèse a été d'évaluer les déterminants biogéochimiques de la biodisponibilité de Cu et Zn pour les plantes et les vers de terre. Les sols étudiés provenaient d'essais de terrain décennaux conduits à La Réunion, comparant une fertilisation minérale à une fertilisation organique. La biodisponibilité a été déterminée à l'aide de biotests de laboratoire. L'évolution de propriétés chimiques (pH, MOD) ainsi que la disponibilité de Cu et Zn (i.e. concentration totale, activité de l'ion libre et DGT) ont été mesurés dans la solution des sols bio-influencés ou non par la présence des plantes (rhizosphère) et des vers de terre. En l'absence de bio-influence, l'apport de fertilisants organiques a augmenté le pH et la concentration en MOD, diminuant ainsi la disponibilité de Cu et Zn malgré l'augmentation du niveau de contamination du sol. La présence des vers de terre a peu modifié l'effet de l'apport de fertilisants organiques sur les propriétés chimiques et la disponibilité de Cu et Zn. Dans la rhizosphère en revanche, la gamme de variation de pH, de concentration en MOD et donc la disponibilité de Cu et Zn a été réduite par rapport aux sols non bio-influencés et ce entre les modalités de fertilisation. L'effet protecteur induit à la fois par l'apport répété et à long-terme de fertilisants organiques et la bio-influence des organismes, en particulier des plantes dans la rhizosphère, a permis d'expliquer pourquoi la biodisponibilité de Cu et Zn pour les plantes et les vers de terre n'augmentait pas malgré l'augmentation du niveau de contamination du sol.

Mots-clés

Ecotoxicité ; Métaux ; Résidus organiques ; RHIZOtest

Spéciation des terres rares dans des sols de stériles miniers: Étude expérimentale et modélisation

Oral

Noémie JANOT^{1,2*}, Hermine HUOT³, Emmanuelle MONTARGES-PELLETIER², Françoise WATTEAU¹, Bert-Jan GROENENBERG^{2,4}, Ye-Tao TANG³, Jean-Louis MOREL¹, Rong-Liang QIU³, Sophie LEGUEDOIS¹

¹ LSE, 2 avenue de la Forêt de Haye, 54518 Vandœuvre-lès-Nancy, France.

² LIEC, 15 avenue du Charmois, 54500 Vandœuvre-lès-Nancy, France.

³ School of Environmental Science and Engineering, Sun Yat-Sen University, Guangzhou, Chine.

⁴ Department of Soil Quality Wageningen University, Droevendaalsesteeg 4, Wageningen, 6708PB, Pays-Bas.

*Affiliation actuelle : INRAE, UMR ISPA, Villenave d'Ornon, France

noemie.janot@inrae.fr

Les terres rares (TR) sont un groupe de métaux stratégiques car devenus essentiels à la plupart des technologies de pointe. Parmi les gisements de TR connus, ceux d'argiles ioniques qui sont spécifiques au sud de la Chine représentaient en 2017 30% de la production mondiale. Leur exploitation a été traditionnellement effectuée par lixiviation de sulfate d'ammonium, engendrant d'importants dommages environnementaux. A l'heure actuelle, la remédiation des stériles miniers issus de cette exploitation est rendue difficile à la fois par leur très faible fertilité physico-chimique et leurs concentrations résiduelles en TR. Les modes de gestion à faible coût tel quel le génie écologique (succession naturelle, phytoremédiation) ou l'utilisation d'amendements organiques couplée à la culture de biomasse à vocation non alimentaire apparaissent comme des solutions pertinentes pour requalifier ces matériaux. Ces pratiques modifient néanmoins les paramètres biogéochimiques des sols, et donc la biodisponibilité des nutriments et des TR, impactant la durabilité de la remédiation. L'objectif de ce projet est de comprendre l'impact de ces pratiques sur le comportement des TR dans ces matériaux. Pour cela, nous avons étudié des stériles miniers abandonnés il y a 10 ans sur un site situé à Ganzhou, dans la province du Jiangxi. En 2016 des parcelles expérimentales (2x2m²) ont été mises en place au sommet des stériles afin d'étudier plusieurs stratégies de phytoremédiation (différentes quantités d'apport organique et plantation d'herbes vivaces, cultures de plantes à fibres, plantes hyperaccumulatrices de TR). Elles permettent de tester en conditions réelles les différentes solutions de gestion tout en suivant au cours du temps le développement des plantes et l'évolution des propriétés des sols. Afin d'évaluer les différentes techniques testées, nous avons développé un modèle géochimique décrivant la spéciation des TR dans ces matériaux. Ce modèle multi-surface a été paramétré pour la complexation de surface des TR dans les sols et sédiments dans le logiciel ORCHESTRA, afin de prédire l'extractibilité des TR par une solution de CaCl₂, mimant la biodisponibilité. Le modèle est évalué en comparant ses résultats avec les données expérimentales des échantillons provenant de différentes parcelles, en fonction de leur pH et des teneurs en TR, matière organique, argiles et (hydr)oxydes de Fe/Al. Les résultats de cette modélisation montrent l'influence primordiale du pH et de la teneur en matière organique dans la spéciation et la distribution des TR.

Mots-clés

Modélisation géochimique, Réhabilitation, Biogéochimie, Amendements organiques

Phytomanaging metal(loid)-contaminated sites improves soil physico-chemical properties, microbial activity and diversity

Flash

Michel MENCH¹, Aritz BURGÉS², Carlos GARBISU², Julen URRÁ², Lur EPELDE², Carmen TRASAR³, Beatriz RODRIGUEZ-GARRIDO³, Lilian MARCHAND¹, Nadège OUSTRIERE¹, Shahlla MATIN¹, Marie DELLISE¹, Angeles PRIETO-FERNANDEZ³, Carmen MONTERROSO⁴, Petra Susan KIDD³

¹ Univ. Bordeaux, INRAE, BIOGECO, UMR 1202, Pessac, France.

² NEIKER-Basque Institute of Agricultural Research and Development, Derio, Espagne.

³ Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia (IIAG), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Santiago de Compostela, Espagne.

⁴ Dpto. Edafología e Química Agrícola, Universidade de Santiago de Compostela, Espagne.

michel.mench@inrae.fr

Phytomanaging metal(loid)-contaminated soils can gradually increase microbial diversity, C sequestration, and soil quality and functionality. Here, we monitor the medium- to long-term effects of various phytomanagement options (phytostabilisation, phytoextraction and rhizoremediation) on soil physico-chemical properties and metal(loid) bioavailability, soil fertility, and microbial diversity and activity in four field trials: the Biogeco platform in SW France (wood preservation site, Cu/PAH-contaminated soils), the Parc aux Angéliques (Chaban-delmás) brownfield (a former harbour dock; metal(loid)s and PAHs); the Touro mine in NW Spain (former Cu mine) and the Rubiais mine in NW Spain (former Pb/Zn mine). The field trials have been running for 7-11 years. The influence of various vegetation covers (short rotation coppices of willow/ poplar, perennial grasses [*Agrostis* sp.], high-biomass annuals [sunflower, tobacco]), and soil amendments (green compost, composted sewage sludges, dolomitic limestone, biomass ashes, etc., alone and in combination) on soil ecological processes is assessed. General soil physico-chemical properties (pH, cation exchange capacity, nutrient and metal(loid) availability), C sequestration, soil enzyme activities, microbial soil communities, respiration, potentially mineralisable N, and community-level physiological profiling (BIOLOG ECOPlates™) were assessed over time.

Mots-clés

Phytoremediation, Ecological rehabilitation, Contaminant, Ecosystem services, Soil functions, Plant assemblage.

Remerciements

The PhytoSUDOE (SOE1/P5/E0189) project is funded by the Interreg V-B SUDOE programme. M. Mench is also grateful to the ANR (Phytochem project) and Intense and BioFoodonMars projects (Era-Net Facce surplus).

Dissipation et biodisponibilité pour les vers de terre de deux fongicides dans des conditions de laboratoire et sur le terrain *Oral*

Sylvie NELIEU¹, Ghislaine DELARUE¹, Joël AMOSSE¹, Sylvain BART¹, Alexandre R.R. PERY¹, Céline PELOSI¹

¹ Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR Ecosys, 78026 Versailles, France
sylvie.nelieu@inrae.fr

La représentativité des études en laboratoire sur le devenir des pesticides dans le sol est discutable en conditions de terrain. Cette étude visait à comparer la dissipation et la biodisponibilité pour les vers de terre de deux fongicides, la dimoxystrobine (DMX) et l'époxiconazole (EPX), dans des conditions de laboratoire et de terrain, sur 12 mois. Dans les deux approches, les fongicides ont été appliqués en mélange formulé (Swing® Gold) sur le même sol, à plusieurs concentrations. Les suivis comprenaient la détermination des concentrations totales de DMX et d'EPX dans le sol, de leur disponibilité environnementale (par une extraction douce du sol) et de leur biodisponibilité environnementale grâce aux concentrations internes dans les vers de terre exposés. Un an après l'application, un taux de dissipation similaire a été observé entre les expériences en laboratoire et sur le terrain (environ 80% et 60% pour DMX et EPX, respectivement). De même, le rapport concentrations disponibles / totales dans le sol suit la même tendance quelles que soient la durée et les conditions (terrain ou laboratoire), l'EPX étant plus disponible que le DMX. Enfin, la biodisponibilité environnementale des deux fongicides pour les vers de terre était hétérogène sur le terrain, alors qu'en laboratoire, la bioaccumulation s'est avérée être dose-dépendante uniquement pour le DMX. Nos résultats suggèrent que le devenir des deux fongicides dans l'environnement est conforme à celui déterminé en laboratoire, appuyant ainsi les procédures d'évaluation du risque et de modélisation.

Mots-clés

Pesticides, Sol, Devenir, Biodisponibilité, Exposition

Expliquer la disponibilité et la mobilité du cuivre par la qualité de la MOD dans les sols viticoles en agriculture biologique

Flash

Frédéric OUEDRAOGO^{1,2}, Cécile CORIOU², Sylvie BUSSIERE², Noémie JANOT², Jean-Yves CORNU², Mahaut SOURZAC¹, Edith PARLANTI¹, Laurence DENAIX²

¹ Univ. Bordeaux, CNRS, EPOC, EPHE, UMR 5805, LPTC, 351 cours de la libération, F-33405 Talence Cedex, France.

² INRAE UMR 1391 ISPA, Bordeaux Sciences Agro, 71 Avenue Edouard Bourlaux, CS 20032, F-33882 Villenave-d'Ornon Cedex, France.

frederic.ouedraogo@inrae.fr

Les sols viticoles sont fortement contaminés suite à l'application de fongicides à base de cuivre depuis plus d'une centaine d'année. La matière organique est le compartiment essentiel pour expliquer la mobilité du cuivre. En théorie, plus la matière organique dissoute (MOD) est aromatique, plus elle complexe le cuivre en favorisant son passage en solution. Nous avons cherché à relier, dans des sols viticoles de pH et teneur en matière organique contrastés, les indices de qualité de la MOD (Absorbance spécifique à 254 nm SUVA, indice d'humification HIX) et les concentrations en cuivre en solution mobile (Cu extrait par du KCl) ou libre (Cu²⁺). Une analyse PARAFAC (parallel factor analysis) a aussi été réalisée sur les spectres de fluorescence 3D des échantillons pour identifier les composants fluorescents de la MOD expliquant la fluorescence globale du jeu de données. Cependant il était difficile d'établir un lien entre ces composants déterminés par PARAFAC et la dynamique géochimique du cuivre. Nous avons trouvé que ces dynamiques étaient différentes selon le pH des sols. L'indice HIX était plus élevé dans les sols alcalins que dans les sols acides alors qu'un comportement inverse était observé pour le SUVA. Dans les sols alcalins, la fraction de cuivre mobile augmente avec l'indice SUVA de la MOD. La concentration de Cu²⁺ n'est pas corrélée au pH de la solution. Dans les sols acides, la disponibilité du Cu diminue significativement avec le pH mais aucune relation n'a été décelée entre sa mobilité et l'indice SUVA. Le fer qui souvent présent à forte concentration dans la solution des sols acides provoquerait une compétition avec le cuivre sur les sites de complexation de la MOD. Dans les sols alcalins, la complexation Cu-MOD est accrue et est due au manque de compétition avec le proton. Nos résultats démontrent que les caractéristiques des sols tels que le pH influencent les liens entre MOD et cuivre en solution des sols viticoles.

Mots-clés

Sol, Matière organique, Cuivre, Complexation, pH

Microplastiques dans l'environnement terrestre : implications pour l'escargot *Cantareus aspersus*

Oral

Lucas PETIT DIT GREZERIAT¹, Romain COLPAERT¹, Maxime LOUZON¹, Annette DE VAUFLEURY¹, Frédéric GIMBERT¹

¹ UMR CNRS 6249 Chrono-Environnement, Université de Bourgogne Franche-Comté, 16 route de Gray, 25030 Besançon Cedex, France.
frederic.gimbert@univ-fcomte.fr

Avec plus de 8300 millions de tonnes de plastique produit à ce jour, nous sommes rentrés dans une nouvelle ère, celle du plastique, dont les fragments, notamment de petite taille (< 5 mm = les microplastiques = MP), s'accumulent dangereusement dans les écosystèmes. Si les milieux aquatiques ont quasi exclusivement concentré les recherches ces dernières années, l'étude de la diffusion et des impacts des MP dans les écosystèmes terrestres est devenu aujourd'hui un enjeu majeur. L'objectif de la présente étude était donc de d'identifier et de mesurer les réponses de l'escargot *Cantareus aspersus* à l'exposition à des MP. Des individus juvéniles ont ainsi été exposés durant 28 jours à de la nourriture contaminées par différentes concentrations et tailles de particules de Polyéthylène Basse-Densité (PEBD). Si les résultats ne montrent pas d'impacts individuels sur la survie et la croissance des animaux, ni sur l'induction d'effets génotoxiques (micronoyaux), les particules de petite taille (100 µm) augmentent le taux de malondialdéhyde (MDA) dans la glande digestive des animaux exposés. Nos résultats montrent également, via la comparaison granulométrique des fragments de plastique avant et après ingestion (fèces), que *C. aspersus* n'est pas capable de fragmenter ces particules de PEBD. Ces travaux préliminaires soulignent la nécessité de renforcer les connaissances disponibles pour une analyse plus globale de l'évaluation des risques environnementaux liés aux MP dans les sols.

Mots-clés

Polyéthylène, Ecotoxicité, Stress oxydant, Fragmentation, Mollusques terrestres

Les sols contaminés peuvent-ils être considérés comme une aubaine face à l'augmentation des gaz à effet de serre ?

Flash

Laura SERENI¹, Isabelle LAMY¹, Bertrand GUENET²

¹ Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR ECOSYS Ecotoxicologie, 78026 Versailles, France.

² Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, LSCE/IPSL, CEA-CNRS-UVSQ, Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette, France.

laura.sereni@inrae.fr

La contamination des sols peut induire des changements dans leurs communautés microbiennes et dans leur fonctionnement en particulier via des perturbations dans les processus liés aux cycles du carbone et de l'azote. Les flux de C et N des sols vers l'atmosphère sont de l'ordre de la centaine de GtC-CO₂/an et ceux d'N de 5.6 TgN-NO₂/an. Mais des perturbations même mineures de ces flux peuvent modifier fortement les concentrations atmosphériques et in fine, en tant que gaz à effet de serre, avoir des retombées sur le climat. De telles perturbations peuvent être engendrées suite à des contaminations. Or l'anthropisation croissante des terres et l'apport de fertilisants tendent à augmenter de façon diffuse et chronique la teneur en contaminants tels que le Cu dans les sols.

Cependant à l'échelle globale, l'effet d'une contamination des sols sur les flux de gaz à effet de serre est encore rarement pris en compte. Nous avons effectué une revue exhaustive de la littérature avec pour objectif de quantifier la variation globale des émissions de CO₂ des sols soumis à une contamination en Cu. L'ensemble des résultats de la littérature permet de mettre en évidence une diminution globale des émissions de CO₂ quand la teneur en Cu des sols augmente, en particulier pour les sites dont les sols présentent des pH acides. En parallèle, les données soulignent une diminution de la biomasse microbienne quand la teneur en Cu augmente. Mais au final les surfaces contaminées ne peuvent pas être considérées comme des puits de carbone malgré la diminution dans les flux de CO₂ en raison de la perte de fonction dans les cycles mettant en jeu le carbone.

Mots-clés

Ecotoxicologie, Changement climatique, Sol contaminé, Gaz à effet de serre, Minéralisation du carbone, Cuivre



Webinaire du Réseau ECOTOX

16-17 novembre 2020

Session 2

Ecotoxicologie dans les environnements aquatiques

Effets du mercure organique et inorganique chez la moule zébrée *Dreissena polymorpha*

Oral

Clément BARATANGE¹, Nicolas DERRIEN¹, David RENAULT^{2,3}, Isabelle BONNARD¹, Marc BONNARD¹, Andrea GALLORINI⁴, Jean-Luc LOIZEAU⁴, Claudia COSIO¹

¹ UMR I-02 SEBIO, Université de Reims Champagne Ardenne, 51687 Reims Cedex 2, France.

² ECOBIO, CNRS Université de Rennes I, UMR 6553 35000 Rennes Cedex, France.

³ Institut Universitaire de France, 75231 Paris cedex 05, France.

⁴ DEFSE, Université de Genève, 1211 Genève 4, Suisse.

clement.baratange@univ-reims.fr

Les écosystèmes aquatiques sont les réceptacles finaux de nombreux polluants anthropiques. En eau douce, la moule zébrée est régulièrement utilisée pour évaluer leur impact, mais les connaissances sur sa physiologie restent lacunaires. Ici, *Dreissena polymorpha* en gamétogénèse et en ponte a été exposée 24h en laboratoire à 700 ng/L de Hg inorganique (IHg) et organique (MeHg) en conditions sub-oxiques (concentrations équivalentes à 10 x EQS). En gamétogénèse, MeHg module 11 métabolites impliqués dans le métabolisme énergétique, la synthèse protéique, les défenses anti-oxydantes et la chélation aux métaux. IHg module 4 métabolites liés aux réserves énergétiques, aux défenses anti-ERO et à la chélation aux métaux. En gamétogénèse, MeHg semblerait donc plus perturbant que IHg, ce qui est cohérent avec la plus forte bioaccumulation mesurée. En ponte, contrairement à la gamétogénèse, MeHg ne module aucun métabolite et IHg affecte 1 métabolite impliqué dans les réserves énergétiques. Malgré une bioaccumulation plus élevée en ponte qu'en gamétogénèse pour les deux formes de Hg, de plus faibles réserves énergétiques et une activité antioxydante basale plus élevée pourraient masquer l'effet du Hg. Ainsi, le stade de maturité sexuelle serait un facteur à considérer puisqu'il a un effet confondant sur les réponses observables.

Mots-clés

Dreissena polymorpha, Mercure, Métabolomique, Stade de maturité sexuelle, Stress oxydant

Un modèle toxicocinétique-toxicodynamique pour analyser et prédire les effets des produits pharmaceutiques ionisables à différent pH

Flash

Sylvain BART^{1,2}, Jegak SEO¹, Roman ASHAUER^{1,3}, Alistair BOXALL¹

¹ Environment Department, University of York, Wentworth Way, Heslington, York, YO10 5NG, Royaume-Uni.

² UK Centre for Ecology & Hydrology, MacLean Building, Benson Lane, Wallingford, Oxon, OX10 8BB, Royaume-Uni.

³ Syngenta Crop Protection AG, Basel, Suisse.

sylvain.bart@york.ac.uk

Les résidus de produits pharmaceutiques sont retrouvés dans de nombreux écosystèmes aquatiques et peuvent être toxiques pour la faune aquatique. Environ 80% de ces résidus sont ionisables et il a été mis en évidence qu'un changement de pH dans le milieu peut modifier la biodisponibilité, l'absorption et la toxicité de ces composés. Nous avons suivi la survie de *Daphnia magna* exposés à 5 antidépresseurs (ionisables), couramment prescrits, à 6 pH différents, puis nous avons testé l'effet du mélange de ces 5 molécules à 3 niveaux de pH. Comme attendu, les résultats ont mis en évidence un effet du pH sur la survie. Pour prendre en compte le pH comme facteur environnemental, nous avons utilisé un modèle de spéciation des molécules ionisables, couplé à un modèle toxicocinétique-toxicodynamique, pour simuler l'effet sur la survie de *D. magna*, quel que soit le pH du milieu. Le modèle a été capable avec les mêmes valeurs de paramètres, de simuler au cours du temps les effets sur la survie, quels que soit la concentration et le pH testé. De plus le modèle a été capable de prédire les effets du mélange aux 3 niveaux de pH testés. Le modèle est ainsi capable de prédire les effets non seulement à de nouvelles concentrations et à des temps d'exposition différents, non utilisés lors de la calibration (comme tout modèle TK-TD), mais aussi à des pH différents prenant en compte ainsi un facteur environnemental clé des écosystèmes aquatiques.

Mots-clés

Résidus pharmaceutiques ionisables, pH environnemental, Modélisation toxicocinétique-toxicodynamique; Effet des mélanges

Effets à long terme de l'exposition au diclofénac d'un gastéropode d'eau douce, *Lymnaea stagnalis*

Oral

Lucie BOULY¹, Jean-Michel MALGOUYRES¹, Frédérique COURANT¹, Hélène FENET¹,
Florence GERET¹

¹ EA- 7417 – Biochimie et Toxicologie des Substances Bioactives, Albi, France.

lucie.bouly@gmail.com

Les anti-inflammatoires non stéroïdiens représentent une classe de médicaments particulièrement identifiée dans les cours d'eau ces dernières années. Parmi cette classe, le diclofénac est un des médicaments le plus fréquemment retrouvé dans l'environnement aquatique avec des concentrations en eau douce pouvant aller de quelques ng.L⁻¹ à 15 µg.L⁻¹ en Europe [1]. En effet, le diclofénac est l'un des AINS les plus prescrits et consommés, avec un usage en santé humaine dans le traitement de la douleur des maladies inflammatoires, ainsi qu'un usage vétérinaire [2].

La toxicité du diclofénac sur l'environnement terrestre a déjà été démontrée avec un impact sur le déclin des populations de vautour en Asie du Sud [3], mais de nombreuses études ont également été conduites en écotoxicologie aquatique démontrant un effet potentiel du diclofénac sur la fertilité et l'éclosion de plusieurs espèces aquatiques [4–8].

Cette étude cherche à mieux caractériser les effets à long terme du diclofénac sur un gastéropode dulçaquicole, *Lymnaea stagnalis*. Lors de l'exposition de pontes à des doses environnementales de médicament, aucun effet n'a été montré sur le développement et l'éclosion des embryons. L'exposition continue jusqu'à la maturité sexuelle n'a pas perturbé la reproduction des adultes et n'a pas eu d'impact sur l'éclosion de la descendance. Le diclofénac montre une tendance à la perturbation du comportement des mollusques (locomotion, alimentation) et augmente la croissance des juvéniles.

Références

- [1] Gonzalez-Rey, M. & Bebianno, M. J. Effects of non-steroidal anti-inflammatory drug (NSAID) diclofenac exposure in mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Aquatic Toxicology* 148, 221–230 (2014).
- [2] McGettigan, P. & Henry, D. Use of Non-Steroidal Anti-Inflammatory Drugs That Elevate Cardiovascular Risk: An Examination of Sales and Essential Medicines Lists in Low-, Middle-, and High-Income Countries. *PLoS Med* 10, e1001388 (2013).
- [3] Oaks, J. L. et al. Diclofenac residues as the cause of vulture population decline in Pakistan. *Nature* 427, 630–633 (2004).
- [4] Hong, H. N., Kim, H. N., Park, K. S., Lee, S.-K. & Gu, M. B. Analysis of the effects diclofenac has on Japanese medaka (*Oryzias latipes*) using real-time PCR. *Chemosphere* 67, 2115–2121 (2007).
- [5] van den Brandhof, E.-J. & Montforts, M. Fish embryo toxicity of carbamazepine, diclofenac and metoprolol. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 73, 1862–1866 (2010).
- [6] Xia, L., Zheng, L. & Zhou, J. L. Effects of ibuprofen, diclofenac and paracetamol on hatch and motor behavior in developing zebrafish (*Danio rerio*). *Chemosphere* 182, 416–425 (2017).
- [7] Lee, J., Ji, K., Lim Kho, Y., Kim, P. & Choi, K. Chronic exposure to diclofenac on two freshwater cladocerans and Japanese medaka. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 74, 1216–1225 (2011).
- [8] Bonnefille, B., Gomez, E., Courant, F., Escande, A. & Fenet, H. Diclofenac in the marine environment: A review of its occurrence and effects. *Marine Pollution Bulletin* 131, 496–506 (2018).

Mots-clés

Anti-inflammatoire non stéroïdien, Eau douce, Mollusque, Médicament

Analyse des effets d'un mélange binaire cuivre : cadmium sur *Daphnia magna* et *Pseudokirchneriella subcapitata* au moyen du modèle du ligand biotique (BLM) **Oral**

Bernard CLEMENT¹, Vincent FELIX¹, Valentin BERTRAND¹

¹ LEHNA UMR 5029, équipe Impacts des Polluants sur les Ecosystèmes, ENTPE, rue Maurice Audin, 69120 Vaulx-en-Velin, France.

bernard.clement@entpe.fr

Les métaux sont des contaminants issus de nombreuses activités humaines. Une fois dans le milieu, leur toxicité dépend largement de leur biodisponibilité qui peut varier en fonction de l'organisme exposé mais aussi de certains facteurs du milieu tels que le pH ou certains cations. Le modèle du ligand biotique permet de prendre en compte ces facteurs pour prédire les interactions de toxicité d'un mélange de métaux, qui est la situation de contamination la plus probable sur le terrain. Un BLM multi-métaux a été paramétré pour prédire les résultats des essais de toxicité d'un mélange de cuivre et de cadmium sur deux organismes d'eau douce : le crustacé *Daphnia magna* et l'algue unicellulaire *Pseudokirchneriella subcapitata*.

Les résultats montrent qu'il n'y a pas ou très peu de compétition entre le cuivre et le cadmium pour la liaison au ligand biotique aux concentrations de mélange Cu-Cd étudiés. En termes d'interactions, celles-ci vont de l'antagonisme pour les ratios plus riches en cadmium vers un synergisme pour les ratios plus riches en cuivre chez les daphnies. Chez les algues, les interactions semblent additives. Une version du modèle intégrant l'hypothèse de la biodisponibilité du Cu(EDTA)²⁻ chez *Daphnia magna* montre des interactions uniquement synergiques et ce synergisme est de plus en plus fort à mesure que la part de cuivre augmente dans le mélange. Le fait que le Cu(EDTA)²⁻ semble limiter davantage la liaison du calcium au ligand biotique en plus d'être le vecteur de la toxicité intrinsèque du cuivre pourrait expliquer ce synergisme.

Mots-clés

Biotic Ligand Model, *Daphnia magna*, *Pseudokirchneriella subcapitata*, Mélange de métaux, Biodisponibilité

Décryptage métabolomique de la réponse écosystémique des biofilms dulcicoles à la pollution chimique

Oral

Nicolas CREUSOT¹, Mélissa EON¹, Nicolas MAZZELLA¹, Aurelie MOREIRA¹, Soizic MORIN¹

¹ INRAE, UR EABX, 50 avenue de Verdun Gazinet, 33612 Cestas, France.
nicolas.creusot@inrae.fr

Face aux changements globaux, le défi majeur de l'écotoxicologie réside dans la capacité à mieux comprendre la relation entre l'exposition à un mélange complexe et les réponses à de hauts niveaux d'organisation biologique dans un contexte multi-stress. Pour y parvenir, la métabolomique apparaît comme une approche de choix en permettant de caractériser simultanément l'exposition chimique (i.e. xéno-métabolome) et la réponse associée (i.e. endo-métabolome). Aussi, les biofilms aquatiques en tant qu'assemblage complexe de microorganismes à cycle de vie court (microalgues, bactéries, etc.) et de par leur rôle clef dans les écosystèmes aquatiques (production primaire) apparaissent comme très pertinents pour investiguer l'impact des changements globaux à l'échelle des communautés aquatiques et sont de ce fait de plus en plus utilisés, en particulier en vue d'accroître la pertinence écologique de la bio-surveillance.

Dans ce contexte, nos travaux visent à mieux comprendre la réponse des biofilms aquatiques à la pression chimique à travers l'utilisation de la métabolomique basée sur la spectrométrie de masse haute résolution. Nos premières investigations sont menées autour de l'activité photosynthétique. Il s'agit d'une part, en conditions contrôlées, d'étudier la réponse métabolomique des biofilms au diuron, un composé modèle pour l'inhibition des photosystèmes II, ainsi que l'influence de facteurs confondants (température, saison, débit, photopériode) sur cette réponse. D'autre part, nous nous intéressons à décrypter au niveau moléculaire (i.e. métabolome et lipidome) la réponse photosynthétique des biofilms suite à l'exposition à des rejets urbains en conditions ex-situ et in situ. Notre démarche expérimentale ainsi que les différentes actions en cours et les résultats préliminaires associés seront l'objet de la présentation.

Mots-clés

Métabolomique, Biofilms aquatiques, Biomarqueurs, Photosynthèse

Photodégradation d'un anticancéreux en milieu aqueux Oral

Anaïs ESPINOSA¹, Sylvie NELIEU¹, Raphaël LABRUIERE², Pierre BENOIT¹

¹ Université Paris-Saclay, INRAE-AgroParisTech, UMR 1402 Ecosys, 78850 Thiverval-Grignon, France.

² Université Paris-Saclay, UMR 8182 ICMMO, 91405 Orsay, France.

anaïs.espinosa@inrae.fr

Les composés pharmaceutiques excrétés peuvent contaminer l'environnement car les traitements des eaux usées en station d'épuration ne sont pas suffisamment efficaces, voire conduire à une exposition humaine si les traitements de potabilisation sont eux aussi inefficaces. La famille des anticancéreux reste peu étudiée et pourtant de par leur mode d'action ils sont cytotoxiques, mutagènes, tératogènes et on les détecte dans les eaux de surfaces et eaux potables. Dans cette étude focalisée sur le méthotrexate (MTX, un antifolate), le suivi cinétique de la photodégradation et l'identification des produits de transformations (TPs) ont été réalisés pour deux conditions d'irradiation: une mimant les conditions environnementales et une autre mimant les traitements de potabilisation. Les réactivités entre les deux conditions d'irradiation sont différentes en termes de cinétique mais pas de rendement quantique. Le schéma de transformation du MTX proposé comporte trois voies de dégradation initiales : la N-déméthylation, l'oxydation du groupe acide glutamique et le clivage C-N. Des tests de cytotoxicité réalisés in vitro montrent que la cytotoxicité des mélanges (MTX, TPs) décroît selon l'avancement des réactions et suggèrent donc que les TPs sont moins toxiques que le MTX. Ces premiers résultats seront complétés par une étude de la biodégradation du MTX pour évaluer si d'autres modifications susceptibles de se produire en conditions biotiques, conduisent à une réduction des effets écotoxiques.

Mots-clés

Anticancéreux, Produits de transformation, Cytotoxicité, Schéma de dégradation

Un nouvel outil pour le calcul des facteurs de bioaccumulation des substances actives dans les organismes vivants : MOSAIC_{bioacc}

Oral

Aude RATIER¹, Christelle LOPES¹, Gauthier MULTARI¹, Vanessa MAZEROLLES², Patrice CARPENTIER², Sandrine CHARLES¹

¹ Univ Lyon, Université Lyon 1, CNRS, Laboratoire de Biométrie et Biologie Evolutive UMR5558, 69622 Villeurbanne, France.

² Anses, 14 rue Pierre et Marie Curie, 94701 Maisons-Alfort Cedex, France.
aude.ratier@univ-lyon1.fr

L'écotoxicologie doit aujourd'hui proposer des outils efficaces pour diagnostiquer et prévoir les effets des substances chimiques sur les organismes vivants, en tenant compte de situations d'exposition connues pour être complexes (voies d'exposition, processus de biotransformation, effets cocktail, etc.). Parmi les outils élaborés, il est maintenant fortement recommandé d'utiliser des modèles toxicocinétiques / toxicodynamiques (TKTD) pour inclure la dépendance au temps de l'exposition sur les traits d'histoire de vie individuels à partir de données expérimentales collectées via des tests de toxicité standard. En ce qui concerne les produits phytopharmaceutiques pour les demandes d'autorisation de mise sur le marché, la réglementation n° 283/2013 (UE) définit les exigences en matière de données pour les substances actives avec un test de bioaccumulation sur les poissons selon la ligne directrice 305 de l'OCDE, qui consiste en une phase d'accumulation suivie d'une phase de dépuration. La concentration interne dans les poissons est mesurée au cours du temps pendant les deux phases, ce qui permet de définir différents facteurs de bioaccumulation (BCF, BAF, BMF) selon la voie d'exposition. Nous souhaitons vous présenter une interface, web clé en main, intitulée MOSAIC_{bioacc} (<https://mosaic.univ-lyon1.fr/bioacc>), qui permet d'estimer ces facteurs de bioaccumulation avec leur incertitude à partir d'un modèle TK adapté aux données d'accumulation-dépuration. Cet outil a pour objectif de faciliter le travail quotidien des régulateurs, ou tout autre utilisateur, en lui offrant un accès gratuit à une interface web conviviale, lui évitant ainsi d'avoir à investir dans les aspects techniques sous-jacents. Cette présentation s'appuiera sur quelques jeux de données exemples permettant d'illustrer les différentes fonctionnalités.

Mots-clés

Facteurs de bioaccumulation, Inférence Bayésienne, Substances actives, Modélisation toxicocinétique (TK), Evaluation du risque environnemental

Variabilité de la tolérance de lignées de daphnies aux isothiazolinones

Flash

Margot WAGNER¹, Scott McCAIRNS¹, Marie-Agnès COUTELLEC¹

¹ ESE, Ecology and Ecosystem Health, Agrocampus Ouest, INRAE, 35042 Rennes, France.
margot.wagner@inrae.fr

L'évaluation des risques environnementaux liés aux rejets de substances polluantes permet la mise en place de réglementations limitant leur impact sur les écosystèmes. Les méthodologies d'analyses de ces risques écotoxicologiques ont cependant tendance à ne pas prendre en compte la complexité des systèmes écologiques. Entre autres, la variation génétique au sein d'une même espèce et les réponses particulières aux xénobiotiques liées à certains génotypes sont rarement considérées. Différentes lignées clonales de *Daphnia pulex* (Cladocera) ont montré des tolérances bien distinctes à deux substances biocides à large spectre utilisées quotidiennement : la chloro- et de la méthylisothiazolinone (CMIT/MIT). Le simple emploi de clones aux génotypes et histoires de vie particuliers pour des tests de toxicité peut ainsi avoir un impact fort sur les conclusions de dangerosité des produits testés et les mesures protectrices prises. L'intégration d'une vision évolutive doit devenir une priorité dans l'évaluation des risques environnementaux.

Mots-clés

Daphnia pulex, Toxicité aiguë, CMIT/MIT, Clones



Webinaire du Réseau ECOTOX

16-17 novembre 2020

Session 3

Ecotoxicologie du continuum sol-eau

Traçage isotopique du chrome : des mines aux sols de rizières

Oral

Evelyne ADJEI MENSAH¹, Viviana BOLANOS BENITEZ¹, Dyviasree PRABHAKARAN², Amith ANIL², Andréa CARBONI¹, Cécile QUANTIN³, Alexandre GELABERT¹, Praveen RAMAMURTHY², Sankaran SUBRAMANIAN², Sajeev KRISHNAN², Yann SIVRY¹

¹ Institut de Physique du Globe de Paris, équipe de BioGéochimie Environnementale, 1 rue Jussieu, 75005 Paris, France.

² Indian Institute of Science and Technology, CV Raman, Bangalore Karnataka 560012, Inde.

³ Département des Sciences de la Terre, UMR 8148 GEOPS Université Paris Sud - CNRS, rue du Belvédère, 91400 Orsay, France.
mensahadjei@ipgp.fr

Jusqu'à 98% des réserves en chromites (FeCr_2O_4) indiennes sont situées dans la vallée de Sukinda, site ultrabasique d'extraction de ce minerai, implanté à proximité d'une zone de rizières. Une enquête conduite par la "Odisha Voluntary Health Association" a rapporté que 85% des décès dans la zone d'activité minière de Sukinda et dans les villages avoisinants étaient dues à des maladies en rapport avec l'activité d'extraction de la chromite. Dans cette étude, l'impact potentiel de l'activité minière sur les sols de rizières environnant a été évalué. Les sols en aval de la vallée sont impactés par l'activité minière. On retrouve un gradient de concentration en Cr dans les eaux, de l'amont vers l'aval, dans la zone où sont regroupées les mines. Les réservoirs artificiels contiennent jusqu'à 1 mg/L de Cr sous forme dissoute. Enfin, les signatures isotopiques des eaux de surface et des réservoirs attestent d'un enrichissement en isotopes lourds typique d'un enrichissement en Cr(VI) bien que l'on retrouve principalement Cr sous forme Cr(III).

Dispersion d'une fonction bactérienne émergente le long du continuum sol-eau-sédiment des agrosystèmes contaminés par les antibiotiques: l'antibiotrophie

Flash

Loren Billet^{1,2}, Marion Devers¹, Fabrice Martin-Laurent¹, Stéphane Pesce²

¹ AgroSup Dijon, CNRS, INRAE, Université de Bourgogne Franche-Comté, Agroécologie, Dijon, France.

² INRAE, UR RiverLy, Villeurbanne, France.

loren.billet@inrae.fr

L'exposition des communautés bactériennes environnementales aux antibiotiques favorise l'émergence et la dispersion d'antibiorésistances. En plus de résister, des bactéries ont récemment acquis la capacité de dégrader certains antibiotiques pour les utiliser comme substrat. La dispersion de ces bactéries 'antibiotrophes' le long des continuums environnementaux peut potentiellement contribuer à la dissipation des antibiotiques mais elle peut aussi contribuer au risque sanitaire associé à la dispersion de l'antibiorésistance. Dans ce contexte, nous avons considéré comme modèle la bactérie antibiotrophe et antibiorésistante, *Microbacterium* sp. C448, qui résiste aux sulfonamides et dégrade la plupart d'entre eux, afin d'évaluer i) son potentiel de dispersion dans les agrosystèmes et ii) son potentiel de biodégradation dans le compartiment terrestre et aquatique. Nous avons d'abord suivi son implantation dans des sols agricoles suivant différentes modalités de traitement antibiotique et d'épandage de lisier : la capacité d'antibiotrophie favoriserait la dispersion de la souche dans des environnements contaminés, du fait d'un avantage sélectif lui permettant de s'implanter au sein des communautés microbiennes autochtones. Nous testons actuellement différents scénarios de dispersion de *Microbacterium* sp. C448 depuis le sol agricole vers le compartiment sédimentaire d'un cours d'eau récepteur avec une attention particulière sur l'influence de l'érosion.

Mots-clés

Ecotoxicologie Microbienne, Biodégradation, Antibiorésistance, Sulfonamides, Trait fonctionnel

Etudier l'évolution des populations pour comprendre les conséquences à long terme d'un polluant

Oral

Clément CAR¹, Olivier ARMANT¹, André GILLES², Jean-Marc BONZOM¹

¹ Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, Laboratoire de recherche sur les effets des radionucléides sur les écosystèmes PSE-ENV/SRTE/LECO, Cadarache, 13115 Saint-Paul lez Durance, France.

² Aix-Marseille Université, INRAE, UMR RECOVER, centre Saint-Charles, 3 place Victor Hugo, 13331 Marseille, France.

clement.car@irsn.fr

Lorsque plusieurs générations d'organismes soumises à un polluant se succèdent, les effets sur les individus peuvent interagir et induire de nouveaux effets à l'échelle des populations. Le tout n'étant pas égal à la somme des parties, pour comprendre ces effets à l'échelle des populations, une nouvelle dimension est nécessaire à prendre en compte : celle de l'évolution. Classiquement, en écotoxicologie évolutionnaire, étudier la diversité génétique de populations situées dans des environnements plus ou moins pollués permet d'estimer l'existence de différents processus évolutifs (sélection, dérive, mutations, migrations), ces processus pouvant impacter l'état des populations. A partir de l'étude de populations d'amphibiens dans la région de Tchernobyl, nous montrons l'intérêt (i) d'associer ces analyses de diversité génétique à des analyses qualitatives et quantitatives des variations présentes ainsi que (ii) de replacer ces populations dans l'histoire évolutive globale de l'espèce considérée. Si un caractère individuel comme la physiologie sanguine des rainettes ne diffère pas en fonction de la dose de rayonnements ionisants reçue, à l'échelle des populations nous montrons - par une étude de génétique des populations - l'existence d'un taux de mutations mitochondriales très élevé associé à des tailles de populations faibles dans la région de Tchernobyl. Ces résultats questionnent alors notamment la capacité des rainettes à supporter la présence de mutations délétères.

Mots-clés

Génétique des populations, Rayonnements ionisants, Mitochondries, Mutations, Ecotoxicologie évolutionnaire

Des outils chimiques et biologiques pour améliorer le diagnostic d'impact in situ des produits phytosanitaires

Flash

Jérémy JABIOL¹, Matthieu LE DREAU², Joan ARTIGAS³, Chloé BONNINEAU², Arnaud CHAUMOT², Eric CHAUVET⁴, Nicolas DELORME², Adeline FRANÇOIS², Olivier GEFFARD², François GUEROLD⁵, Christelle MARGOUM², Fabrice MARTIN-LAURENT⁶, Nicolas MAZZELLA⁷, Patrice NOURY², Stéphane PESCE², Hervé QUEAU², Vincent TARDY², Philippe USSEGLIO-POLATERA⁵, Véronique GOUY BOUSSADA²

¹ HYFE, Hydrobiologie et Fonctionnement des Ecosystèmes, France.

² INRAE, UR RiverLy, 5 rue de la Doua, CS 20244, 69625 Villeurbanne Cedex, France.

³ LMGE, Université Clermont Auvergne, Campus Universitaire des Cézeaux, 1 impasse Amélie Murat, 63178 Aubière, France.

⁴ Laboratoire écologie fonctionnelle et environnement, Université Toulouse 3 Paul Sabatier, 118 route de Narbonne, 31062 Toulouse Cedex 9, France.

⁵ LIEC, Campus Bridoux - Rue du Général Delestraint, 57070 Metz, France.

⁶ AgroSup Dijon, INRAE, Univ. Bourgogne, Univ. Bourgogne Franche Comté, Agroécologie, 21000 Dijon, France.

⁷ INRAE, UR EABX, 50 avenue de Verdun Gazinet, 33612 Cestas, France.

veronique.gouy@inrae.fr

La contamination des cours d'eau par les produits phytosanitaires est une problématique majeure, par ses impacts sur la biodiversité, le fonctionnement des écosystèmes aquatiques et in fine la santé humaine (eau potable, pêche). Par ailleurs, le nombre important de substances présentes et leurs concentrations faibles temporellement fluctuantes rendent le suivi des concentrations par échantillonnage ponctuel très exigeant et finalement peu représentatif de la contamination réelle. Le projet Impact-CE (Ecophyto II, 2016-2020) a consisté en l'évaluation de la pertinence d'une batterie d'outils : échantillonneurs intégratifs chimiques (3 types d'échantillonneurs passifs, 66 molécules recherchées) et outils de biomonitoring actif/passif (10 indicateurs impliquant les communautés de micro-organismes et invertébrés aquatiques, et leurs activités) afin d'améliorer le diagnostic des contaminations par les pesticides et de leurs effets sur les milieux aquatiques. L'ensemble des outils a été déployé en France sur 10 cours d'eau, localisés dans 3 bassins versants présentant des contextes agro-pédo-climatiques et des enjeux de gestion contrastés (dont 2 aires d'alimentation de captages). Dans 4 de ces cours d'eau, le déploiement a été répété à 2 saisons. Les résultats obtenus et la mise en confrontation des réponses des divers indicateurs ont permis d'identifier leurs avantages et limites respectifs, ainsi que de conclure sur leurs intérêt et complémentarité au regard des différents enjeux opérationnels relatifs à la contamination des cours d'eau par les pesticides.

Mots-clés

Echantillonneurs passifs, Produits phytosanitaires, Biomonitoring, Impacts biologiques, Milieux aquatiques

Impact du paysage périurbain sur la contamination d'eaux de mares et évaluation des risques associés

Oral

Sylvie NELIEU¹, Emmanuelle BAUDRY², Sara KAROLAK², Florence D. HULOT², Olivier CROUZET¹, Ghislaine DELARUE¹, Christophe HANOT², Isabelle LAMY¹

¹ Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR Ecosys, 78026 Versailles, France.

² Université Paris-Saclay, CNRS, AgroParisTech, UMR ESE, 91405 Orsay, France.

sylvie.nelieu@inrae.fr

Le développement périurbain, qui provoque actuellement un changement massif d'utilisation des terres, peut modifier l'exposition des mares aux contaminations agricoles versus urbaines. Les contaminants, souvent présents en mélanges, sont susceptibles d'affecter la valeur écologique des mares. Cette étude, centrée sur 12 mares situées dans un gradient de paysages allant d'un milieu urbanisé à des espaces agricoles ou forestiers, avait deux objectifs principaux : (1) relier les caractéristiques physico-chimiques des eaux et la nature de leurs contaminants aux activités humaines autour des mares et (2) estimer le risque environnemental causé par ces contaminants. Les mares ont été échantillonnées deux années consécutives au printemps et en automne. Les profils de contamination, globalement homogènes entre campagnes d'échantillonnage, étaient différents entre mares et corrélés à l'utilisation agricole des terres. En termes de qualité de biotope, la moitié des mares ont été classées en état dégradé en raison de leurs paramètres physico-chimiques (faible concentration en oxygène, eutrophisation), mais sans relation avec les concentrations en contaminants organiques ni avec les activités de perturbateurs endocriniens. Les principaux polluants organiques quantifiés étaient des pesticides dont les teneurs en mélange dans 6 des 12 mares étaient suffisamment élevées pour induire un risque environnemental avéré.

Mots-clés

Périurbain, Qualité de l'eau, Perturbateurs endocriniens, Pesticides

Evolution des transferts de cuivre vers la solution de sol et les eaux de drainages pendant une année de viticulture : comparaison des prélèvements passifs DGT (Diffusive Gradient in Thin film) et des prélèvements ponctuels

Oral

Manon PIERDET^{1,2}, Hélène BUDZINSKI², Chloé QUENOT¹, Sylvie BUSSIERE¹, Cécile CORIOU¹, Thierry ROBERT¹, Marie-Hélène DEVIER², Laurence DENAIX¹

¹ INRAE Bordeaux- ISPA, UMR 1391, Villenave d'Ornon, France.

² Université de Bordeaux-CNRS, EPOC, UMR 5805, LPTC, Talence, France.

manon.pierdet@u-bordeaux.fr

La viticulture utilise du sulfate de cuivre (Bouillie Bordelaise) depuis 1885 pour contrôler les attaques de mildiou. Ces apports réguliers ont conduit à une contamination cuprique des sols sur le long terme pouvant ainsi affecter la faune et la flore. La disponibilité du cuivre et les risques de transferts vers les eaux de surface sont souvent étudiés sous conditions contrôlées. Néanmoins, sur le terrain, la température et l'humidité des sols fluctuent. Pour mieux comprendre et anticiper les risques de transferts du cuivre vers la solution de sol et les eaux de drainage, nous avons suivi in-situ la disponibilité du cuivre et les flux sortants de cuivre via le drainage sur une année de culture. L'utilisation de la DGT est un bon outil permettant d'évaluer la disponibilité des éléments traces. Elle permet également de mesurer une empreinte de contamination sur une longue période. L'objectif de cette étude était de comparer l'échantillonnage passif, via la DGT, et ponctuel, afin d'évaluer s'il existe des périodes critiques de potentielle toxicité et de flux sortants de la parcelle au cours d'une année de culture. Des prélèvements de solution de sol et d'eaux de drains ont été réalisés toutes les 2 semaines sur 4 parcelles viticoles avec des niveaux de cuivre allant de 16 à 197 mg/kg à la fois en ponctuel et en passif à l'aide de DGT exposées 24h en sol et 2 semaines en drain. Les résultats montrent une variation importante de la disponibilité au cours du temps avec une augmentation atteignant 800 µg/L en début de printemps lors de la reprise de la minéralisation de la matière organique. Pour les eaux de drains, les concentrations sont faibles en début d'année mais peuvent atteindre 250 µg/L en automne lors de la reprise des précipitations.

Mots-clés

Cuivre, Solution de sol, Drainage, DGT, Disponibilité