

Société Française d'Ecotoxicologie Fondamentale et Appliquée



COLLOQUE SEFA

28-29 juin

2021

Versailles

BOOK DES RESUMES



www.colloque.inrae.fr/sefa2020

INRAE

AgroParisTech



ECOTOX



FONDATION
ROVALTAIN
SCIENCE & EQUILIBRE

Conférences invitées et présentations orales

Conférence invité – *Pr François RAMADE* - Recherches sur la contamination des réseaux trophiques des récifs coralliens de Polynésie française par les Herbicides et autres pesticides

Session 1: Modélisation Toxico-cinétique

3. Nouvelles perspectives sur le calcul des facteurs de bioaccumulation (BCF/BSAF/BMF) des substances actives dans les organismes vivants. *Aude Ratier*
4. L'organotropisme des métaux chez le gammare exposé à des concentrations environnementales : Modélisation toxico-cinétique multi-compartiments. *Ophélie Gestin*
5. Développement d'un modèle toxicocinétique basé sur la physiologie pour le BPA chez le poisson. *Corentin Mit*

Session 2 : Paysage

7. Conférence invité – *Dr Marc VOLTZ*. Modélisation intégrée du devenir des pesticides dans le paysage
8. La biodiversité fonctionnelle des espaces agricoles et son exposition aux pesticides : quelle influence de la mosaïque paysagère? *Colette Bertrand*
9. Identification de périodes de vulnérabilité de la biodiversité face aux fluctuations temporelles de contaminants agricoles en zone tampon humide artificielle. *Alexandre Michel*
10. Influence du paysage sur les tendances temporelles et spatiales de l'exposition aux métaux et métalloïdes chez un rapace terrestre. *Clémentine Fritsch*

Session 3 : Pharmaceutiques et phytopharmaceutiques

12. Effets sublétaux de l'exposition à des doses environnementales d'un triazole sur une espèce bioindicatrice des agroécosystèmes, le moineau domestique (*Passer domesticus*) *Pauline Bellot*
13. Caractérisation des effets d'une contamination complexe par les pesticides d'un petit cours d'eau vosgien emblématique (Cleurie) : Une approche interdisciplinaire basée sur les biofilms phototrophes. *Sarah Chéron*
14. Comment identifier les substances responsables de la toxicité dans un mélange complexe ? *Valentin Dupraz*
15. Influence des pratiques viticoles sur la contamination par les éléments traces d'une espèce sentinelle, le merle noir. *Frédéric Angelier*
16. Immunologie comparée chez *Mytilus edulis* et *Dreissena polymorpha* face à des challenges chimique et biologique. *Héloïse Gendre*

Session 4 : Modélisation toxico-dynamique

18. Conférence invité – *Dr Damien BAUDIFFIER*. AOP – Vers de nouvelles perspectives *in silico* en écotoxicologie – Le workshop de la fondation Rovaltain
19. Revisite des analyses SSD pour les plantes terrestres non cibles. *Sandrine Charles*
20. Un modèle DEB pour *Enchytraeus crypticus*, couplé à un modèle toxicocinétique-toxicodynamique pour modéliser l'effet des contaminants sur son cycle de vie. *Sylvain Bart*
21. Optimisation des plans d'expériences pour la modélisation dose-réponse de données omiques. *Vincent Baillard*

Session 5 : Bioaccumulation / Biodisponibilité expérimentales

23. Evaluation de la biodisponibilité environnementale et toxicologique avec l'escargot : normalisation ISO des approches. *Maxime Louzon*
24. Intérêt d'*Enchytraeus albidus* comme bioindicateur de la contamination des sols aux HAP. *Alice Rougier*
25. Quantification des liens entre pressions anthropiques et contamination biodisponible. *Noëlle Sarkis*

Session 6 : Omiques

27. Conférence invitée – *Drs. F. Larras & E. Billoir*. Potentiel de l'outil DROMICS pour l'écotoxicologie
28. Evaluation et caractérisation des effets du diclofénac sur le métabolisme de l'épinoche à trois épines par approche métabolomique non ciblée en LC-HRMS. *Emmanuelle Lebeau*
29. An integrated metabolomics and proteogenomics approach reveals molecular alterations following carbamazepine exposure in the male mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Thibaut Dumas*
30. Evaluation des effets d'un insecticide perturbateur endocrinien - le tebufenozide - sur une espèce aquatique non cible, le copépode (*Eurytemora affinis*). *Caroline Arcanjo*

Session 7 : Polluants persistants

32. Effet synergique d'une contamination maternelle aux PCB et du changement climatique sur poisson sténotherme froid. *Emilie Réalis-Doyelle*
33. Microplastiques dans l'environnement terrestre : Implications pour l'escargot *Cantareus aspersus*. *Romain Colpaert*
34. Les effets du DEHP sur le développement post-embryonnaire, le comportement sexuel des mâles et la descendance du ravageur *Spodoptera littoralis*. *David Siauxsat*

Posters

36. Salle DES BOSQUETS
37. Impact des épandages agricoles de matières organiques d'origine résiduaire sur les vers de terre et les micro-organismes du sol. *Mathias Fréville*
38. La pyrolyse GC/MS-Orbitrap: une application pour la caractérisation d'additifs plastiques. *Fleurine Akoueson*
39. Approche multistress : ICEfish impact du changement global et d'un stress chimique (perturbateur endocrinien) sur le cycle de vie d'un poisson estuarien. *Jimmy Devergne*
40. Développement d'une approche métabolomique non ciblée en LC-HRMS pour l'étude et la caractérisation des métabolites de l'épinoche à trois épines. *Emmanuelle Lebeau*
41. Distribution des microplastiques dans les sédiments le long d'un continuum-Plage-Lagune-Lac. *Rihab Jaouani*
42. Impact d'un double stress sur les émissions azotées d'un sol : calibration et utilisation du modèle DNDC. *Laura Sereni*
43. Cinétique de bioaccumulation du cuivre et du cadmium chez l'enchytréide *Enchytraeus albidus* : influence de la nature du sol. *Adrien Blanchard*
44. Biosurveillance par les bivalves de processus de restauration hydromorphologique d'une rivière urbaine. *Alice Le Merrer*
45. Étude expérimentale de l'effet potentiel d'anodes galvaniques (protection cathodique) sur la qualité des écosystèmes aquatiques. *Louise Evin*
46. "Multibiomarkers box": a new molecular tool for integrated ecotoxicological investigations in *Patella vulgata*. *Mariam Zaidi*
47. *Achatina* sp. Pour la bioindication de la qualité des sols - effets sur la croissance et la reproduction. *Jean Didié Memel*
48. Un nouveau modèle en écotoxicologie marine, la diatomée pennée benthique *Haslea ostrearia* (naviculaceae). *Suliya Phimmaha*
49. Acquisition de tolérance au cuivre et au cadmium chez *Enchytraeus albidus*. *Trebie Wesley*
50. Salle GALERIE DES GLACES
51. Impacts d'un agent de désinfection sur les biofilms aquatiques en milieu urbain : effets interactifs du BAC 12 et de la pollution lumineuse. *Romain Vrba*
52. *Haslea ostrearia* pour l'évaluation des risques écotoxicologiques des contaminants émergents dans les socio-écosystèmes conchylicoles : effets de nanoplastiques sur la croissance. *Maxime Louzon*
53. Utilisation des huiles essentielles pour lutter contre la croissance de la renouée du japon en laboratoire. *Emilie Prygiel*
54. Effet fongicide naturel des extraits foliaires de *Melia azedarach* L. sur le développement végétatif de *Pisum sativum* L. *Naila Soraya Touzout*
55. Mise au point d'un protocole de PCR quantitative en temps réel sur *Enchytraeus albidus*. *Laetitia Pedroni*
56. Etude en rhizotron des interactions sol - annélides - plantes dans les processus de biofertilisation sur des sols marginaux. *Marie François-Marsal*
57. Une nouvelle méthodologie d'évaluation de la génotoxicité en milieu aquatique sur l'algue *Ceramium tenuicorne*. *Sylvie Cotelle, Jean-François Masfaraud, Léo Lafay*
58. Evaluation de l'impact d'un procédé de séquestration de polluants organochlorés sur l'annélide *Aporrectodea caliginosa*. *Nathalie Demont-Caulet et Thérèse De Caldas*
59. Effets du transfert trophique de mercure d'une algue unicellulaire à la moule zébrée. *Clarisse Seguin*
60. Evaluation de l'exposition au mercure des colonies de chauves souris d'Italie du nord à travers l'analyse du guano. *Davide A.L. Vignati*
61. Peer community in ecotoxicology and environmental chemistry. *Christian Mougin*
62. Etude comparative de la réactivité des cellules du système immunitaire (invertébrés et vertèbres) vis-à-vis des pesticides. *Sandhya Malladi*

Société Française d'Ecotoxicologie Fondamentale et Appliquée



COLLOQUE SEFA

28-29 juin

2021

Versailles

Session 1: Modélisation Toxicocinétique



www.colloque.inrae.fr/sefa2020

INRAE

AgroParisTech



ECOTOX



FONDATION
ROVALTAIN
SCIENCE & EQUILIBRE

NOUVELLES PERSPECTIVES SUR LE CALCUL DES FACTEURS DE BIOACCUMULATION (BCF/BSAF/BMF) DES SUBSTANCES ACTIVES DANS LES ORGANISMES VIVANTS

L'écotoxicologie doit aujourd'hui proposer des outils d'aide à la décision prêts à l'emploi et pratiques pour diagnostiquer et prévoir les effets des substances chimiques sur les organismes, en tenant compte de situations d'exposition connues pour être complexes (différentes voies d'exposition, métabolisme, mélanges, etc.).

En ce qui concerne les demandes d'autorisation de mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques, la réglementation n° 283/2013 (CE)^[1] 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^[2]. Ce test consiste en une phase d'accumulation suivie d'une phase de dépuraction. La concentration interne dans les poissons est mesurée au cours du temps pendant les deux phases, ce qui permet ensuite de calculer différents facteurs de bioaccumulation selon la voie d'exposition (BCF, BAF, BMF). Ce test doit aussi permettre d'estimer les constantes cinétiques d'absorption et d'élimination, ainsi que les paramètres liés à l'excrétion incomplète ou aux métabolites formés dans le poisson. Toutes les données doivent être fournies accompagnées de limites d'incertitude pour chaque substance d'intérêt.

En accord avec ces exigences réglementaires, nous présentons de nouvelles perspectives pour le calcul des facteurs de bioaccumulation grâce à un outil statistique web innovant, prêt à l'emploi et fournissant automatiquement ces facteurs avec leur incertitude, à partir d'un modèle toxico-cinétique (TK) adapté sur mesure aux données d'accumulation-dépuraction en entrée. L'objectif de cet outil est de faciliter le travail quotidien des législateurs, mais aussi de tout autre utilisateur, via une interface en ligne gratuite et conviviale qui inclut de manière totalement transparentes les techniques mathématiques et statistiques nécessaires, et sans pour autant que l'utilisateur ait à les connaître. Cet outil, MOSAIC_{bioacc}, est disponible depuis <http://mosaic.univ-lyon1.fr/bioacc>, et peut être utilisé par les scientifiques et les gestionnaires du risque lorsque des données d'accumulation-dépuraction sont collectées et qu'elles doivent être facilement et rapidement analysées, même pour des situations d'expositions complexes.

Mots clés

Modèle toxicocinétique ; Inférence Bayésienne ; Incertitudes ; Evaluation du Risque Environnemental (ERE)

Remerciements

Les auteurs remercient l'Anses pour son soutien financier. L'outil web MOSAIC_{bioacc} est hébergé au Centre de Bioinformatique Rhône-Alpes PRABI (PRABI, 2020). Ces travaux ont bénéficié du cadre français GDR «Écotoxicologie aquatique» qui vise à favoriser des discussions scientifiques stimulantes et des collaborations. Ce travail s'inscrit dans le cadre du projet ANR APPROVe (ANR-18-CE34-0013) pour une approche intégrée de proposition de protéomique pour le biosurveillance : accumulation, devenir et multi-marqueurs (<https://anr.fr/Projet-ANR-18-CE34-0013>). Ce travail a également été réalisé sous l'égide de l'École supérieure H2O'Lyon (ANR-17-EURE-0018) et de «l'Université de Lyon» (UdL), dans le cadre du programme «Investissements d'Avenir» de l'Agence Nationale de la Recherche »(ANR). Les auteurs sont vraiment reconnaissants aux collègues anonymes qui ont participé au test de MOSAIC_{bioacc} et pour leurs commentaires. Les auteurs remercient également Benoît BRET pour la création du logo de MOSAIC_{bioacc}.

Références

^[1] European Commission. COMMISSION REGULATION (EU) No 283/2013 of 1 March 2013 setting out the data requirements for active substances, in accordance with Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the Council concerning the placing of plant protection product (2013).

^[2] OCDE. [OECD] Organisation for Economic Co-operation and Development. 2012. No. 305. Bioaccumulation in Fish: Aqueous and Dietary Exposure. Paris (FR): OECD. OECD. doi: [10.1787/9789264185296-en](https://doi.org/10.1787/9789264185296-en).

Aude RATIER^{*(1)},
Christelle LOPES⁽¹⁾,
Gauthier MULTARI⁽¹⁾,
Vanessa MAZEROLLES⁽²⁾,
Patrice CARPENTIER⁽²⁾,
Sandrine CHARLES⁽¹⁾

⁽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'ORGANOTROPISME DES MÉTAUX CHEZ LE GAMMARE EXPOSÉ A DES CONCENTRATIONS ENVIRONNEMENTALES : MODÉLISATION TOXICO-CINETIQUE MULTI-COMPARTIMENTS

La modélisation toxico-cinétique (TK), couplée à l'inférence bayésienne, a récemment montré son intérêt pour décrire et formaliser le devenir du cadmium dans les organes d'une espèce sentinelle, le gammare d'eau douce, *Gammarus fossarum* (Gestin et al, 2021). Ces travaux ont été menés à une exposition en Cd élevée (11 µg.L⁻¹) et sans intégrer les branchies malgré leur rôle supposé clé dans les processus ADME (Accumulation, Distribution, Métabolisation et Élimination). L'objectif de cette étude est de décrire le devenir du Cd dans différents organes de gammarus exposés à des concentrations environnementales, et d'étudier une éventuelle dépendance à la concentration. Pour cela, nous avons utilisé le radioisotope ¹⁰⁹Cd afin de mener des expositions à de faibles concentrations et quantifier le Cd accumulé dans différents organes cibles (caeca, céphalon, branchies, intestin et tissus restants), incluant cette fois-ci les branchies malgré leur très faible masse. Des gammarus mâles, de taille calibrée, ont été exposés pendant 7 jours à du ¹⁰⁹Cd dissous auquel nous avons ajouté du Cd stable pour tester 3 concentrations (4, 47 et 336 ng.L⁻¹ équivalent stable). Les gammarus ont ensuite été placés pendant 10 jours dans des conditions de dépuraison (eau non contaminée). A plusieurs jours d'échantillonnage au cours des deux phases, des gammarus ont été prélevés et disséqués afin de séparer les différents organes cibles pour le comptage de radioactivité, ensuite convertie en concentration de Cd. Un modèle TK à un compartiment a été ajusté, par inférence bayésienne, à chaque jeu de données organe-spécifique. L'estimation des paramètres TK (taux d'absorption et d'élimination, respectivement nommés k_u et k_e) a démontré le rôle important des intestins et des caeca dans l'accumulation et l'élimination du Cd, ainsi qu'une absence de diminution de la concentration de Cd dans les branchies durant les 21 jours de dépuraison. L'ajustement d'un modèle TK multi-compartiments, plus complexe, permet d'établir les échanges de métaux entre les différents organes, induisant une vision plus réaliste de la gestion physiologique des métaux. Cette approche a permis d'identifier le rôle des organes dans la gestion du Cd (régulation pour les caeca, stockage pour les branchies et principale voie d'entrée pour l'intestin) et de montrer une dépendance à la concentration des k_u (sauf pour l'intestin), mais pas des k_e . L'étude d'autres métaux, notamment essentiels comme le ⁶⁵Zn, nous permettra de comparer des gestions internes contrastées des éléments métalliques et contribuera à dessiner des grands schémas de gestions des métaux, chez *G. fossarum*. Une des sorties fortes de ce travail est le développement de biomarqueurs d'effets organes- et métaux-spécifiques en vue d'améliorer le diagnostic des impacts de la contamination métallique chez les invertébrés aquatiques, notamment crustacés, en permettant de cibler les organes sur lesquels le développement de biomarqueurs pourrait se focaliser.

Mots clés

Radio-écotoxicologie, Métaux, Radio-isotopes, Organotropisme, Modèles Toxico-cinétiques, Invertébrés, Gammarus, Eau douce

Remerciements

Ce travail a été pris en charge par le projet APPROVe, financé par l'Agence Nationale de Recherche (ANR-18-CE34-0013-01). Ces travaux ont bénéficié du cadre français du GDR "Écotoxicologie aquatique" qui vise à favoriser les discussions et collaborations scientifiques stimulantes pour des approches plus intégratives. Nous remercions Hervé Quéau (INRAE) pour l'assistance technique.

Références

Gestin O., Lacoue-Labarthe T., Coquery M., Delorme N., Garnero L., Dherret L., Ciccia T., Geffard O. et Lopes C. 2021. One and multi-compartments toxico-kinetic modeling to understand metals' organotropism and fate in *Gammarus fossarum* (en révision)

Ophélie GESTIN^(1,2,3), Christelle LOPES⁽¹⁾, Valentin BOURLIER⁽²⁾, Nicolas DELORME⁽³⁾, Laura GARNERO⁽³⁾, Olivier GEFFARD⁽³⁾, Thomas LACOUÉ- LABARTHE⁽²⁾

⁽¹⁾ Univ Lyon, Université Lyon 1, CNRS, Laboratoire de Biométrie et Biologie Évolutive UMR 5558, 69622 Villeurbanne, France

⁽²⁾ Littoral Environnement et Sociétés (LIENSs), UMR 7266 CNRS - Université de la Rochelle,

2 rue Olympe de Gouges, 17000 La Rochelle, France

⁽³⁾ INRAE, RiverLy, Laboratoire d'écotoxicologie,

5 Avenue de la Doua, CS20244, 69625 Villeurbanne Cedex, France

Contact e-mail :

ophelia.gestin@etu.univ-lyon1.fr

DEVELOPPEMENT D'UN MODELE TOXICOCINETIQUE BASE SUR LA PHYSIOLOGIE POUR LE BPA CHEZ LE POISSON

Les modèles toxicocinétiques à base physiologique (PBTK) sont des outils utiles pour améliorer la compréhension du devenir d'un produit chimique au sein d'un organisme. Récemment, Grech et al. (2019) ont proposé un modèle PBTK générique pour quatre espèces de poissons différents, le poisson zèbre (*Danio rerio*), l'épinoche à trois épines (*Gasterosteus aculeatus*), la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) et le vairon à tête de boule (*Pimephales promelas*). D'autre part, le bisphénol A (BPA) est considéré comme une substance très préoccupante en raison de sa fonction de perturbateur endocrinien, de son volume de production élevé et de sa persistance dans l'environnement aquatique. Dans ce travail, le PBTK générique a été adapté pour modéliser avec précision les processus ADME (absorption, distribution, métabolisation et excrétion) du BPA. Un effort particulier a été réalisé pour prédire la concentration interne de ses deux principaux métabolites, le BPA-monoglucuronide (BPA-g) et le BPA-monosulfate (BPA-s), dans deux organes (sang et foie). Des données *in vitro* provenant d'hépatocytes de poisson zèbre, de rat (Sprague-Dawley) et de souris (CD-1) ont été utilisées pour calculer les paramètres *a priori* de Michaelis-Menten liés au métabolisme (Ohkimoto et al. 2003; Ito et al. 2005; Mazur et al. 2010). En outre, les données de toxicocinétique du BPA, du BPA-G et du BPA-S dans différents organes chez le poisson zèbre et la truite arc-en-ciel ont été extraites de la littérature pour calibrer le modèle (Lindholst et al. 2000; Lindholst et al. 2001; Lindholst et al. 2003; Fang et al. 2016). Suite à cette première phase de calibration, plus de 70% des concentrations prédites en BPA s'écarte de moins de trois fois des données observées. Concernant les métabolites, la cinétique du BPA-S est correctement prédite, mais le modèle échoue à prédire les concentrations en BPA-G, qui sont largement sous-estimées. Une forte autocorrélation étant observées pour les paramètres liés au métabolisme, l'utilisation de ratio intermédiaires sera réalisée pour corriger ce problème, et d'éventuelles modifications du modèle auront lieu si les prédictions demeurent insatisfaisantes. Les prédictions du modèle seront évaluées en utilisant les concentrations en BPA et en métabolites chez l'épinoche selon deux scénarios d'exposition correspondant à une expérimentation conduite à l'Ineris (10-100 µgBPA/L; 7 jours d'exposition suivis de 7 jours d'élimination). Les prédictions obtenues seront comparées aux résultats des analyses chimiques conduites sur le foie, le sang et la carcasse des poissons. L'objectif sera ensuite d'adapter ce modèle à un substitut du BPA, le BPS, puis de coupler les modèles obtenus à des modèles toxicodynamiques (TD) pour prédire la réponse de certains biomarqueurs mesurés chez le poisson, et en particulier chez l'épinoche (immunomarqueurs, biomarqueurs de la reproduction, du stress oxydant et de la détoxification métabolique).

Mots clés

Modèle PBTK, BPA, Poisson, Métabolites, Epinoche, Poisson-zèbre, Truite arc-en-ciel

Remerciements

Les auteurs remercient le programme EC2CO (Ecosphère Continentale et Cotière) pour avoir participé au financement de ce travail. Les auteurs remercient également l'équipe d'ESMI de l'INERIS pour avoir participé aux expériences et l'équipe de l'ISA (Institut des Sciences Analytiques) pour leur contribution à l'analyse chimique des échantillons ayant servi à la construction du jeu de données épinoche.

Références

- Fang, Q. et al. (2016). *Environmental Science & Technology*, 50, 1005-1013.
Grech, A. et al. (2019). *Science of the Total Environment*, 651, 516-531.
Ito, Y. et al. (2005). *Archives of toxicology*, 79, 147-154.
Lindholst, C., Pedersen, K.L. & Pedersen, S.N. (2000). *Aquatic Toxicology*, 48, 87-94.
Lindholst, C., et al. (2001). *Toxicology*, 55, 75-84.
Lindholst, C., et al. (2003). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 135, 169-177.
Mazur, C.S., et al. (2010). *Drug Metabolism and Disposition*, 38, 2232-2238.
Ohkimoto, K. et al. (2003). *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 309, 7-11.

Corentin MIT^(1,2), Anne BADO-NILLES^(2,3), Rémy BEAUDOUIN^(1,2)

⁽¹⁾ Unité TEAM, INERIS, Parc ALATA, BP2, 60550 Verneuil en Halatte, France

⁽²⁾ INERIS, UMR-I 02 SEBIO, Parc ALATA, BP2, 60550 Verneuil-en-Halatte, France

⁽³⁾ Unité ESMI, INERIS, Parc ALATA, BP2, 60550 Verneuil-en-Halatte, France

Contact e-mail :
corentin.mit@ineris.fr

Société Française d'Ecotoxicologie Fondamentale et Appliquée



COLLOQUE SEFA

28-29 juin

2021

Versailles

Session 2 : Paysage



www.colloque.inrae.fr/sefa2020

INRAE

AgroParisTech



ECOTOX



FONDATION
ROVALTAIN
SCIENCE & EQUILIBRE

MODELISATION INTEGREE DU DEVENIR DES PESTICIDES DANS LE PAYSAGE

L'utilisation des pesticides en agriculture intensive entraîne une contamination de la plupart des compartiments des écosystèmes (sol, eau, air) comme en témoignent de nombreux suivis environnementaux. Pour estimer le risque de contamination de ces compartiments, leurs impacts écologiques et humains et identifier les moyens de limiter les contaminations, il est utile de développer des approches de modélisation qui décrivent complètement les dynamiques et les voies de transfert des pesticides depuis l'échelle de la parcelle jusqu'à l'échelle du paysage, intégrant l'ensemble des compartiments et tiennent compte de l'effet des pratiques de gestion des paysages. Jusqu'à présent, les approches de modélisation disponibles sont le plus souvent partielles car se focalisant chacune sur des dynamiques et compartiments spécifiques comme la dispersion atmosphérique d'une part, le transport par ruissellement de surface d'autre part ou encore la percolation vers les nappes souterraines.

Cette communication présente un projet collaboratif pour la modélisation du devenir des pesticides qui rassemble sept unités de recherche, soit une vingtaine de chercheurs et ingénieurs, pour développer un modèle intégré du devenir des pesticides à l'échelle du paysage. Ce modèle intégré vise à prédire les concentrations en pesticides dans le sol, l'eau et l'air ainsi que les échanges dans et entre les différents compartiments sous l'influence conjointe de l'organisation spatio-temporelle des paysages et des pratiques agricoles à l'échelle d'un bassin versant. A terme il est escompté que le modèle puisse (i) être utilisé pour évaluer et raisonner des stratégies de gestion des paysages cultivés vis à vis des risques de contamination des ressources en air, eau et sol et (ii) être couplé à des modèles d'exposition des organismes pour aider à l'étude des impacts environnementaux de l'usage des pesticides.

Le principe fondamental de cette démarche collaborative n'est pas de développer un nouveau modèle à partir d'une copie blanche mais de réutiliser en premier les approches de modélisation déjà développées dans chaque groupe de recherche, et de les coupler via des plateformes de modélisation et simulation conçues pour faciliter la modélisation des agroenvironnements (plateformes OpenFLUID (Fabre et al., 2010), SolVirtuel (Lafolie et al., 2014) et RECORD (Bergez et al., 2013) puis de compléter les processus manquants. Cette communication présente les principes de cette modélisation intégrée des pesticides à l'échelle du paysage qui est actuellement en cours de développement, et plus particulièrement les choix retenus pour i) la représentation spatiale des paysages agricoles (objets spatiaux, propriétés et connectivité spatiale), ii) les principaux processus considérés (distribution entre sol, culture et atmosphère ; transferts dans le sol et à la surface ; équilibres physico-chimiques ; émission vers l'atmosphère par volatilisation et dérive ; dispersion atmosphérique de la fraction volatile ; déposition gazeuse ; ...) et iii) leur couplage spatio-temporel. Un des enjeux clés de l'approche est de réussir le couplage à l'échelle du paysage de la modélisation de la dispersion atmosphérique avec la modélisation mise en œuvre pour la modélisation des processus hydrologiques, et de représenter les échanges à l'interface surface/atmosphère à cette échelle. Les premiers résultats obtenus sur un paysage cultivé modèle seront présentés ainsi que des exemples d'application envisagés.

Mots clés

Produits phytosanitaires, dispersion, pratiques agricoles, exposition, modèle, impacts

Remerciements

Ce travail a bénéficié d'une aide du département Environnement et Agronomie de l'INRA (actuellement département AgroEcoSystem INRAE) et de l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme d'Investissements d'avenir portant la référence ANR-16-IDEX-0006.

Références

- Bergez J.-E., P. Chabrier, C. Gary, M.H. Jeuffroy, D. Makowski, G. Quesnel, E. Ramat, H. Raynal, N. Rousse, D. Wallach, P. Debaeke, P. Durand, M. Duru, J. Dury, P. Faverdin, C. Gascuel-Oudou, F. Garcia, An open platform to build, evaluate and simulate integrated models of farming and agro-ecosystems, *Environmental Modelling & Software*, Volume 39, January 2013, Pages 39-49, ISSN 1364-8152, 10.1016/j.envsoft.2012.03.011
- Fabre, J.C. and Louchart, X. and Moussa, R. and Dagès, C. and Colin, F. and Rabotin, M. and Raclot, D. and Lagacherie, P. and Voltz M., 2010. OpenFLUID: a software environment for modelling fluxes in landscapes. *LANDMOD2010*.
- Lafolie F., I. Cousin, P-A Maron, A. Mollier, V. Pot, N. Moitrier, N. Moitrier, C. Nouguier., 2014. The « VSoil » modeling platform. *Revue Forestière Française*. DOI: 10.4267/2042/56287.

Voltz M.⁽¹⁾, Bedos C.⁽²⁾, Crevoisier D.⁽¹⁾,
Dagès C.⁽¹⁾, Djouhri M.^(1,2),
Fabre J.C.⁽¹⁾, Lafolie F.⁽⁶⁾, Loubet B.⁽²⁾,
Personne E.⁽²⁾, Bankwal P.⁽²⁾,
Barriuso E.⁽²⁾, Benoit P.⁽²⁾, Brunet Y.⁽³⁾,
Casellas E.⁽⁴⁾, Chabrier P.⁽⁴⁾,
Chambon C.⁽²⁾, Chataigner M.⁽¹⁾,
Douzals J.P.⁽⁵⁾, Drouet J.L.⁽²⁾,
Mamy L.⁽²⁾, Moitrier N.⁽⁶⁾, Pot V.⁽²⁾,
Raynal H.⁽⁴⁾, Ruelle B.⁽⁵⁾,
Samouëlian A.⁽¹⁾, Saudreau M.⁽⁷⁾

⁽¹⁾UMR LISAH, U. Montpellier, INRAE, IRD, SupAgro Montpellier

⁽²⁾ECOSYS INRAE, AgroParisTech, U. Paris-Saclay, Thiverval-Grignon

⁽³⁾ISPA, INRAE, Bordeaux

⁽⁴⁾UR MIA, INRAE, Toulouse

⁽⁵⁾ITAP, U. Montpellier, INRAE, SupAgro, Montpellier

⁽⁶⁾EMMAH, INRAE, UAPV, Avignon

⁽⁷⁾PIAF, INRAE, U. Clermont Auvergne, Clermont-Ferrand

Contact e-mail : marc.voltz@inrae.fr

LA BIODIVERSITE FONCTIONNELLE DES ESPACES AGRICOLES ET SON EXPOSITION AUX PESTICIDES : QUELLE INFLUENCE DE LA MOSAÏQUE PAYSAGERE ?

Colette BERTRAND

INRAE, UMR EcoSys, RD 10 Route de Saint-Cyr, 78026 Versailles Cedex

Contact e-mail :
colette.bertrand@inrae.fr

Compte tenu de leur emprise importante, les surfaces agricoles constituent des zones clés pour les enjeux de protection de la biodiversité. Mais cette dernière est menacée par les activités humaines, telles que l'utilisation massive d'intrants chimiques et la simplification des paysages, et les mesures agro-environnementales déployées depuis une trentaine d'années n'ont pas permis d'enrayer son déclin.

Face à ces enjeux, la notion de paysage reçoit une attention croissante depuis plusieurs années. Les paysages agricoles sont une mosaïque complexe, formée d'un agencement de composantes semi-naturelles et anthropiques. Les questions abordées dans le cadre de cet exposé ont pour objectif d'explorer l'influence de l'hétérogénéité des paysages agricoles (composition et organisation) sur la faune auxiliaire des cultures. Nous nous intéresserons plus particulièrement au domaine de l'écotoxicologie du paysage, concept introduit par J. Cairns dans les années 90. Nous explorerons via deux exemples de travaux de recherches qui relèvent de cette discipline comment certaines caractéristiques du paysage influencent le transfert et les effets des produits phytopharmaceutiques sur la biodiversité agricole.

Le premier exemple concerne des résultats issus du projet RESCAPE et publiés par Pelosi et al. (2021). Les résultats montrent que des cocktails de pesticides contaminent l'ensemble de la mosaïque agricole. Parcelles traitées, parcelles sous agriculture biologique ou habitats semi-naturels, aucun espace ne semble épargné par les pesticides. Mais le type d'habitat (haies, prairies ou champs de céréales) conditionne les profils de concentration en pesticides que l'on retrouve dans les sols, dans des vers de terre ou dans des carabes. Contrairement aux parcelles de céréales, les haies et les prairies sont des zones moins exposées aux pesticides, qui constituent des zones refuges où l'exposition des organismes non cibles est moindre. Ces résultats soulignent l'importance de maintenir des infrastructures agroécologiques dans les paysages agricoles, qui favorisent la biodiversité tout en lui offrant des zones refuges limitant son exposition aux pesticides.

Le deuxième exemple concerne des travaux publiés par Henry et al. (2014). Les résultats montrent que les effets sublétaux d'un pesticide néonicotinoïde sur l'abeille domestique sont modulés par d'autres facteurs de stress, comme la structure du paysage autour de la ruche. L'évaluation des effets sublétaux sur le terrain dépend donc du contexte et doit être abordée de manière temporelle et spatialement explicite.

Mots clés

Agroécosystèmes ; Produits phytosanitaires ; Evaluation du risque ; Organismes non-cibles, Ecotoxicologie du paysage

Remerciements

Merci à Céline Pelosi, Clémentine Fritsch, Gaëlle Daniele, Michaël Coeurdassier, Pierre Benoit, Sylvie Nélieu, Florent Lafay, Vincent Bretagnolle, Sabrina Gaba, Emmanuelle Vulliet, Mickaël Henry, Violette Le Féon, Fabrice Requier, Jean-François Odoux, Pierrick Aupinel, Vincent Bretagnolle Axel Decourtye, et l'ensemble des personnes ayant participé aux travaux de recherche ayant permis d'illustrer cet exposé. Nous remercions les ministères de l'Agriculture et de la Transition écologique, et l'ONEMA pour le support financier apporté au projet RESCAPE au travers de l'APR Pesticides du plan Ecophyto.

Références

Cairns Jr, J. (1993). Will there ever be a field of landscape toxicology?. *Environ Toxicol Chem* 12:609–610
Pelosi, C., Bertrand, C., Daniele, G., Coeurdassier, M., Benoit, P., Nélieu, S., Lafay, F., Bretagnolle, V., Gaba, S., Vulliet, E., Fritsch, C. (2021). Residues of currently used pesticides in soils and earthworms: A silent threat?. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 305, 107167.
Henry, M., Bertrand, C., Le Féon, V., Requier, F., Odoux, J.F., Aupinel, P., Bretagnolle, V., Decourtye, A. (2014). Pesticide risk assessment in free-ranging bees is weather and landscape dependent. *Nature communications*, 5(1), 1-8.

IDENTIFICATION DE PÉRIODES DE VULNÉRABILITÉ DE LA BIODIVERSITÉ FACE AUX FLUCTUATIONS TEMPORELLES DE CONTAMINANTS AGRICOLES EN ZONE TAMPON HUMIDE ARTIFICIELLE

Alexandre MICHEL, Jérémie
LEBRUN, Aliénor JELIAZKOV

INRAE, UR HYCAR, 1 rue Pierre-
Gilles De Gennes 92160 ANTONY
Contact e-mail :
alexandre.michel@inrae.fr

Une partie des contaminants agricoles (pesticides, azote) épandus sur les sols cultivés atteint l'hydrosphère par diverses voies notamment dans un contexte de drainage des agroécosystèmes ⁽¹⁾ avec des conséquences avérées sur les écosystèmes aquatiques et leurs fonctions ^(2,3). Les zones tampons humides artificielles (ZTHA) sont conçues pour abattre les nitrates et certains pesticides grâce à des fonctionnalités épuratoires naturelles ⁽¹⁾. Néanmoins, elles constituent un réservoir potentiel de contaminants susceptibles d'impacter les espèces sauvages qu'elles abritent. Pour évaluer cet impact potentiel, notre objectif est d'identifier les périodes de vulnérabilité des communautés face aux pressions chimiques agricoles. Pour ce faire, des inventaires ciblant les amphibiens et les macro-invertébrés aquatiques ont été réalisés sur un site pilote instrumenté depuis 2012 pour des suivis continus des flux de nitrates et pesticides, à savoir la ZTHA de Rampillon (Seine-et-Marne, 77) conçue pour collecter les eaux de ruissellement/drainage d'un bassin versant agricole. À partir d'observations de terrain et de recherches bibliographiques, les cycles de vie des espèces d'amphibiens et de macro-invertébrés recensés dans la ZTHA sont reconstruits pour identifier les phases se déroulant en milieu aquatique et donc potentiellement exposées (p. ex. mue, reproduction, développement larvaire). Ces données ont été superposées aux chroniques de flux de contaminants agricoles afin d'identifier les périodes potentiellement les plus critiques pour ces espèces. Les premiers résultats montrent la concomitance des pics d'activité biologique de la communauté d'amphibiens (reproduction, pontes et développement des juvéniles) avec les pics de contamination chimique entre mai et juillet. Afin de tester plus finement la vulnérabilité écologique en cette période printanière, des gammares (*Gammarus sp.*) ont été exposés en mésocosmes dans une eau chargée en contaminants agricoles et leurs réponses fonctionnelles (p. ex. locomotion, alimentation) ont été mesurées. Nous testons l'hypothèse d'une influence négative du cocktail sur ces réponses au niveau individuel et, par voie de conséquence, sur les fonctions écosystémiques telles que la dégradation de la litière (mesures en cours d'analyse). Ces travaux se poursuivent pour mieux comprendre les impacts des contaminants sur les réponses fonctionnelles de différents niveaux d'organisation, des individus et populations aux communautés, et *in fine* sur les fonctions écosystémiques de la ZTHA. Ces recherches contribuent à comprendre comment concilier abattement des pesticides et support de biodiversité et préserver les fonctions écosystémiques en milieu agricole pour assurer une gestion durable des agro-paysages.

Mots clés

Écologie ; Écotoxicologie ; Zone humide ; Agriculture ; Amphibiens ; Invertébrés ; *Gammarus sp.*

Remerciements

Les auteurs remercient la FIRE (Fédération Ile-de-France de Recherche sur l'Environnement, FR-3020) pour son appui financier (Gratification M2).

Références

- ⁽¹⁾ Tournebize J, Chaumont C, Mander Ü, 2017. Implications for constructed wetlands to mitigate nitrate and pesticide pollution in agricultural drained watersheds. *Ecol. Eng.* 103, 415-425.
- ⁽²⁾ Kohler HR, Triebkorn R, 2013. Wildlife ecotoxicology of pesticides: can we track effects to the population level and beyond? *Science* 341, 759-765.
- ⁽³⁾ Schäfer RB, von der Ohe PC, Rasmussen J, Kefford BJ, Beketov MA, Schulz R, Liess M, 2012. Thresholds for the Effects of Pesticides on Invertebr

INFLUENCE DU PAYSAGE SUR LES TENDANCES TEMPORELLES ET SPATIALES DE L'EXPOSITION AUX METAUX ET METALLOIDES CHEZ UN RAPACE TERRESTRE

A la suite de décisions réglementaires à travers le monde, la déposition atmosphérique de nombreux métaux et métalloïdes toxiques a diminué en Europe au cours des dernières décennies [1,2]. Cependant, on sait peu comment cette réduction se traduit sur l'exposition aux niveaux trophiques supérieurs en milieu terrestre [3], et ces tendances temporelles pourraient être hétérogènes dans l'espace en raison de sources locales d'émissions (e.g. industrie) et/ou de transport longue distance des éléments (e.g. transport marin) [4]. De plus, en raison de la persistance des métaux et métalloïdes, l'héritage des contaminations reste dans les sols. La faune pourrait donc être exposée selon des patrons dépendants du paysage en lien avec les apports passés (e.g. zones urbaines) et des caractéristiques paysagères déterminant le transfert dans les réseaux trophiques (e.g. disponibilité des proies) [5,6]. Le but de cette étude est de caractériser les tendances temporelles et spatiales de l'exposition à des métaux/métalloïdes chez une population de chouette hulotte (*Strix aluco*), un oiseau prédateur, nichant dans le Sør-Trøndelag (Norvège). Les concentrations en éléments (Al, As, B, Co, Cu, Cd, Hg, Mn, Pb, Se) ont été mesurées dans les plumes de femelles capturées en nichoir (n=1051) de 1986 à 2016. Un déclin drastique avec le temps a été mis en évidence pour les éléments toxiques avec des variations moyennes entre 1986 et 2016 de -99% pour le Pb, -96% pour le Cd, -93% pour l'Al, et -81% pour l'As. Le B, le Mn, et le Se ont montré des patrons fluctuants mais globalement diminuant (-96%, -66%, et -41%, respectivement). Nous n'avons pas détecté de tendances significatives pour le Co, le Cu et le Hg, qui montrent des oscillations tout au long de la période. Les tendances temporelles et spatiales de plusieurs éléments variaient significativement selon des proxies de sources de contamination comme la distance à des sites pollués ou à la côte. En particulier, une plus faible diminution a été observée pour l'Al, l'As, le B, le Cd, et le Mn chez les chouettes nichant à proximité de sites pollués notamment durant les premières décennies de l'étude, tandis que les concentrations en Hg et en Se étaient plus fortes chez les chouettes nichant à proximité de la côte. En focalisant sur la dernière décennie (2010-2016), les concentrations en éléments (excepté B, Co et Mn) variaient significativement avec des facteurs de composition et configuration du paysage autour des nichoirs. Par exemple, les surfaces d'eaux douces modulent les teneurs en Al, Cd et Pb, le Cd augmente avec les surfaces de zones urbaines, et les surfaces d'openfield influencent les niveaux en Cu, Hg, Pb, et Se. Cette étude met en évidence l'influence des caractéristiques du paysage sur les patrons spatiaux de l'exposition de la faune aux contaminants, mais aussi sur les tendances temporelles du transfert dans les réseaux trophiques.

Mots clés

Écotoxicologie de la faune sauvage ; écotoxicologie du paysage ; éléments essentiels et non-essentiels ; biosurveillance

Remerciements

Les auteurs remercient les participants du projet ENVISTRESS et le Research Council of Norway pour son soutien financier.

Références

- [1] European Environment Agency. 2019. Indicator Assessment - Heavy Metal Emissions; IND-171-en (AIR 001).
- [2] Pacyna, J. M.; et al. 2009. Changes of Emissions and Atmospheric Deposition of Mercury, Lead, and Cadmium. *Atmos Environ*, 43 (1), 117–127. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.09.066>.
- [3] Bustnes, J. O.; et al. 2013. Temporal Trends (1986-2005) of Essential and Non-Essential Elements in a Terrestrial Raptor in Northern Europe. *STOTEN*, 458, 101–106. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.04.027>.
- [4] Sun, J.; et al. 2019. Temporal Trends of Mercury Differ across Three Northern White-Tailed Eagle (*Haliaeetus Albicilla*) Subpopulations. *STOTEN*, 687, 77–86. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.027>.
- [5] Fritsch, C.; et al. 2012. Influence of Landscape Composition and Diversity on Contaminant Flux in Terrestrial Food Webs: A Case Study of Trace Metal Transfer to European Blackbirds *Turdus Merula*. *STOTEN*, 432, 275–287.
- [6] Fritsch, C.; et al. 2019. Exposure to Pb Impairs Breeding Success and Is Associated with Longer Lifespan in Urban European Blackbirds. *Sci Rep*, 9 (1), 486. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36463-4>.

Quentin DEVALLOIR⁽¹⁾,
Clémentine FRITSCH⁽¹⁾, Georg
BANGJORD⁽²⁾, Bård-J BARDSEN⁽³⁾,
Igor EULAERS⁽⁴⁾, Jan O. BUSTNES⁽³⁾

⁽¹⁾ CHRONO-ENVIRONNEMENT UMR
6249 CNRS / UFC, 16 Route de Gray,
FR-25000 Besançon, France

⁽²⁾ NORWEGIAN DIRECTORATE FOR
NATURE, NO-7485 Trondheim,
NORWAY

⁽³⁾ NORWEGIAN INSTITUTE FOR
NATURE RESEARCH (NINA), Fram
Centre, NO-9296 Tromsø, NORWAY

⁽⁴⁾ NORWEGIAN POLAR INSTITUTE,
Fram Centre, NO-9296 Tromsø,
NORWAY

Contact e-mail :

clementine.fritsch@univ-fcomte.fr

Société Française d'Ecotoxicologie Fondamentale et Appliquée



COLLOQUE SEFA

28-29 juin

2021

Versailles

Session 3 : Pharmaceutiques et phytopharmaceutiques



www.colloque.inrae.fr/sefa2020

INRAE

AgroParisTech



ECOTOX



FONDATION
ROVALTAIN
SCIENCE & EQUILIBRE

EFFETS SUBLÉTAUX DE L'EXPOSITION A DES DOSES ENVIRONNEMENTALES D'UN TRIAZOLE SUR UNE ESPÈCE BIOINDICATRICE DES AGROECOSYSTEMES, LE MOINEAU DOMESTIQUE (*PASSER DOMESTICUS*)

Les triazoles constituent une famille de fongicides systémiques à large spectre utilisés en agriculture qui ont la capacité d'interférer avec la lanostérol 14 α -déméthylase, une enzyme de la superfamille des cytochromes P450 monooxygénases. Ces fongicides sont massivement utilisés afin de contrôler les maladies fongiques des cultures mais la contamination environnementale par ces triazoles pourrait affecter des espèces non-cibles y compris la faune sauvage. Deux études récentes ont suggéré qu'une exposition alimentaire aux triazoles pouvait entraîner un effet reprotoxique sur les oiseaux [1,2]. En outre, quelques études ont montré que les triazoles pouvaient interférer avec des composantes métaboliques, endocrines et comportementales d'organismes modèles de laboratoire (ex: [3]). Néanmoins, la plupart de ces études ont été effectuées via des tests d'écotoxicité aiguës (ex: [3]) négligeant ainsi les effets faibles doses de triazoles et leur impact potentiel sur la faune sauvage. L'objectif de cette étude était de tester expérimentalement si le tébuconazole, l'un des triazoles les plus utilisés, pouvait induire des effets sublétaux sur une espèce bioindicatrice de la santé des agroécosystèmes, le moineau domestique (*Passer domesticus*). Des moineaux maintenus en conditions contrôlées (N=54) ont été exposés (groupe expérimental) ou non (groupe témoin) durant sept mois à du tébuconazole dans l'eau de boisson. L'impact de dose environnementale du fongicide a été évalué en étudiant le fonctionnement métabolique (métabolisme de base et de thermorégulation), des marqueurs morphométriques (condition corporelle et qualité du plumage), et le fonctionnement hormonal (hormones thyroïdiennes). Le traitement au tébuconazole a eu un impact significatif sur la condition corporelle et sur la qualité du plumage des moineaux, les individus exposés ayant des plumes moins denses mais une condition corporelle plus importante que celles des individus témoins. De plus, le métabolisme de base des individus exposés était significativement plus faible que celui des témoins. Bien que les hormones thyroïdiennes soient impliquées dans les processus métaboliques et de remplacement des plumes, nous n'avons pas mis en évidence de perturbation endocrine. Ces résultats démontrent néanmoins qu'une exposition à des concentrations environnementales de tébuconazole peut induire des effets sublétaux chez les oiseaux vivant dans des agroécosystèmes. Les études futures chercheront à déterminer si ces modifications peuvent à terme impacter la survie et la reproduction des individus.

Pauline BELLOT ⁽¹⁾⁽³⁾, François BRISCHOUX ⁽¹⁾, Hélène BUDZINSKI⁽²⁾, Olivier CHASTEL ⁽¹⁾, Sophie DUPONT ⁽¹⁾, Clémentine FRITSCH ⁽³⁾, Olivier LOURDAIS ⁽¹⁾, Louise PROUTEAU ⁽¹⁾⁽²⁾, Steffi ROCCHI ⁽³⁾, Frédéric ANGELIER ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Centre d'Etudes Biologiques de Chizé (CEBC), UMR 7372 CNRS-La Rochelle Université, 79360 Villiers en Bois, France

⁽²⁾ EPOC-LPTC, UMR 5805 CNRS-Université de bordeaux, 33405 Talence, France

⁽³⁾ Chrono-Environnement UMR 6249 CNRS / UFC, 16 Route de Gray, fr-25000 Besançon, France
Contact e-mail :
Pauline.BELLOT@cebc.cnrs.fr

Mots clés

Fongicides triazolés, Effets sublétaux, Agroécosystèmes, Espèces sentinelles (*Passer domesticus*)

Remerciements

Nous remercions les programmes VITIBIRD (EC2CO, CNRS), PEPSAN (MITI CNRS), BIODITOX (ANSES), VITIBIRD (ANR) et MULTISTRESS (Région Nouvelle Aquitaine) pour leur support financier.

Références

- [1] Fernández-Vizcaíno, E., de Mera, I. G. F., Mougeot, F., Mateo, R., & Ortiz-Santaliestra, M. E. (2020). Multi-level analysis of exposure to triazole fungicides through treated seed ingestion in the red-legged partridge. *Environmental Research*, 189, 109928.
- [2] Lopez-Antia, A., Ortiz-Santaliestra, M. E., Mougeot, F., Camarero, P. R., & Mateo, R. (2021). Birds feeding on tebuconazole treated seeds have reduced breeding output. *Environmental Pollution*, 271, 116292.
- [3] Li, S., Wu, Q., Sun, Q., Coffin, S., Gui, W., & Zhu, G. (2019). Parental exposure to tebuconazole causes thyroid endocrine disruption in zebrafish and developmental toxicity in offspring. *Aquatic Toxicology*, 211, 116-123.

CARACTERISATION DES EFFETS D'UNE CONTAMINATION COMPLEXE PAR LES PESTICIDES D'UN PETIT COURS D'EAU VOSGIEN EMBLEMATIQUE (CLEURIE) : UNE APPROCHE INTERDISCIPLINAIRE BASEE SUR LES BIOFILMS PHOTOTROPHES

La Directive Cadre sur l'Eau impose l'atteinte ou le maintien du bon état écologique des masses d'eau. Il s'avère donc indispensable de disposer d'indicateurs précoces de la qualité des masses d'eau en conditions naturelles. Si de nombreux indicateurs existent, ils ne sont pas toujours en mesure de révéler les effets subtils d'une faible pression épisodique sur des temps d'exposition longs. Il est donc nécessaire de développer de nouveaux indicateurs, complémentaires de ceux actuels mais plus à même de traduire l'impact des contaminants chimiques, notamment les pesticides. Pour ce faire, les biofilms phototrophes présentent un large éventail de descripteurs structurels et fonctionnels pertinents pour le diagnostic environnemental.

La contamination observée depuis plusieurs années dans la rivière Cleurie (Région Grand-Est, Vosges) constitue un cadre de travail idéal pour éprouver la sensibilité de ces indicateurs. En raison d'activités industrielles (textiles), ce petit cours d'eau vosgien de tête de bassin versant forestier présente un cocktail complexe de molécules, chroniques et épisodiques (du quotidien au saisonnier) mais en dessous des normes de qualité environnementales. Ce cocktail se caractérise par de fortes concentrations en glyphosate et son principal produit de dégradation, l'acide aminométhylphosphonique (AMPA) ainsi qu'une forte charge de matière organique dissoute (MO) dominée par des colorants et azurants optiques. Dans ce contexte notre objectif est d'estimer les potentiels effets écotoxiques et fonctionnels in situ de cette contamination complexe et d'identifier si ces effets sont liés au rejet de glyphosate et d'AMPA dans la Cleurie. Les résultats générés contribueront à une approche sociologique qui sera développée en parallèle pour suivre la circulation des savoirs scientifiques produits entre les différents acteurs (scientifiques, pouvoirs publics, citoyens...) impliqués dans une controverse locale mais qui s'inscrit dans celle plus générale et ancienne sur la toxicité des pesticides.

Dans ce contexte, cette présentation portera sur mes premiers résultats de thèse.

Différentes stations ont été identifiées le long du linéaire de la Cleurie et un suivi annuel de la structure (biodiversité, déformations) et du fonctionnement (approche PICT-Pollution Induced Community Tolerance) des biofilms phototrophes a été initié. Parallèlement à cette approche de terrain, des bioessais ont été réalisés pour évaluer la toxicité du glyphosate sur les diatomées en conditions standardisées. Pour ce faire, les deux espèces *Nitzschia palea* et *Gomphonema gracile* ont été exposées pendant 7j à une large gamme de concentration de glyphosate (0,4-84 mg/L). Dans un second temps, les deux espèces ont été exposées sur une durée plus longue (28j) afin d'évaluer le potentiel tératogène du glyphosate sur la morphologie des frustules. Ces premiers résultats semblent indiquer que la déformation des diatomées benthiques et l'acquisition de tolérance au glyphosate par les biofilms constitueraient des marqueurs plus sensibles que les indices structurels classiques (IBD...) quant à la présence de glyphosate et d'AMPA le long du linéaire du cours d'eau.

Mots clés

Ecotoxicologie microbienne, pesticides, cocktails, glyphosate, biofilm, diatomées, tolérance, déformations

Remerciements

Ces travaux sont financés à travers les projets DIAFORM (Agence de l'Eau Rhin-Meuse), CLEURIE (INSU-CNRS, Zone Atelier Moselle) et PESTINTER (ANSES, PNREST 2020)

Sarah CHERON^(1,2), David HEUDRE⁽³⁾, Chloé BONNINEAU⁽⁴⁾, Soizic MORIN⁽⁵⁾, Marie-Noëlle PONS^(2,6), Simon DEVIN^(1,2), Vincent FELTEN^{(1,2)*} & Martin LAVIALE^{(1,2)*}

⁽¹⁾ Université de Lorraine, CNRS, LIEC, F-57000, Metz, France

⁽²⁾ LTSER France, Zone Atelier du Bassin de la Moselle, F-54000, Nancy, France

⁽³⁾ DREAL Grand Est, Metz, France

⁽⁴⁾ INRAE, UR RiverLy, Villeurbanne, France

⁽⁵⁾ INRAE, UR EABX, Cestas

⁽⁶⁾ Université de Lorraine, CNRS, LRGP, F-54000, Nancy

*contributions équivalentes

Contacts e-mail : martin.laviale@univ-lorraine.fr ; vincent.felten@univ-lorraine.fr

COMMENT IDENTIFIER LES SUBSTANCES RESPONSABLES DE LA TOXICITE DANS UN MELANGE COMPLEXE ?

Malgré des avancées considérables dans l'étude de la toxicité des mélanges de substances chimiques, l'identification des molécules responsables de la toxicité observée constitue un défi de taille.

Les microalgues sont considérées comme des organismes modèles en écotoxicologie, de par leur rôle central dans les écosystèmes aquatiques et leur facilité de culture en laboratoire. Dans ce contexte, cette étude visait à i) évaluer la toxicité d'extraits d'échantillonneurs passifs issus d'un environnement naturel sur deux microalgues marines et ii) identifier les principales substances responsables de la toxicité observée via des analyses chimiques ciblées et non-ciblées.

Des POCIS (polar organic chemical integrative samplers) ont été utilisés pour échantillonner trois sites le long de deux cours d'eau dans une zone d'étude majoritairement viticole, pendant quatre périodes d'un mois. Les microalgues ont été exposées à cinq dilutions des extraits de POCIS en microplaques durant 96 h. Ces espèces marines, très utilisées en aquaculture ainsi que pour les tests de toxicité standardisés, peuvent être considérées comme des biotests sensibles et constituaient les modèles d'étude du projet de recherche. La toxicité des extraits a été exprimée en équivalents bioanalytiques (BEQ) : une valeur de BEQ_{bio} exprimant la toxicité par rapport à un composé de référence (diuron) ; une valeur de BEQ_{chem} exprimant la toxicité attribuable à huit pesticides de toxicité connue quantifiés par des analyses chimiques ciblées dans les extraits de POCIS. D'autre part, des analyses chimiques non-ciblées par spectrométrie de masse haute-résolution ont été réalisées afin de sélectionner une liste d'entités chimiques exclusives, ou plus abondantes, dans les extraits de POCIS. Une fragmentation sélective (liste des entités sélectionnées) et non-sélective (toutes les entités) a été réalisée afin d'identifier ces entités par correspondance des spectres de fragmentation ; un niveau de confiance a été attribué à chaque substance identifiée via la classification de Schymanski (niveau 1 : confiance maximale).

La toxicité des extraits de POCIS était concomitante aux périodes de traitements phytosanitaires. Parmi les 8 pesticides analysés, la spiroxamine, un fongicide utilisé contre le mildiou, s'est révélée être responsable d'une partie significative de la toxicité des extraits, expliquant jusqu'à 46% de la toxicité pour un des extraits testés. Parmi les 1278 entités chimiques retenues par les analyses chimiques non-ciblées, 147 substances chimiques ont pu être identifiées, dont 48 avec un niveau 1 de confiance. Parmi ces 48 substances, les quatre possédant les CE50 les plus basses dans la littérature scientifique ont été sélectionnées pour être quantifiées : clarithromycine, fluopicolide, norflurazon et simazine. La clarithromycine, un antibiotique non-suspecté, s'est révélée être responsable d'une part significative (jusqu'à 44%) de la toxicité des extraits.

En conclusion, en combinant une méthode d'échantillonnage passif (POCIS) avec un test de toxicité standardisé et des analyses chimiques ciblées et non-ciblées, une part significative de la toxicité de mélanges complexes environnementaux (extraits de POCIS) a pu être expliquée, jusqu'à 73% pour un des extraits testés. Deux substances, la spiroxamine et la clarithromycine, ont pu être identifiées comme responsables d'une part significative de la toxicité observée.

Mots-clés

microalgues ; toxicité ; échantillonnage passif ; POCIS ; spectrométrie de masse haute-résolution

Remerciements

Cette étude a été réalisée avec le soutien financier de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) dans le cadre du programme Investissements d'Avenir, au sein du Cluster d'Excellence COTE (ANR-10-LABX-45), de la région Nouvelle-Aquitaine et de l'Université de Nantes.

Valentin DUPRAZ ⁽¹⁾, Caroline GARDIA-PAREGE ⁽¹⁾, Juliette GAILLARD ⁽¹⁾, Dominique MENARD ⁽²⁾, Nathalie TAPIE ⁽¹⁾, Marie-Hélène DEVIER ⁽¹⁾, Emmanuel GENESTE ⁽¹⁾, Farida AKCHA ⁽²⁾, Sabine STACHOWSKI-HABERKORN ⁽²⁾, Hélène BUDZINSKI ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Université de Bordeaux, CNRS, UMR 5805 EPOC, LPTC, F-33405 Talence, France

⁽²⁾ Ifremer, BE, F-44000 Nantes, France
valentin.dupraz@u-bordeaux.fr

INFLUENCE DES PRATIQUES VITICOLES SUR LA CONTAMINATION PAR LES ELEMENTS TRACES D'UNE ESPECE SENTINELLE, LE MERLE NOIR

Les pratiques agricoles sont caractérisées par une utilisation grandissante de produits phytopharmaceutiques et d'engrais qui visent à assurer la productivité et la viabilité économique des exploitations agricoles dans un contexte économique concurrentiel. C'est notamment le cas dans la viticulture où les produits phytopharmaceutiques sont utilisés afin de lutter contre les ravageurs (insectes, champignons). Ces produits sont souvent d'origine organiques, mais la viticulture est également caractérisée par une utilisation importante d'éléments inorganiques tels que ceux retrouvés dans la bouillie bordelaise (Cu) ou dans d'anciens insecticides (As). Dans cette culture, d'autres pratiques peuvent également être une source d'éléments traces, telles que l'utilisation d'engrais (e.g., boue d'épuration) ou d'iodure d'argent pour lutter contre la grêle.

Peu de données sont actuellement disponibles pour quantifier cette contamination d'espèces non cibles (faune sauvage) par ces éléments traces, et dans ce contexte, nous avons étudié une espèce sentinelle de l'environnement, le merle noir (*Turdus merula*). Cette espèce ubiquiste peut être retrouvée dans de multiples écosystèmes, tels que les milieux forestiers, urbains, ou agricoles, permettant ainsi des comparaisons aisées entre milieux (Meillère et al. 2016). Nous avons capturé, mesuré, pesé, et prélevé des plumes (un tissu utilisé pour les analyses d'éléments traces et d'hormones) de près d'une centaine de merles en 2016 (adultes et juvéniles). Nous avons ensuite comparé les taux de contamination des merles vivant dans ⁽¹⁾ une zone de vignoble (Cognac), ⁽²⁾ une zone forestière protégée (témoin négatif), (3) une zone urbaine où les éléments traces sont classiquement retrouvés (témoin positif). Nous avons montré que les merles de vignoble présentaient des taux de certains éléments traces particulièrement élevés en comparaison avec les merles forestiers (As, Co), et parfois même les merles urbains (Cu, Mn). De plus, le degré de contamination des adultes était souvent plus important que celui des juvéniles, ce qui suggère une bioaccumulation des éléments traces au cours de la vie des individus. Cette contamination peut être reliée à une pollution des sols (Eijsackers et al. 2005) et aux pratiques agricoles spécifiques à la viticulture. Cette culture repose en effet encore grandement sur l'utilisation de la bouillie bordelaise (Cu, Komarek et al. 2010), et d'engrais (Mn, Ramos 2006), et a utilisé des insecticides à base d'arsenic jusqu'en 2001 (Komarek et al. 2010). Malgré cette contamination importante des merles vivants en vignobles, nous n'avons pas trouvé de différences morphologiques (taille, condition) ou physiologiques (taux d'hormones de stress, corticostérone) significatives et majeures entre les merles urbains, forestiers et viticoles. Nous avons cependant montré que la densité de merles était 50% plus faible dans l'habitat viticole que dans les habitats urbain ou forestier. Des études expérimentales s'avèrent maintenant nécessaires pour mieux évaluer l'impact de cette contamination sur les vertébrés évoluant en milieu viticole.

Mots clés

Éléments traces, viticulture, urbanisation, espèce sentinelle

Remerciements

Nous remercions les programmes VITIBIRD (ANR), MULTISTRESS (Région Nouvelle Aquitaine) et BIODITOX (ANSES) pour leur support financier

Références

- Eijsackers H., Beneke P., Maboeta M., Louw J. P. E. Reinecke A. J. 2005. The implications of copper fungicide usage in vineyards for earthworm activity and resulting sustainable soil quality. *Ecotox Env Safety*, 62, 99–111.
- Komárek M., Čadková E., Chrástný V., Bordas F., Bollinger, J.-C. 2010. Contamination of vineyard soils with fungicides: A review of environmental and toxicological aspects. *Env Int* 36, 138–151.
- Meillère A., Brischoux F., Bustamante P., Michaud B., Parenteau, C., Marciau C., Angelier F. 2016. Corticosterone levels in relation to trace element contamination along an urbanization gradient in the common blackbird (*Turdus merula*). *Sci Tot Env* 566–567, 93–101.
- Ramos M.C. 2006. Metals in vineyard soilsof the Penèdes area after compost application. *J Env Manag* 78, 209-215.

Frédéric ANGELIER*⁽¹⁾, Bertille MOHRING ⁽¹⁾, Paco BUSTAMANTE⁽²⁾, François BRISCHOUX ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Centre d'Etudes Biologiques de Chizé (CEBC), UMR 7372 CNRS-La Rochelle Université, 79360 Villiers en Bois, France

⁽²⁾ Littoral Environnement et Sociétés (LIENSs), UMR 7266 CNRS-La Rochelle Université, 17000 La Rochelle, France

Contact e-mail :

frederic.angelier@ocebc.cnrs.fr

IMMUNOLOGIE COMPARÉE CHEZ *MYTILUS EDULIS* ET *DREISSENA POLYMORPHA* FACE À DES CHALLENGES CHIMIQUE ET BIOLOGIQUE

Le système immunitaire des bivalves est sensible à différents types de stress et traduit leurs états de santé (Matozzo, 2016; Oliver and Fisher, 1999; Song et al., 2010), ce qui rend son étude pertinente en biosurveillance des milieux aquatiques (Galloway and Depledge, 2001; Ray et al., 2017). Dans un objectif d'évaluation de la qualité de l'eau dans un continuum aquatique ; deux espèces de bivalves sont utilisées dans cette étude : la moule marine, *Mytilus edulis* (moule bleue) et la moule dulçaquicole, *Dreissena polymorpha* (dreissène).

Afin d'étudier leurs réponses immunitaires face à différents stress, elles ont été exposées à un antibiotique, la ionomycine, et aux bactéries *Pseudomonas fluorescens* et *Vibrio splendidus*, respectivement sur la dreissène et la moule bleue.

Des expositions i) *ex vivo* et ii) *in vivo* ont été réalisées, durant lesquelles des i) hémocytes et ii) individus ont été exposés avec la ionomycine (i) 1 ou 3 μ M, ii) 100 ou 200nM) et les bactéries (i) 50 bactéries/hémocyte, ii) 2.10⁸ CFU/mL).

Deux types d'expositions furent pratiquées *in vivo* ; des expositions doubles et simultanées de 24h et des expositions décalées pour étudier l'influence d'une exposition de 48h à la ionomycine dans la réponse à un challenge bactérien de 6h ou 24h.

Les réponses hémocytaires des animaux ont été évaluées en cytométrie en flux avec un double marquage reflétant la capacité de phagocytose et la mortalité

cellulaire post-phagocytose. Le processus de phagocytose est mimé par l'ajout de billes de polystyrène fluorescentes de 2 μ m. Seuls les hémocytes ayant internalisé plus de 2 billes sont pris en compte dans les analyses, ces derniers sont appelés hémocytes « efficaces ».

En conditions *ex vivo*, les hémocytes des deux modèles montrent des tendances à l'augmentation de la phagocytose en présence des bactéries contrairement aux expositions au composé chimique seul. Lors des doubles expositions, les réponses des bivalves divergent avec une baisse de la phagocytose chez la moule bleue et une augmentation chez la dreissène.

Après 24h d'expositions simultanées *in vivo*, la dreissène est le seul modèle montrant une immunomodulation. Son efficacité de phagocytose diminue de 48% \pm 12% en moyenne de cellules efficaces chez les animaux témoins à 27% \pm 7% et 24% \pm 7% de cellules efficaces respectivement après exposition à *P. fluorescens* seule et en double exposition avec la ionomycine.

Après des expositions *in vivo* décalées et 6 heures de challenges bactérien, la moule bleue présente une augmentation de l'efficacité de phagocytose en présence de bactéries et une diminution en présence de ionomycine ainsi qu'en double exposition. Cependant, 24h après le challenge, aucun effet n'est notable sur les réponses mesurées.

Les résultats indiquent que lors des doubles expositions les tendances de variations de la capacité de phagocytose correspondent à celles d'expositions simples à la ionomycine ou aux bactéries. Par exemple la diminution de phagocytose est observée chez la dreissène en exposition *in vivo* 24h double est similaire à celle observée en exposition à *P. fluorescens* seule. Il n'y a pas d'effet de synergie observé lors des doubles expositions ou de sensibilisation par la ionomycine au challenge bactérien. Les deux modèles de moules peuvent montrer des réponses opposées aux stress, comme lors des expositions *ex vivo* doubles. En condition multistress, *M. edulis* semble être plus sensible au stress chimique (la ionomycine) et *D. polymorpha* au stress bactérien (*P. fluorescens*).

Ces disparités mettent en évidence la nécessité d'étudier les capacités immunitaires de chaque espèce avant d'être en mesure de comparer leurs immunomarqueurs en biosurveillance de continuums aquatiques.

Mots clés

Bivalve, Immunomarqueur, *Mytilus edulis*, *Dreissena polymorpha*, Multistress, Hémocyte

Remerciements

Ce travail de thèse est financé par l'université Reims Champagne-Ardenne (URCA).

Références

- Galloway, T.S., Depledge, M.H., 2001. Immunotoxicity in Invertebrates: Measurement and Ecotoxicological Relevance 19.
- Matozzo, V., 2016. Aspects of eco-immunology in molluscs. Invertebrate survival journal 116–121.
- Oliver, L.M., Fisher, W.S., 1999. Appraisal of prospective bivalve immunomarkers. Biomarkers 4, 510–530.
- Ray, S., Ray, M., Bhunia, A.S., Banerjee, P., Murkherjee, S., 2017. Prospects of molluscan immunomarkers in monitoring aquatic toxicity., in: Ecotoxicology and Genotoxicology. Royal Society of Chemistry, Cambridge, pp. 70–106. <https://doi.org/10.1039/9781782629887-FP001>
- Song, L., Wang, L., Qiu, L., Zhang, H., 2010. Bivalve Immunity, in: Söderhäll, K. (Ed.), Invertebrate Immunity, Advances in Experimental Medicine and Biology. Springer US, Boston, MA, pp. 44–65. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8059-5_3

Héloïse GENDRE⁽¹⁾, Mélissa PALOS-LADEIRO⁽¹⁾, Alain GEFFARD⁽¹⁾, Frank LE FOLL⁽²⁾, Yosra BEN CHEIKH⁽²⁾

⁽¹⁾Université de Reims Champagne-Ardenne, UMR-I 02 INERIS-URCA-ULH SEBIO - Stress Environnementaux et BIOSurveillance des milieux aquatiques, UFR Sciences Exactes et Naturelles, Campus du Moulin de la Housse, BP1039, 51687 Reims, CEDEX, France.

⁽²⁾Université Du Havre, UMR-I 02 INERIS-URCA-ULH SEBIO- Stress Environnementaux et BIOSurveillance des milieux aquatiques, 25 rue Philippe Lebon, BP1123, 76063 Le Havre cedex, France.

Contact e-mail : heloise.gendre@univ-reims.fr



COLLOQUE SEFA

28-29 juin

2021

Versailles

Session 4 : Modélisation toxico- dynamique



www.colloque.inrae.fr/sefa2020

AOP - VERS DE NOUVELLES PERSPECTIVES IN SILICO EN ECOTOXICOLOGIE - LE WORKSHOP DE LA FONDATION ROVALTAIN

La Fondation Rovaltain se propose d'organiser un Workshop en octobre 2021 sur les Adverse Outcome Pathways (AOPs) & les nouvelles perspectives in silico en écotoxicologie. Ceci afin de définir les contours d'un appel à projet qui financera une ou plusieurs études en 2022.

L'AOP, conceptualisé il y a une dizaine d'années (Ankley et al., 2010), est une construction analytique ayant pour objectif de décrire une chaîne linéaire séquentielle de liens de cause à effet entre des événements clefs, depuis un événement moléculaire initiateur menant à un effet néfaste, et ce à divers niveaux de l'organisation biologique. Ce cadre conceptuel cohérent permet d'organiser les connaissances disponibles aussi bien en toxicologie qu'en écotoxicologie. Récemment, des travaux de recherche innovants ont remis en perspective les AOPs en utilisant la bio-informatique et la biologie intégrative des systèmes dans le but de construire ou reconstruire des pré-AOPs. Pour cela, des informations existantes dans différentes sources de données (bases de données, littérature scientifique) sont identifiées, puis associées entre elles afin d'aider au développement de nouveaux AOPs. Afin d'aider à l'extraction automatique de données de la littérature, un logiciel d'exploitation de texte ("text mining"), AOPHelpFinder, a été développé par une équipe de recherche française en toxicologie. Cette méthodologie computationnelle a par exemple permis de décrire et déchiffrer des réseaux d'AOPs liés aux Bisphénols (Carvalho et al., 2019 ; Rugard et al., 2020) et aux pesticides (Jornod et al. 2020). Complémentaire aux études mécanistiques, la transposition de cette méthode à l'écotoxicologie permettrait d'ouvrir de nouvelles perspectives, comme (1) la construction d'AOP et de réseaux d'AOP (2) l'identification rapide des données écotoxicologiques disponibles dans la littérature sur les effets d'un xénobiotique ou la perturbation d'une voie biologique (3) l'identification des "data gap" et (4) la prise de hauteur sur des mécanismes complexes et/ou controversés. C'est dans ce contexte que la Fondation Rovaltain se propose d'organiser un Workshop en partenariat avec l'INSERM (UMR-S 1124 - T3S, Université de Paris) dont l'objectif sera triple (1) définir les contours d'une étude préliminaire dans différents compartiments et avec plusieurs espèces afin de valider la méthode sur des AOPs déjà décrits (2) faire émerger plusieurs thématiques d'intérêt en écotoxicologie au niveau des compartiments terrestres et aquatiques et (3) rassembler la communauté de chercheurs intéressés. A l'issue du Workshop, au cours duquel un résumé sera produit pour publication dans la revue *ESPR*, la Fondation Rovaltain rédigera un appel à projets, en concertation avec son Conseil Scientifique, qui sera publié début 2022.

Damien BAUDIFFIER⁽¹⁾, Karine AUDOUZE⁽²⁾, Xavier COUMOUL⁽²⁾, Delphine DELAUNAY⁽¹⁾

⁽¹⁾ Fondation de Coopération Scientifique Rovaltain, 12 cours Emile du Chatelet, 26300 Alixan

⁽²⁾ INSERM UMR-S 1124 - T3S, Université de Paris, 45 rue des Saints Pères, 75006 Paris FRANCE

*Contact e-mail :
d.baudiffier@fcsrovaltain.org

Mots clés

Adverse Outcome Pathway (AOP) - Text Mining - Data Gap - Ecotoxicology - Workshop - Conceptual Framework

Remerciements

Nous remercions Marylène Rugard & Florence Jornod (INSERM UMR-S 1124 - T3S)

Références

- Ankley GT, Bennett RS, Erickson RJ, Hoff DJ, Hornung MW, Johnson RD, Mount DR, Nichols JW, Russom CL, Schmieder PK, Serrano JA, Tietge JE, Villeneuve DL. Adverse outcome pathways: a conceptual framework to support ecotoxicology research and risk assessment. *Environ Toxicol Chem.* 2010 Mar;29(3):730-41. doi: 10.1002/etc.34
- Carvaillo JC, Barouki R, Coumoul X, Audouze K. Linking Bisphenol S to Adverse Outcome Pathways Using a Combined Text Mining and Systems Biology Approach. *Environ Health Perspect.* 2019 Apr;127(4):47005. doi: 10.1289/EHP4200
- Jornod F, Rugard M, Tamisier L, Coumoul X, Andersen HR, Barouki R, Audouze K. AOP4EUpest: mapping of pesticides in adverse outcome pathways using a text mining tool. *Bioinformatics.* 2020 Aug 1;36(15):4379-4381. doi: 10.1093/bioinformatics/btaa545.
- Rugard M, Coumoul X, Carvaillo JC, Barouki R, Audouze K. Deciphering Adverse Outcome Pathway Network Linked to Bisphenol F Using Text Mining and Systems Toxicology Approaches. *Toxicol Sci.* 2020 Jan 1;173(1):32-40. doi: 10.1093/toxsci/kfz214

REVISITE DES ANALYSES SSD POUR LES PLANTES TERRESTRES NON CIBLES

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 liés aux produits chimiques (Évaluation du Risque Environnemental, ERE). 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). Pour estimer une HC₅ il s'agit d'ajuster une distribution de probabilité sur un ensemble d'indicateurs de toxicité, généralement eux-mêmes obtenus à partir de l'ajustement d'un modèle de type dose-réponse sur des données expérimentales issues de tests de toxicité (classiquement, des réplicats de plusieurs organismes exposés à une gamme croissante de concentrations pendant une certaine période). Les indicateurs de toxicité sont classiquement entrés en tant que valeurs ponctuelles dans les analyses SSD, alors qu'une incertitude leur est nécessairement associée, malheureusement 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) qui sont utilisés comme entrées dans l'analyse SSD pour conduire à l'estimation d'une HR₅. Les taux d'exposition utilisés sont sélectionnés avant les expériences, et sont proportionnels au taux maximal d'application du produit sur les cultures (scenario pire-cas). Ce scenario est utilisé car il est pertinent en termes agronomiques, mais il ne permet pas d'ajuster la concentration maximale testée en fonction de la sensibilité de l'espèce étudiée dans l'expérience. La conséquence d'un tel plan d'expérience est que l'on obtient souvent des ER₅₀ censurées à droite (i.e., > taux d'exposition maximum), ce qui complique ensuite l'analyse SSD. Or, la réglementation ne fournit aucun conseil quant à la manière de traiter statistiquement des ER₅₀ censurées à droite ni comment tenir compte de l'incertitude associée aux ER₅₀ estimées. En pratique, cette incertitude est tout bonnement ignorée, i.e., les ER₅₀ sont supposées égales à leur estimation moyenne, et les ER₅₀ censurées à droite sont soit supprimées de l'analyse, soit remplacées par une valeur arbitraire (généralement le taux d'exposition maximal testé). On peut donc regretter une perte évidente d'informations précieuses qui n'est pas sans conséquences sur le résultat final : (i) la gamme des ER₅₀ restantes pour l'analyse SSD peut ne pas couvrir toute la gamme de sensibilité des espèces choisies ; (ii) si les ER₅₀ censurées à droite sont nombreuses, après les avoir retirées, le nombre de ER₅₀ restantes pour l'analyse SSD peut ne plus être suffisant pour fournir une estimation fiable de la HR₅. Étant donné que les analyses SSD sont actuellement la meilleure option prescrite par la réglementation et acceptée par les autorités, le fait de ne pas pouvoir les finaliser se traduit par l'impossibilité d'estimer les effets sur les plantes non-cible en prenant en compte les différences de sensibilité entre espèces. L'ERE est alors basée sur la valeur de ER₅₀ la plus faible parmi les espèces et traits de vie étudiés, ce qui constitue une approche très protectrice mais peu réaliste. 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 des ER₅₀ censurées à droite dans les analyses SSD. En particulier, nous examinerons comment cela influence l'estimation de la HR₅.

Mots clés

Dose-réponse, Species Sensitivity Distributions, incertitude, censure.

Remerciements

Ce projet bénéficie du soutien financier de l'ECPA (*European Crop Protection Association*), projet CNRS numéro 191066.

Sandrine CHARLES⁽¹⁾, Dan WU⁽¹⁾, Virginie DUCROT⁽²⁾

⁽¹⁾ Université de Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, 43 boulevard du 11 novembre 1918, 69622 Villeurbanne Cedex, France.

⁽²⁾ BAYER AG, Crop Science, Building 6620, 1.10, 40789 Monheim, Germany.

sandrine.charles@univ-lyon1.fr

UN MODELE DEB POUR ENCHYTRAEUS CRYPTICUS, COUPLE A UN MODELE TOXICOCINETIQUE-TOXICODYNAMIQUE, POUR MODELISER L'EFFET DES CONTAMINANTS SUR SON CYCLE DE VIE

La théorie DEB (Dynamic Energy Budget Theory) permet de quantifier la croissance, le développement et la reproduction d'un organisme tout au long de son cycle de vie. Elle permet également de modéliser les effets des facteurs de stress chimiques sur le cycle de vie des organismes grâce au couplage avec des modèles toxicocinétique-toxicodynamique (TK-TD). Contrairement aux modèles DEB pour les organismes aquatiques, les modèles DEB pour la faune du sol sont rares et sous-développés. Les Enchytréides (Annelida: Clitellata) sont des organismes modèles en écologie et en écotoxicologie terrestre. Ils sont reconnus comme des indicateurs de l'activité biologique du sol et du stress chimique dans les écosystèmes terrestres. Malgré cela, il n'existe aucun modèle DEB pour cette famille (à notre connaissance et selon la base de données add-my-pet). Nous présentons ici un protocole expérimental dédié qui nous a permis de collecter les données nécessaires au calibrage d'un modèle DEB pour *Enchytraeus crypticus*, une espèce modèle en écotoxicologie. Nous avons ensuite évalué l'impact d'un pesticide (la cyperméthrine) sur le cycle de vie d'*E. crypticus* (croissance, reproduction), et utilisé le modèle DEB couplé à un modèle TKTD pour simuler et analyser les données. Le modèle a permis de mettre en évidence le mode d'action physiologique (pMoA) de ce pesticide : une augmentation des coûts énergétiques de croissance. Le modèle associé au protocole expérimental pour la collecte de données peut être utilisé en routine pour évaluer et prédire l'impact des pesticides sur le cycle de vie d'*E. crypticus*. Cette approche permettrait d'améliorer l'évaluation des risques écotoxicologiques pour les organismes du sol. Le modèle permet notamment de i) fournir des valeurs de concentrations seuils pour les effets (Concentration Sans Effet, CES), ii) de mettre en avant les modes d'actions physiologiques des contaminants, et, iii) une fois calibré, le modèle peut simuler de nouveaux scénarios d'exposition pour des concentrations et temps d'exposition différents.

Mots clés

Ecotoxicologie terrestre ; Enchytréides ; Modélisation bioénergétique ; Modélisation toxicocinétique-toxicodynamique ; Effets sublétaux.

Remerciements

Ces travaux sont financés par le 'Natural Environment Research Council' (NERC), dans le cadre du projet 'CLASSIC AND TEMPORAL MIXTURE SYNERGISM IN TERRESTRIAL ECOSYSTEMS: PREVALENCE, MECHANISMS AND IMPACTS'

Sylvain BART^(1,2), Tjalling JAGER⁽³⁾, Alex ROBINSON⁽²⁾, Elma LAHIVE⁽²⁾, David J. SPURGEON⁽²⁾, Roman ASHAUER^(1,4)

⁽¹⁾ Environment Department, University of York, Wentworth Way, Heslington, York, YO10 5NG, UK

⁽²⁾ UK Centre for Ecology & Hydrology, MacLean Building, Benson Lane, Wallingford, Oxon, OX10 8BB, UK

⁽³⁾ DEBtox research, Stevensweert, The Netherlands

⁽⁴⁾ Syngenta Crop Protection AG, Basel, Switzerland

Contact e-mail :

sylvain.bart@york.ac.uk

OPTIMISATION DES PLANS D'EXPERIENCES POUR LA MODELISATION DOSE-REPONSE DE DONNEES OMIQUES

En écotoxicologie, la plupart des plans expérimentaux impliquant des mesures "omiques" testent un faible nombre de modalités (par exemple trois conditions, un témoin, une faible dose et une forte dose du contaminant dont l'effet est étudié et privilégient un grand nombre de réplicats (≥ 5) pour chaque modalité afin de pouvoir appliquer des tests statistiques de type ANOVA. Du fait de la grande quantité d'items (e.g. contigs, métabolites) à traiter, les études visant à construire des courbes dose-réponse sont face à une tâche non triviale. Cette difficulté est de plus exacerbée par les allures des relations dose-réponse, la plupart du temps non-sigmoïdes voire non monotones pour des données "omiques", au contraire de ce qui est souvent rencontré pour des mesures de paramètres biologiques apicaux.

DRomics est un package R et une application disponible en ligne conçu pour modéliser un grand nombre de courbes dose-réponse dans le cadre de jeux de données issus de mesures "omiques" à haut débit (Larras et al. 2018). DRomics a été en particulier développé pour pouvoir traiter des données avec un faible nombre de réplicats mais un grand nombre de doses. Après une phase de sélection des items (e.g. contigs, métabolites) présentant une réponse au contaminant, la modélisation des courbes dose-réponse est effectuée en sélectionnant le modèle le plus adapté aux données parmi un jeu d'équations décrivant des courbes monotones ou biphasiques. De ces courbes sont enfin dérivées des doses d'effet critique. Les problématiques de plans d'expériences sont différentes dans des cas visant à comparer quelques conditions et dans ceux étudiant tout un gradient d'exposition. Pour modéliser des courbes dose-réponse, il convient de favoriser le nombre de doses testées plutôt que le nombre de réplicats par dose. Quelles seraient ainsi les meilleures pratiques à mettre en place dans le cadre d'expérimentations "omiques" visant une modélisation dose-réponse avec DRomics, afin d'optimiser la qualité des résultats pour un même effort expérimental ? Combien de doses d'exposition réaliser dans la gamme choisie ? Combien de réplicats allouer à chaque dose ?

Pour répondre à ces questions, nous avons utilisé un jeu de données préalablement publié (Gwinn et al., 2020) portant sur des mesures RNAseq réalisées sur des échantillons de foie et de reins issus de rats exposés à 18 contaminants en suivant un design en dose-réponse avec quatre réplicats par dose et 8 à 10 doses, design nettement plus fourni que ce que l'on trouve habituellement dans la littérature : même dans le cadre de modélisations dose-réponse les auteurs utilisent le plus souvent 5 doses. Nous avons dégradé progressivement ce jeu de données en retirant petit à petit des réplicats et/ou des doses puis lui avons appliqué l'outil DRomics. Cette procédure nous a ainsi permis d'étudier l'impact des nombres de doses et de réplicats sur la robustesse des résultats, et ainsi d'optimiser le plan d'expérience pour un effort expérimental constant.

Mots clés

Données omiques, modélisation dose-réponse, DRomics, design optimal

Références

- Gwinn, W. M., Auerbach, S. S., Parham, F., Stout, M. D., Waidyanatha, S., Mutlu, E., ... DeVito, M. J. (2020). Evaluation of 5-Day In Vivo Rat Liver and Kidney with High-Throughput Transcriptomics for Estimating Benchmark Doses of Apical Outcomes. *Toxicological Sciences*, 176⁽²⁾, 343-354.
- Larras, F., Billoir, E., Baillard, V., Siberchicot, A., Scholz, S., Wubet, T., Tarkka, M., Schmitt-Jansen, M. & Delignette-Muller, M. L. (2018). DRomics: A turnkey tool to support the use of the dose-response framework for Omics data in ecological risk assessment. *Environmental science & technology*, 52(24), 14461-14468.

Vincent BAILLARD*⁽¹⁾, Marie Laure DELIGNETTE-MULLER ⁽²⁾, Floriane LARRAS ⁽³⁾, Simon DEVIN ⁽¹⁾, Sophie PRUD'HOMME ⁽¹⁾, Elise BILLOIR ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Université de Lorraine, Laboratoire Interdisciplinaire des Environnements Continentaux, 57000 Metz

⁽²⁾ Université de Lyon, VetAgro Sup, Laboratoire de Biométrie et Biologie Evolutive, 69622 Villeurbanne

⁽³⁾ INRAE, 74200 Thonon-les-Bains
Contact e-mail : vincent.baillard@univ-lorraine.fr

Société Française d'Ecotoxicologie Fondamentale et Appliquée



COLLOQUE SEFA

28-29 juin

2021

Versailles

Session 5 : Bioaccumulation / Biodisponibilité expérimentales



www.colloque.inrae.fr/sefa2020

INRAE

AgroParisTech



ECOTOX



FONDATION
ROVALTAIN
SCIENCE & EQUILIBRE

EVALUATION DE LA BIODISPONIBILITE ENVIRONNEMENTALE ET TOXICOLOGIQUE AVEC L'ESCARGOT: NORMALISATION ISO DES APPROCHES

Maxime LOUZON ⁽¹⁾, Benjamin PAUGET ⁽²⁾, Frédéric GIMBERT ⁽³⁾, Nadia CRINI ⁽³⁾, Annette de VAUFLEURY* ⁽³⁾

⁽¹⁾ Laboratoire BiOSSE (Biologie des Organismes, Stress, Santé, Environnement)/LMU, avenue Olivier Messiaen, 72085 Le Mans

⁽²⁾ Tesora, 22 avenue Aristide Briand, 94110 Arcueil

⁽³⁾ Laboratoire Chrono-Environnement (UMR 6249 UFC/CNRS USC INRAE), 16 route de Gray 25030 Besançon Cedex
Contact-email : annette.devaufleury@univ-fcomte.fr

Afin de gérer durablement les sites et sols contaminés une évaluation des risques environnementaux (ERE) est requise. Ces ERE peuvent être basées sur l'approche intégrée TRIADE (ISO 19204, 2017) qui combine des analyses chimiques, écotoxicologiques et écologiques. L'escargot terrestre *Cantareus aspersus*, bioindicateur ubiquiste de la qualité des sols, peut être utilisé à la fois dans les mesures chimiques et écotoxicologiques tant in situ par encagement (Pauget et de Vaufleury, 2015) qu'ex situ (Louzon et al. 2020), en fonction de la gestion des contaminants (phytomanagement, réutilisation de terres excavées..., Louzon, 2020). Avec des valeurs guides de références (TGV) disponibles pour 38 contaminants et des seuils de risques spécifiques à l'escargot (Louzon et al. 2021), les concentrations internes en contaminants transférés et leur toxicité (toxicity point) peuvent être utilisés pour caractériser les risques environnementaux. Ces méthodes qui lient les approches chimiques (concentrations internes) et écotoxicologiques (effets toxiques pour l'escargot) des niveaux 2 et 3 de la norme TRIADE peuvent être complétées par un essai d'inhibition de la croissance normalisé pour les escargots (ISO 15952, 2018). La normalisation qui dynamisera l'utilisation de ces méthodes, a été entreprise pour l'évaluation de la biodisponibilité avec l'escargot dès 2018 à l'ISO ISO/TC 190/SC 4/WG 2 "Effects on soil fauna" avec l'appui de la commission AFNOR T95E "Ecotoxicologie terrestre". L'objectif de cette communication est de présenter la méthode et les résultats de l'essai inter-laboratoire qui ont permis l'élaboration de la norme ISO 24032 (2021) pour l'évaluation de la biodisponibilité in situ de métal(loïde)s et de HAP par encagement d'escargots. Cet essai inter-laboratoire a été réalisé avec 5 laboratoires européens sur une friche industrielle diversement contaminée sur laquelle des escargots ont été exposés in situ durant 28 jours, et parallèlement exposés ex situ en laboratoire aux sols nus excavés provenant de ce site. Les résultats ont montré une faible variabilité entre les laboratoires sur l'interprétation du niveau de risque avec quelques exceptions. Et globalement, les résultats ont également souligné que les approches in situ et ex situ ne sont pas interchangeables en lien avec les spécificités du site (végétation, humus, climat, sol structuré) qui ne peuvent pas être reproduites en laboratoire. Les approches actives (encagement) in situ étant rares pour des bioindicateurs terrestres, la norme ISO 24032 apporte un outil original pour l'évaluation de la biodisponibilité environnementale, de la biodisponibilité toxicologique et des risques environnementaux de divers contaminants, tant in situ qu'ex situ ce qui doit aider à renforcer le positionnement et l'usage des outils chimiques et biologiques en ERE.

Mots clés

Escargot, évaluation des risques, sites et sols contaminés, normalisation, essais-inter laboratoires, ex situ, in situ, ISO

Remerciements

ISO COMMITTEE SOIL QUALITY, PARTICIPANTS DU RING TEST (J WONG, N NEUWIRTHOVA, B ZALDIBAR, B SARRAZIN, C THIENMANN, M CHALOT, T NATAL DA LUZ, P SOUZA, C AMIOT, D RIEFFEL), A BISPO, P PANDARD, S LOUIS ROSE, C GRAND.

Références

- ISO 15952:2018. Qualité du sol - Effets des polluants vis-à-vis des escargots juvéniles (Helicidae).
ISO 19204:2017. Qualité du sol - Procédure d'évaluation des risques écologiques spécifiques au site de la contamination des sols (approche TRIADE de la qualité du sol)
ISO DIS 24032:2021. Qualité du sol - Encagement in situ d'escargots pour la mesure de la bioaccumulation de contaminants.
Louzon M. 2020. Thèse de doctorat de l'Université de Bourgogne Franche-Comté, 358 p.
Louzon M., Pauguet B., Gimbert F., Morin-Crini N., de Vaufleury A. 2020. Sci. Total Environ. 721, 137789.
Louzon M., Devalloir Q., Gimbert F., Pauguet B., Rieffel D., de Vaufleury A. 2021. Environ. Sci. Pollut. Res. 28, 17343-17354.
Pauguet B., de Vaufleury A. 2015. Ecol. Indic. 53, 206-210.

INTERET D'ENCHYTRAEUS ALBIDUS COMME BIOINDICATEUR DE LA CONTAMINATION DES SOLS AUX HAP

Les eaux pluviales sont des vecteurs importants des polluants. En effet, en ruisselant sur les chaussées elles se chargent en une multitude de contaminants organiques et inorganiques, qui vont in fine se

retrouver dans l'environnement. La décontamination des eaux pluviales urbaines représente donc un enjeu important pour prévenir une contamination environnementale. LIFE ADSORB est un projet européen porté par la ville de Paris, s'appuyant sur un système innovant installé dans le parc du Bois de Boulogne, qui a pour objectif de réduire de 95% la contamination présente dans les eaux pluviales provenant d'un axe parisien de grande circulation. Pour cela, ces eaux sont collectées et acheminées vers un biofiltre avec un double système de traitement des eaux : des roseaux filtrent les polluants tandis que le sol les adsorbe et aide à leur dégradation naturelle. La performance de dépollution du filtre doit s'accompagner de sa compatibilité avec le milieu d'implantation afin de ne pas engendrer de dommages pour l'écosystème et la biodiversité. Pour vérifier cette compatibilité, on va étudier un organisme faisant partie de la mésofaune du sol, *Enchytraeus albidus*. C'est un annélide oligochète présent de manière ubiquitaire et en grande quantité dans de nombreux écosystèmes. C'est un bon indicateur de stress chimique qui est déjà utilisé pour des tests de toxicité et de bioaccumulation de contaminants (1, 2, 3). On veut donc déterminer la biodisponibilité de contaminants organiques pour *Enchytraeus albidus* et voir s'il pourrait être utilisé en tant que bioindicateur de la contamination du sol du biofiltre. On se focalise ici sur des contaminants organiques que sont les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) (1). Ce sont des composés persistants, ubiquitaires, très toxiques pour les êtres vivants et surtout représentatifs des eaux de ruissellement issues du trafic routier. On a choisi trois molécules présentant des caractéristiques toxiques et physico-chimiques différentes : le phénanthrène (PHE) (2), le fluoranthène (FLT) (1) et le benzo-(a)-pyrène (BaP), avec une structure à trois, quatre et cinq cycles de benzène, respectivement. Dans un premier temps, pour définir la gamme de concentrations adaptée à l'étude de la bioaccumulation, on effectue des tests d'écotoxicité pour déterminer s'il y a un effet dose-réponse des enchytréides aux HAP (3). Les enchytréides sont exposés pendant trois semaines à six concentrations différentes de HAP, dans un sol sableux représentatif du sol du biofiltre. A la fin de l'expérience, on mesure la survie ainsi que le niveau des réserves énergétiques comme marqueur de l'état de santé des organismes. La bioaccumulation est étudiée au cours de deux semaines d'exposition durant lesquelles on mesure tous les trois jours les quantités de HAP retrouvées dans les enchytréides (3) et dans les sols des cosmes. On évalue en parallèle l'expression de gènes de cytochromes P450 pour déterminer leur intérêt comme biomarqueurs précoces d'exposition aux contaminants organiques. Les résultats obtenus permettent de déterminer la pertinence d'*Enchytraeus albidus* comme bioindicateurs de contamination des sols aux HAP, et l'intérêt de cette approche en appui aux gestionnaires du dispositif de filtration.

Alice ROUGIER, Claire-Sophie HAUDIN,
Giacomo GRASSI, Ghislaine DELARUE,
Marjolaine DESCHAMPS, Isabelle
LAMY, Juliette FABURE

UMR ECOSYS, INRAe, AgroParisTech,
Université Paris-Saclay, 78026 Versailles,
France

Contact e-mail : claire-
sophie.haudin@inrae.fr

Mots clés

Biofiltre, eaux pluviales urbaines, hydrocarbures aromatiques polycycliques, bioaccumulation, écotoxicité

Remerciements

Je remercie le projet LIFE ADSORB d'avoir financé cette étude et de m'avoir donné l'opportunité de travailler sur un tel sujet.

Références

- (1) Sverdrup, Line E., John Jensen, Axel E. Kelley, Paul H. Krogh, et Jørgen Stenersen. « Effects of Eight Polycyclic Aromatic Compounds on the Survival and Reproduction of *Enchytraeus Crypticus* (Oligochaeta, Clitellata) ». *Environmental Toxicology and Chemistry* 21, no 1 (janvier 2002): 109-14.
- (2) Amorim, Mónica J.B., E. Oliveira, A. S. Teixeira, Carlos S. Gravato, S. Loureiro, L. C. Guilhermino, C. A.M. Van Gestel, et Amadeu M.V.M. Soares. « Toxicity and Bioaccumulation of Phenanthrene in *Enchytraeus Albidus* (Oligochaeta: Enchytraeidae) ». *Environmental Toxicology and Chemistry* 30, no 4 (avril 2011): 967-72.
- (3) Dai, Wencai, S. Slotsbo, Cornelis A.M. van Gestel, et M. Holmstrup « Temperature-Dependent Toxicokinetics of Phenanthrene in *Enchytraeus Albidus* (Oligochaeta) ». *Environmental Science & Technology* 55, no 3 (2 février 2021): 1876-84.

QUANTIFICATION DES LIENS ENTRE PRESSIONS ANTHROPIQUES ET CONTAMINATION BIODISPONIBLE

Les écosystèmes aquatiques sont soumis à de multiples pressions anthropiques qui concernent plusieurs échelles spatiales. Des études ont été mises en place pour évaluer les impacts des pressions sur l'état écologique des communautés (comme l'occupation du sol, les altérations hydromorphologiques, les nutriments et la matière organique) (Dahm et al., 2013, Villeneuve et al., 2018). Récemment la contamination chimique a été prise en compte dans ce type d'approches, néanmoins souvent à des échelles locales et en se basant sur des indicateurs qui ne considèrent pas les processus de biodisponibilité et qui sont difficilement comparables. La biosurveillance active, basée sur l'encagement d'organismes calibrés sur une période définie offre l'opportunité d'accéder à la fraction biodisponible et de pouvoir comparer directement les mesures de contamination entre sites et à différentes dates (Ciliberti et al., 2017). Les contaminants métalliques et organiques persistants (hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs) et polychlorobiphényles (PCBs)) sont des contaminants préoccupants qui sont aujourd'hui suivis par la biosurveillance active via des gammars encagés sur les réseaux de surveillance nationale. L'objectif de notre étude est d'évaluer et de quantifier par des modèles pressions-impacts les liens entre pressions environnementales et contamination biodisponible métallique et organique à grande échelle spatiale. A partir de 196 échantillonnages de la contamination métallique biodisponible et 245 échantillonnages de la contamination organique biodisponible répartis sur l'ensemble de la France métropolitaine, différentes pressions (sources et facteurs de transferts de contaminants) ont été définis. Par exemple, la densité urbaine à l'échelle du bassin versant a été considérée comme source de contamination organique et la rectitude des cours d'eau a été utilisée comme proxy de la modification morphologique pouvant affecter le transfert des contaminants. La modélisation par équations structurelles a permis de quantifier les liens suivant trois modèles spécifiques aux trois familles de contaminants. Les pressions les plus liées à la contamination biodisponible en métaux sont l'occupation du sol anthropique, les densités en industries et les densités en stations d'épuration (Sarkis et al., 2020). Les pressions les plus liées à la contamination biodisponible en HAP sont surtout des pressions à des échelles locales (rejets ponctuels sur site et tronçon), alors que pour les PCBs, ce sont surtout des pressions à des échelles larges (rejets diffus sur le bassin versant). Le cadre conceptuel développé et ces premiers résultats quantitatifs peuvent servir de base exploratoire pour évaluer les liens entre les pressions et la contamination biodisponible à grande échelle. Une perspective de ces travaux sera l'évaluation du rôle de la contamination chimique sur les communautés dans un contexte multi-pressions.

Mots clés

Biosurveillance active, HAP, Métaux, PCB, Pressions-Impacts

Remerciements

Nous remercions INRAE et l'agence Rhône-Méditerranée Corse pour le financement de l'étude. Ainsi que l'ensemble des scientifiques des équipes EcoFlowS et écotoxicologie qui ont participé au succès de ce travail et aux membres du comité de suivi de thèse qui ont évalué les travaux et apporté des recommandations.

Références

- Ciliberti, A., Chaumot, A., Recoura-Massaquant, R., Chandesris, A., François, A., Coquery, M., Ferréol, M. and Geffard, O. (2017) Caged Gammarus as biomonitors identifying thresholds of toxic metal bioavailability that affect gammarid densities at the French national scale. *Water Research* 118, 131-140. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.04.031>.
- Dahm, V., Hering, D., Nemitz, D., Wolfram, G., Schmidt-Kloiber, A., Leitner, P., Melcher, A. and Feld, C.K. (2013) Effects of Physico-Chemistry, Land Use and Hydromorphology on Three Riverine Organism Groups: A Comparative Analysis with Monitoring Data from Germany and Austria. *Hydrobiologia* 704, 389-415. <https://doi.org/10.1007/s10750-012-1431-3>.
- Sarkis, N., Geffard, O., Souchon, Y., Chandesris, A., Ferréol, M., Valette, L., Alric, B., François, A., Piffady, J., Chaumot, A. and Villeneuve, B. (2020) How to quantify the links between bioavailable contamination in watercourses and pressures of anthropogenic land cover, contamination sources and hydromorphology at multiple scales? *Science of the Total Environment* 735, 139492. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139492>.
- Villeneuve, B., Piffady, J., Valette, L., Souchon, Y. and Usseglio-Polatera, P. (2018) Direct and indirect effects of multiple stressors on stream invertebrates across watershed, reach and site scales: A structural equation modelling better informing on hydromorphological impacts. *Science of the Total Environment* 612, 660-671. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.197>.

Noëlle SARKIS* ⁽¹⁾. Olivier GEFFARD⁽²⁾.
Yves SOUCHON ⁽¹⁾. André
CHANDESRIS ⁽¹⁾. Chloé MEYMY ⁽¹⁾.
Martial FERRÉOL ⁽¹⁾. Laurent
VALETTE⁽¹⁾. Benjamin ALRIC ⁽²⁾.
Adeline FRANÇOIS ⁽²⁾. Rémi
RECOURA-MASSAQUANT ⁽²⁾. Jérémy
PIFFADY ⁽¹⁾. Arnaud CHAUMOT ⁽²⁾.
Bertrand VILLENEUVE ⁽³⁾.

⁽¹⁾INRAE, UR RiverLy, EcoFlowS + F-69625
Villeurbanne, France

⁽²⁾INRAE, UR RiverLy, Laboratoire
d'écotoxicologie + F-69625 Villeurbanne,
France

⁽³⁾INRAE, UR EABX + F-33612 Cestas, France

*Contact e-mail : noelle.sarkis@inrae.fr

Société Française d'Ecotoxicologie Fondamentale et Appliquée



COLLOQUE SEFA

28-29 juin

2021

Versailles

Session 6 : Omiques



www.colloque.inrae.fr/sefa2020

INRAE

AgroParisTech



ECOTOX



FONDATION
ROVALTAIN
SCIENCE & EQUILIBRE

POTENTIEL DE L'OUTIL DROMICS POUR L'ECOTOXICOLOGIE

L'utilisation des approches omiques (e.g. transcriptomique, protéomique, métabolomique) a connu un réel essor en écotoxicologie ces dernières années. Le fait de pouvoir se placer au plus proche du mode d'action des micropolluants a permis d'acquérir de nouvelles connaissances mécanistes ainsi que de favoriser l'émergence de nouveaux concepts. Actuellement, les approches omiques sont couramment utilisées dans le contexte de plans expérimentaux où un faible nombre de conditions sont comparées, ce qui limite leur utilisation en évaluation du risque. A l'inverse, les plans expérimentaux dose-réponse appliqués aux omiques permettent non seulement de générer des données utilisables en évaluation du risque (au même titre que les paramètres classiques tels que la croissance ou la mortalité) ainsi que d'aller plus loin dans l'identification des processus de réponse mis en place par le vivant dans le cas d'une exposition à un micropolluant. Afin de bénéficier de ces informations, nous avons développé l'outil DRomics (Dose-Response for omics data) dont le but est : 1/ d'identifier les items (e.g. contigs, protéines, métabolites) répondant au gradient de doses, 2/ de déterminer le modèle le mieux adapté aux items pour décrire la relation dose-réponse et de caractériser la forme de la réponse, et 3/ de dériver une concentration d'effet pour chacun d'entre eux. L'intérêt de DRomics est également de fournir un langage commun entre les différentes approches omiques afin de soutenir les travaux menés dans le cadre de l'Adverse-Outcome-Pathway. Cette présentation visera à mettre en avant l'intérêt de l'outil pour les problématiques liées à l'écotoxicologie en s'appuyant sur différents exemples récents.

Mots clés

Omiques ; Modélisation ; Evaluation du risque ; voies métaboliques

Floriane LARRAS⁽¹⁾, Elise BILLOIR⁽²⁾, Aurélie SIBERCHICOT⁽³⁾, Mechthild SCHMITT-JANSEN⁽⁴⁾, Marie-Laure DELIGNETTE-MULLER⁽³⁾

⁽¹⁾ INRAE, 5 Rue de la Doua, 69100 Villeurbanne

⁽²⁾ Université de Lorraine, 8 rue du Général Delestraint, 57070 METZ

⁽³⁾ LBBE, CNRS, Université de Lyon, VetAgro Sup, 69622 VILLEURBANNE

⁽⁴⁾ UFZ, Permoserstrasse 15, 04318 LEIPZIG

Contact e-mail :
floriane.larras@inrae.fr

EVALUATION ET CARACTERISATION DES EFFETS DU DICLOFENAC SUR LE METABOLISME DE L'ÉPINOCHÉ À TROIS ÉPINES PAR APPROCHE METABOLOMIQUE NON CIBLÉE EN LC-HRMS

Depuis plusieurs années, il est reconnu que les milieux aquatiques sont pollués par de nombreux composés pharmaceutiques émis par les activités humaines. Parmi ces produits se trouve le diclofénac (DCF), un anti-inflammatoire non stéroïdien, actuellement le plus utilisé en médecine humaine et animale. De ce fait, on le retrouve de façon récurrente dans les eaux de surface du monde entier à des concentrations allant de 1 µg/L à plus de 50 µg/L. Plusieurs de ses effets ont déjà été identifiés sur différents organismes tels que les vautours, les invertébrés ou les poissons. Cependant, les informations sur les effets des composés pharmaceutiques chez les organismes aquatiques sont encore parcellaires, et le développement de nouvelles approches globales représente une méthode pertinente pour l'amélioration de nos connaissances. Dans ce contexte, la métabolomique, par des stratégies non ciblées (sans *a priori*) permet d'étudier l'ensemble des métabolites d'un organisme, qu'il soit sain ou exposé à des stress variés, au niveau de l'ensemble des tissus ou d'organes particuliers. De plus, cette approche apparaît très pertinente pour l'identification de métabolites d'intérêt en tant que biomarqueurs, pouvant être ultérieurement utilisés dans un contexte de biosurveillance. L'objectif de cette étude était d'évaluer et d'identifier, par une approche non ciblée basée sur la spectrométrie de masse à haute résolution (LC-HRMS), les métabolites modulés chez l'épinoche à trois épines (*Gasterosteus aculeatus*), après une exposition sub-chronique au DCF. Pour répondre à cet objectif, des épinoches adultes mâles et femelles ont été exposées, en continu en laboratoire, pendant 21 jours à 0.37 µg/L et 77.30 µg/L (concentrations mesurées dans l'eau). L'exposition s'est suivie de 3 jours de dépuración afin d'évaluer la capacité d'élimination et de retour à l'état basal des poissons. Les individus ont été prélevés à cinq temps tout au long de l'expérience (0, 3, 7, 21 et 24 jours). Les foies et le reste des tissus (sans intestin) ont ensuite été extraits et analysés par chromatographie liquide (RSLC U3000, Thermo Scientific®) couplée à un spectromètre de masse hydride quadripôle temps de vol Q-ToF (Maxis Plus, Bruker Daltonics®). Les données obtenues ont été traitées par une approche analytique comparative (sains vs exposés) avec Metaboscape 4.0 (Bruker Daltonics®). Aucune différence significative n'a été observée sur la physiologie des poissons et la mortalité. La bioaccumulation du DCF et de certains de ses métabolites (4-hydroxy-diclofénac et acide carboxylique diclofénac) est observée à 100 µg/L dans le reste des tissus et dans le foie des mâles et des femelles. Les Analyses en Composantes Principales (ACP) ne montrent pas de différence entre les conditions (contrôle, 1 µg/L et 100 µg/L) dans le reste des tissus mâles et femelles et dans le foie des femelles quel que soit le temps d'exposition. C'est uniquement dans le foie des mâles qu'une séparation distincte des conditions d'exposition à chaque pas de temps est observée. Ces premiers résultats confirment l'intérêt du foie dans le métabolisme général et la détoxification des organismes. Différents métabolites sont modulés suite à l'exposition au DCF et pourraient représenter des candidats intéressants en tant que biomarqueurs chez l'épinoche à trois épines, permettant l'amélioration de la biosurveillance des masses d'eau.

Mots clés

Épinoche à trois épines, poisson, LC-HRMS, diclofénac, métabolomique, *Gasterosteus aculeatus*

Remerciements

Ce travail de thèse est financé par l'Université de Reims Champagne Ardenne (URCA).

Emmanuelle LEBEAU-ROCHE*^(1,2),
Gaëlle DANIELE ⁽²⁾, Aurélie
FILDIER⁽²⁾, Christelle BONNEFOY⁽²⁾,
Cyril TURIÈS ⁽³⁾, Anne BADO-
NILLES ⁽³⁾, Jean-Marc PORCHER ⁽³⁾,
Odile DEDOURGE-GEFFARD ⁽¹⁾,
Emmanuelle VULLIET ⁽²⁾, Alain
GEFFARD ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Université de Reims Champagne-
Ardenne, UMR-I 02 SEBIO - UFR
Sciences Exactes et Naturelles, Moulin
de la Housse BP 1039, 51687 Reims

⁽²⁾ Institut des Sciences Analytiques –
ISA UMR 5280, 5, rue de la Doua,
69100 Villeurbanne

⁽³⁾ Institut National de l'Environnement
Industriel et des Risques, UMR-I 02
INERIS-URCA-ULH SEBIO - Parc
Technologique Alata BP 2, F-60550
Verneuil-en-Halatte
Contact e-mail : emmanuelle.lebeau-
roche@univ-reims.fr

AN INTEGRATED METABOLOMICS AND PROTEOGENOMICS APPROACH REVEALS MOLECULAR ALTERATIONS FOLLOWING CARBAMAZEPINE EXPOSURE IN THE MALE MUSSEL MYTILUS GALLOPROVINCIALIS

The antiepileptic carbamazepine (CBZ) is among the most frequent pharmaceutical active compounds detected in the environment, such as marine ecosystems (Fabbri and Franzellitti, 2016; Mezzelani et al., 2018), with proven adverse effects on organisms, including bivalves (Almeida et al., 2020). Investigations of CBZ effects on those organisms are often hypothesis-driven and could not be exhaustive. In this context, it is necessary to apply holistic approaches to further investigate and understand (sub)individual adverse effects of CBZ on marine bivalves. Omics approaches are now recognized as suitable to overcome this issue (Garcia-Reyero and Perkins, 2011).

Although multi-omics strategy is less common in ecotoxicology, it can provide a more precise overview of contaminant effects. The present study aims to combine the metabolomic and proteogenomic approaches to study underlying mechanisms of CBZ and its potential toxicological effects on the marine mussel *Mytilus galloprovincialis*. Mussels were exposed for 3 days in controlled laboratory conditions at an environmental dose (80 ng/L) and a higher dose (8 µg/L) of CBZ. Non-targeted metabolomic and shotgun proteomic analyses were done on digestive gland of male mussels using liquid chromatography–high resolution mass spectrometry. A mid-level data fusion strategy was implemented in this work, as well as different bioinformatics tools to highlight biological processes altered by CBZ exposure. The results reflect a state of cellular stress induced by CBZ, even at an environmental dose. This stress is mainly expressed by a disturbance of protein and lipid homeostasis and can reveal an alteration of lysosomal membrane stability and a peroxisome proliferation. As our results show, the induction of oxidative stress leading to cell death (apoptosis) can probably be the consequences of such exposure. The proposed integrative omics data analysis was shown to be highly relevant to identify the modulations of the two molecular levels, i.e. metabolites and proteins, explaining the resulting complex biological system, and document stronger toxicological pieces of evidence on pharmaceutical active compounds at environmental concentrations in sentinel organisms.

Keywords

Multi-omics, Pharmaceutical active compound, Data fusion, Marine mussel

Acknowledgement

This research was funded by the Agence Nationale de la Recherche (IMAP ANR-16-CE34-0006-01). The authors thank the PONTEM (Platform Of Non-Target Environmental Metabolomics) platform from the consortium facilities MAMMA (Montpellier Alliance for Metabolomics and Metabolism Analysis). Technical assistance of Céline Roques and Bénédicte Marion (Institut des Biomolécules Max Mousseron, Montpellier, France) and Guylaine Miotello (Atomic Energy and Alternative Energies Commission, CEA, Bagnols-sur-Cèze, France) is gratefully acknowledged.

References

- Fabbri E. and Franzellitti S. 2016. Human Pharmaceuticals in the Marine Environment: Focus on Exposure and Biological Effects in Animal Species.
- Mezzelani M., Gorbi S. and Regoli F. 2018. Pharmaceuticals in the Aquatic Environments: Evidence of Emerged Threat and Future Challenges for Marine Organisms
- Almeida Â., Esteves V. I., Soares A. M. V. M. and Freitas R. 2020. Effects of Carbamazepine in Bivalves: A Review
- Garcia-Reyero N., Perkins E. J. 2011. Systems biology: Leading the revolution in ecotoxicology

Thibaut DUMAS* ⁽¹⁾, Frédérique COURANT ⁽¹⁾, Christine ALMUNIA ⁽²⁾, Julien BOCCARD ⁽³⁾, Geoffroy DUPORTE ⁽¹⁾, David ROSAIN ⁽¹⁾, Jean ARMENGAUD ⁽²⁾, Hélène FENET ⁽¹⁾ and Elena GOMEZ ⁽¹⁾

⁽¹⁾ HydroSciences Montpellier, IRD, CNRS, University of Montpellier, Montpellier 34093, France

⁽²⁾ Université Paris-Saclay, CEA, INRAE, Département Médicaments et Technologies pour la Santé (DMTS), SPI, 30200 Bagnols-sur-Cèze, France

⁽³⁾ Institute of Pharmaceutical Sciences of Western Switzerland, University of Geneva, Geneva 1211, Switzerland

* thibaut.dumas@umontpellier.fr

EVALUATION DES EFFETS D'UN INSECTICIDE PERTURBATEUR ENDOCRINIEN - LE TEBUFENOZIDE - SUR UNE ESPECE AQUATIQUE NON CIBLE, LE COPEPODE (EURYTEMORA AFFINIS)

Parmi les contaminants aquatiques préoccupants figurent les pesticides et notamment les pesticides perturbateurs endocriniens (PE). Alors que les effets PE sont bien documentés chez les vertébrés, peu de données sont disponibles chez les invertébrés bien qu'ils représentent 95% de la faune sauvage. Dans ce contexte, nous avons choisi d'étudier chez un crustacé les effets d'un insecticide modèle, le tébufénozide (TEB), utilisé pour ses propriétés agonistes de l'ecdysone dans la lutte contre les lépidoptères (Retnakaran et al., 2001). Les insectes et les crustacés ayant des systèmes endocriniens similaires, étudier la toxicité d'un tel composé sur une espèce non cible représente un enjeu important en évaluation du risque. Le crustacé modèle étudié est le copépode *Eurytemora affinis*. Les copépodes sont des crustacés zooplanctoniques largement distribués dans les environnements aquatiques. Leur position à la base du réseau trophique et ainsi leur rôle dans le transfert des contaminants aux niveaux trophiques supérieurs en font des espèces modèles de choix en écotoxicologie (Kulkarni et al., 2013; Kwok et al., 2015). Une analyse transcriptomique (Illumina NextSeq 550) a été réalisée après exposition au TEB (0,5 µg/L, 50 µg/L) pendant 72 h. Elle a mis en évidence une sensibilité accrue des mâles par rapport aux femelles à 50 µg/L, avec respectivement 1324 et 116 gènes différentiellement exprimés (DEG), en accord avec l'identification chez les mâles de DEG impliqués dans les systèmes de défense et la réponse aux insecticides. L'analyse fonctionnelle a également permis de mettre en évidence, comme chez les insectes, une régulation de l'expression de gènes induits par l'ecdysone. Parmi eux, des gènes impliqués dans la mue, la métamorphose, la gamétogenèse, les muscles et la neurotransmission ont été caractérisés, suggérant un effet potentiel du TEB sur le développement, le comportement ou la reproduction d'espèces aquatiques non-cibles. La banque de DEG identifiée constitue en outre une base de données intéressante de biomarqueurs potentiels d'exposition aux contaminants présentant des modes d'action similaires.

Mots clés

Perturbateur endocrinien ; insecticide ; copépode ; transcriptomique

Remerciements

La région Normandie.

Références

- Kulkarni, D., Gergs, A., Hommen, U., Ratte, H.T., Preuss, T.G., 2013. A plea for the use of copepods in freshwater ecotoxicology. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 20, 75–85. <https://doi.org/10.1007/s11356-012-1117-4>
- Kwok, K.W.H., Souissi, S., Dur, G., Won, E.-J., Lee, J.S., 2015. Copepods as Reference Species in Estuarine and Marine Waters, in: *Aquatic Ecotoxicology: Advancing Tools for Dealing with Emerging Risks*. pp. 281–308. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-15592-4>
- Retnakaran, A., Gelbic, I., Sundaram, M., Tomkins, W., Ladd, T., Primavera, M., Feng, Q., Arif, B., Palli, R., Krell, P., 2001. Mode of action of the ecdysone agonist tebufenozide (RH-5992), and an exclusion mechanism to explain resistance to it. *Pest Manag. Sci.* 57, 951–957. <https://doi.org/10.1002/ps.37>

Caroline ARCANJO⁽¹⁾, Gauthier TREMOLET⁽¹⁾, Nathalie GIUSTI-PETRUCCIANI⁽¹⁾, Aurélie DUFLLOT⁽¹⁾, Joëlle FORGET-LERAY⁽¹⁾ et Céline BOULANGE-LECOMTE⁽¹⁾

⁽¹⁾ Normandie Univ, LEHAVRE, FR
CNRS 3730 SCALE, UMR-I 02 Stress Environnemental et BIOSurveillance des milieux aquatiques (SEBIO), 25 rue Philippe Lebon BP 1123 - 76063 Le Havre Cedex, France
Contact e-mail : caroline.acanjo@univ-lehavre.fr

Société Française d'Ecotoxicologie Fondamentale et Appliquée



COLLOQUE SEFA

28-29 juin

2021

Versailles

Session 7 : Polluants persistants



www.colloque.inrae.fr/sefa2020

INRAE

AgroParisTech



ECOTOX



FONDATION
ROVALTAIN
SCIENCE & EQUILIBRE

EFFET SYNERGIQUE D'UNE CONTAMINATION MATERNELLE AUX PCB ET DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR UN POISSON STENOTHERME FROID

La fin du XX^{ème} siècle se caractérise par des modifications rapides des écosystèmes aquatiques sous l'effet des activités humaines via l'accroissement de stress multiples. Dans ces stress, les polluants organiques persistants (POP) sont caractérisés par leurs toxicités reconnues. Parmi ces POP, les polychlorobiphényles (PCB), sont bioaccumulés par la faune aquatique et particulièrement les poissons en raison de leur caractère lipophile et de leur faible

dégradation. Les PCB s'accumulent particulièrement dans les œufs (Daouk et al., 2011) permettant une transmission verticale. Cette contamination peut également entraîner une diminution de la survie des larves (Horri, 2018), des altérations physiologiques, des modifications du système endocrinien (hormones thyroïdiennes), une modification de la voie à l'insuline (Lyche et al., 2011), des variations d'expression des transcrits (cfos) et des méthylation d'ADN (dnmt) (Alfonso 2018) chez la descendance. Néanmoins ces études ont été en majorité réalisées sur des poissons modèles (zebra fish, medaka). En outre, dans le contexte actuel de changement climatique, les variations de température pourraient avoir des conséquences indirectes abiotiques sur les PCB, les rendant davantage bio-disponibles. L'omble chevalier est un salmonidé sténotherme froid dont la population au sein du lac du Bourget reste à un niveau bas depuis une dizaine d'années, malgré des efforts de repeuplement et une amélioration de la qualité des eaux. En outre, les modélisations thermiques de Kelly & al. 2020 ne montrent pas d'impacts directs des hausses de températures pour les populations d'omble chevalier des lacs préalpins, dont le lac du Bourget, pour le prochain demi-siècle. Une autre hypothèse serait donc les effets indirects des PCB, augmentés par les hausses de température. Ainsi, le but et l'originalité de ce projet sont d'étudier les effets intergénérationnels d'une contamination maternelle aux PCB sous l'influence de faibles augmentations de température via une approche multiparamétrique et multi-échelle permettant de développer des méthodes d'investigation des mécanismes d'action tant omiques que physiologiques. Ainsi des femelles ont été contaminées avec des doses de PCB (Aroclor 1254) à 1000 ng/kg, 500 ng/kg et 0 ng/kg, un mois avant la ponte par injection péritonéale. Les pontes ont été fécondées par un pool de laitance afin de minimiser l'effet paternel. Puis chaque ponte fécondé a été séparée en deux et incubée à 4.5°C (température optimale de développement embryonnaire) et 8.5°C (température prévue par le modèle RCP8.5 GIEC et limites des tolérances thermiques embryonnaires Mari et al. (2021) Les premiers résultats montrent à l'éclosion un fort impact de cette synergie pour les descendants des femelles contaminées à 1000ng/kg avec une précocité de l'éclosion, des tailles diminuées de 20% par rapport aux témoins, un taux de survie de 14% et un taux de malformations de 64% (témoin 6%). En outre, les descendants des femelles contaminées à 500 ng/kg montrent des impacts modérés avec une survie de 62%. Les résultats omiques devraient permettre de mieux comprendre les mécanismes sous tendues à ces modifications.

Mots clés

PCB, changement climatique, effet intergénérationnel, omble chevalier, premiers stades de vie

Remerciements

Laurent Espinat (Univ. Savoie Mont Blanc, INRAE, CARRTEL, 74200 Thonon-les-Bains, France)

Références

- Daouk, T. (2011) Effets de contaminations d'embryons et d'adultes de poissons zèbres (*Danio rerio*) par des PCB et des HAP. Sciences agricoles. Université de La Rochelle, 2011. Français.
- Horri K., 2018. Effets d'une exposition alimentaire chronique à un mélange environnemental de PCB et PBDE sur les traits d'histoire de vie, la bioénergétique et la dynamique des populations de poissons. Ecotoxicologie. Normandie Université, 2018. Français
- Kelly S., Moore T., Eyto E., Dillane M., Goulon C., Guillard J., Lasne E., McGinnity P., Poole R., Winfield I., Woolway R., Jennings E., 2020. Warming winters threaten peripheral Arctic charr populations of Europe. *Climatic Change* <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02887-z>
- Lyche, J. L., Nourizadeh-Lillabadi, R., Karlsson, C., Stavik, B., Berg, V., Skåre, J. U., Alestrøm, P. & Ropstad, E. (2011) Natural mixtures of POPs affected body weight gain and induced transcription of genes involved in weight regulation and insulin signaling. *Aquatic Toxicology* 102(3-4): 197-204
- Mari, L., Daufresne, M., Guillard, J., Evanno, G., Lasne, E. (2021) Elevated temperature and deposited sediment jointly affect early life history traits in southernmost arctic charr populations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* <https://doi.org/10.1139/cjfas-2020-0256>

Emilie REALIS-DOYELLE⁽¹⁾, Claire CAILLARD⁽¹⁾; Nathalie COTTIN⁽²⁾; Emmanuel NAFFRECHOUX⁽²⁾; Stéphane REYNAUD⁽³⁾; Jean GUILLARD⁽¹⁾

⁽¹⁾Univ. Savoie Mont Blanc, INRAE, CARRTEL, 74200 Thonon-les-Bains, France

⁽²⁾ Univ. Savoie Mont Blanc, EDYTEM UMR CNRS-USMB 5204, Rue du lac majeur 73370 Le Bourget-du-Lac

⁽³⁾ Univ.Grenoble Alpes, LECA, UMR UGA-USMB-CNRS 5553, 621 Avenue Centrale, 38400 Saint-Martin-d'Hères
Contact e-mail :emilie.realis@inrae.fr

MICROPLASTIQUES DANS L'ENVIRONNEMENT TERRESTRE : IMPLICATIONS POUR L'ESCARGOT CANTAREUS ASPERSUS

Romain COLPAERT ⁽¹⁾, Lucas PETIT
DIT GREZERIAT ⁽¹⁾, Maxime
LOUZON ^(1,2), Annette DE
VAUFLEURY ⁽¹⁾, Frédéric
GIMBERT^{(1)*}

⁽¹⁾ UMR CNRS 6249 Chrono-
Environnement, Université de
Bourgogne Franche-Comté, 16 route
de Gray, 25030 Besançon Cedex,
France

⁽²⁾ Laboratoire BiOSSE (Biologie des
Organismes, Stress, Santé,
Environnement)/Le Mans Université,
avenue Olivier Messiaen, 72085
Le Mans, France
Contact e-mail :
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 (Geyer et al. 2017). Si les milieux aquatiques ont quasi exclusivement concentré les recherches ces dernières années, les milieux terrestres sont considérés pour être le lieu de production, d'utilisation et de rejet majoritaire des plastiques. Les milieux terrestres seraient donc 4 à 23 fois plus contaminés que leur homologues aquatiques, l'étude de la diffusion et des impacts des MP dans les écosystèmes terrestres est donc devenue aujourd'hui un enjeu majeur (Horton et al. 2017). L'objectif de la présente étude était donc 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 contaminée par différentes concentrations (10, 25 et 50 % v/v) et tailles (d50 de 120, 292 et 560 µm) de particules de Polyéthylène Basse Densité (PEBD). Si les résultats ne montrent pas d'impacts individuels sur la survie, la croissance est améliorée pour les animaux ayant été soumis aux particules de plus grande taille (560 µm) à la concentration la plus basse (10 %). Ces effets peuvent être expliqués par une facilitation du broyage de la nourriture dans le tractus gastro-intestinal favorisant ainsi l'assimilation des nutriments et les apports énergétiques. Ce phénomène a par ailleurs également été observé chez des escargots *A. reticula* exposés à des concentrations similaires de PET dans la nourriture (De Felice et al. 2021). Au niveau sub-individuel, les résultats ne montrent pas d'induction d'effets cytotoxiques (intégrité membranaires des hémocytes) ou génotoxiques (micronoyaux). Cependant les particules de petite taille (100 µm) augmentent le taux de malondialdéhyde (MDA) dans la glande digestive des animaux exposés, mettant donc en évidence une déstabilisation de l'homéostasie RedOx. Bien que les mécanismes sous-jacents à ce stress oxydant restent à être déterminés, une piste envisagée est l'internalisation de particules de très petite taille (i.e., inférieure à 20 µm; Deng et al., 2017) capables alors d'interagir avec des biomolécules. Enfin, nos résultats montrent également, via la comparaison granulométrique des fragments de plastique avant et après ingestion (féces), 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

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier l'ADEME et la région Bourgogne Franche-Comté pour le financement de l'étude.

Références

- De Felice B, Ambrosini R, Bacchetta R, et al (2021) Dietary exposure to polyethylene terephthalate microplastics (PET-MPs) induces faster growth but not oxidative stress in the giant snail *Achatina reticulata*. *Chemosphere* 270, 129430.
- Deng Y, Zhang Y, Lemos B, Ren H (2017) Tissue accumulation of microplastics in mice and biomarker responses suggest widespread health risks of exposure. *Sci Rep* 7:46687. <https://doi.org/10.1038/srep46687>
- Geyer R., Jambeck J.R., Law K.L. 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 2017, 3, 7. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Horton A.A., Walton A., Spurgeon D.J., Lahive E., Svendsen C. 2017. Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Science of The Total Environment* 586, 127-141. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.190>

LES EFFETS DU DEHP SUR LE DEVELOPPEMENT POST-EMBRYONNAIRE, LE COMPORTEMENT SEXUEL DES MALES ET LA DESCENDANCE DU RAVAGEUR SPODOPTERA LITTORALIS:

Le phtalate de bis (2-éthylhexyle) (DEHP) est un plastifiant largement produit présent dans de nombreux produits de la vie quotidienne. Le DEHP n'étant pas lié de manière covalente au plastique, il se trouve partout dans l'environnement, en particulier dans les sédiments, les sols et les plantes. Le DEHP est un produit chimique perturbateur endocrinien (EDC) reconnu chez les vertébrés, où il affecte les niveaux de stéroïdes et induit, entre autres, des troubles du développement et du comportement. Alors que les invertébrés représentent la majeure partie de la biodiversité animale et jouent un rôle essentiel dans les écosystèmes aquatiques et terrestres, moins d'études se sont concentrées sur les effets du DEHP sur ces espèces et en particulier sur les insectes terrestres. Cependant, des études sur les larves aquatiques de *Chironomus riparius* ont montré que le DEHP pouvait réduire l'expression du récepteur des ecdystéroïdes (Ecr). Chez les insectes holométaboliques, les ecdystéroïdes sont l'une des principales familles d'hormones lipidiques et jouent un rôle crucial dans le développement post-embryonnaire. Dans ce contexte, nous avons utilisé la tordeuse du coton égyptien *Spodoptera littoralis* comme modèle pour étudier les effets de l'exposition des larves au DEHP sur le développement post-embryonnaire, le comportement sexuel des mâles et le développement de la progéniture chez un insecte terrestre. Les larves ont été exposées à des concentrations pertinentes pour l'environnement et à des concentrations plus élevées de DEHP via la nourriture. Une approche intégrative a été utilisée, combinant la surveillance du comportement sexuel post-embryonnaire et masculin, les titrages d'ecdystéroïdes et de DEHP, les mesures de l'expression génique et la métabolomique. Nous avons montré que le DEHP agit comme un EDC chez cette espèce en affectant le titrage des ecdystéroïdes et les expressions des gènes de réponse aux ecdystéroïdes chez les larves et les mâles adultes. En outre, le DEHP a également été observé pour affecter le développement post-embryonnaire, induisant, par exemple, une consommation alimentaire accrue sans effet sur les courbes de croissance larvaire, et affectant le profil métabolique deux jours avant la métamorphose. Le DEHP a également affecté le comportement sexuel des mâles et retardé l'accouplement et raccourci le temps d'accouplement chez les femelles traitées au DEHP accouplées avec des mâles témoins. Enfin, des expériences intergénérationnelles ont montré que le DEHP modifiait le développement de la progéniture des femelles traitées au DEHP. Dans l'ensemble, nos résultats montrent que le DEHP agit comme un EDC chez *Spodoptera littoralis*, ce qui entraîne des effets observés à différents stades de la vie et sur le développement de la progéniture.

Mots clés

Phtalate de bis (2-éthylhexyle), insecte terrestre, comportement sexuel, ecdystéroïdes

Références

Aviles A, Boulogne I, Durand N, Maria A, Cordeiro A, Bozzolan F, Goutte A, Alliot F, Dacher M, Renault D, Maibeche M, Siaussat D (2019). Effects of DEHP on post-embryonic development, nuclear receptor expression, metabolite and ecdysteroid concentrations of the moth *Spodoptera littoralis*. *Chemosphere*. 215:725-738

Avilès A, Cordeiro A, Maria A, Bozzolan F, Boulogne I, Dacher M, Goutte A, Alliot F, Maibeche M, Massot M, Siaussat D. (2020). Effects of DEHP on the ecdysteroid pathway, sexual behavior and offspring of the moth *Spodoptera littoralis*. *Horm Behav*. 2020 Sep;125:104808. doi: 10.1016/j.yhbeh.2020.104808. Epub 2020 Jul 10.

Amandine AVILES^(1,4), Isabelle BOULOGNE^(1,3), Alexandra CORDEIRO⁽¹⁾, Annick MARIA⁽¹⁾, Nicolas DURAND⁽¹⁾, Françoise BOZZOLAN⁽¹⁾, Matthieu DACHER⁽¹⁾, Aurélie GOUTTE⁽⁵⁾, Fabrice ALLIOT⁽⁵⁾, David RENAULT⁽⁶⁾, Manuel MASSOT⁽¹⁾, Martine MAÏBECHE⁽¹⁾, David SIAUSSAT⁽¹⁾

⁽¹⁾Sorbonne Université, INRA, CNRS, IRD, UPEC, Univ. P7, Institut d'Ecologie et des Sciences de l'Environnement, 75005 Paris, France ;

⁽³⁾Normandie Université, UNIROUEN, Laboratoire Glyco-MEV EA 4358, Fédération de Recherche "Normandie Végétal" FED 4277, 76000 Rouen, France ;

⁽⁴⁾University of Southern Denmark (SDU), Dpt of Biology, Ecotoxicology group, Campusvej, Odense, Denmark ;

⁽⁵⁾Ecole Pratique des Hautes Etudes, UMR 7619 METIS, Sorbonne Université, 75005 Paris, France ;

⁽⁶⁾Université de Rennes 1, UMR CNRS 6553 Ecobio, 263 Avenue du Gal Leclerc, CS 74205, 35042 Rennes, France

E-mail contact:

david.siaussat@sorbonne-universite.fr

Société Française d'Ecotoxicologie Fondamentale et Appliquée



COLLOQUE SEFA

28-29 juin

2021

Versailles

Posters



www.colloque.inrae.fr/sefa2020

INRAE

AgroParisTech



ECOTOX



FONDATION
ROVALTAIN
SCIENCE & EQUILIBRE

Société Française d'Ecotoxicologie Fondamentale et Appliquée



COLLOQUE SEFA

28-29 juin

2021

Versailles

SALLE DES BOSQUETS



www.colloque.inrae.fr/sefa2020

INRAE

AgroParisTech



ECOTOX



**FONDATION
ROVALTAIN**
SCIENCE & EQUILIBRE

IMPACT DES EPANDAGES AGRICOLES DE MATIERES ORGANIQUES D'ORIGINE RESIDUAIRE SUR LES VERS DE TERRE ET LES MICRO-ORGANISMES DU SOL

Mathias FRÉVILLE*, Sylvie NÉLIEU, Véronique ETIEVANT, Nathalie CHEVIRON, Isabelle LAMY

¹⁾ UMR Ecosys – Batiment 6 - Route de St Cyr - 78026 Versailles Cedex
Contact e-mail : sylvie.nelieu@inra.fr

L'épandage direct, c'est à dire la pratique agricole consistant à répandre sur un champ des matières brutes présentant un intérêt agronomique telles que des déchets organiques (fumier etc.) est la principale voie de retour au sol des déchets organiques (ADEME, 2016). Cette Matière Organique d'Origine Résiduaire (MAFOR) présente l'avantage d'être riche en nutriments et d'être peu chère. Elle n'est cependant pas sans risque pour l'environnement car elle peut contenir en particulier divers contaminants comme des produits pharmaceutiques ou des métaux lourds. Pour évaluer l'impact des MAFOR sur les organismes du sol, il est nécessaire de s'appuyer sur différents bioindicateurs permettant de relier l'exposition aux MAFOR à des effets. Dans cette étude, nous avons étudié l'impact de l'apport d'un fumier bovin sur le comportement, la reproduction et les réserves énergétiques d'un ver de terre endogé ubiquiste dans les sols cultivés, *Aporrectodea caliginosa*, ainsi que sur les activités des microorganismes du sol. Les vers ont été exposés en cosmes à des mélanges d'un sol limoneux non contaminé sous prairie à du fumier, à des doses correspondant à un ou plusieurs apports (0%, 1%, 2% ou 3% en matière sèche). Dans les différents cosmes, un contre-gradient sous forme de nourriture non contaminée a été effectué afin de s'affranchir du facteur confondant lié à l'apport de carbone lors des apports de MAFOR. Le comportement des vers de terre a été déterminé par un test d'évitement du fumier en milieu multi-compartiments et après 48 h d'après la norme ISO 17512-1 (2009) légèrement modifiée. L'effet du fumier sur la reproduction du ver de terre a été déterminé par un comptage du nombre de cocons et un suivi des naissances à l'issue de l'exposition durant 3 cycles de reproduction (3 fois 28 jours). Les réserves énergétiques (lipides, glycogène et protéines) des vers exposés durant 14 jours ont été dosées pour évaluer le niveau de stress. Enfin, des mesures d'activité enzymatique des microorganismes ont été réalisées sur les sols issus du test sur 14 jours. L'activité des cycles biogéochimiques a été évaluée pour le cycle du carbone par la β -glucosidase, pour le cycle de l'azote par le dosage de l'arylamidase et pour le cycle du phosphore par la phosphatase et la phosphatase alcaline. L'effet des apports de fumier a ainsi été étudié par des approches complémentaires via 4 catégories de bioindicateurs pour deux types d'organismes (évitement, effet sur la reproduction et impact sur les réserves énergétiques pour les vers de terre, et activités enzymatiques pour les micro-organismes). Les premiers résultats montrent que l'apport de fumier diminue la variabilité du nombre de cocons produits par les vers et que ces cocons ont une probabilité d'éclosion accrue lorsque les vers sont exposés à 1% de fumier, mais réduite lorsque cet apport est de 2%. L'apport de fumier provoque également une augmentation des activités phosphatase alcaline et arylamidase. Ces résultats permettent d'évaluer l'impact des apports de MAFOR sur le court ou le moyen terme, ainsi que de mener une réflexion sur le rapport coût/bénéfice de la pratique d'épandage de fumier.

Mots clés

Vers de terre, MAFOR, Fumier, Toxicité, Comportement, Reproduction, Réserve énergétique, Cycles Biogéochimiques

Remerciements

Cette étude a été financée par l'OFB (Projet RISMEAU, volet PERSEPHONE). Nous remercions Olivier Roques, Sébastien Breuil, Jean-Pierre Pétraud, Antoine Bamière, Virginie Grondin et Erell Naslain pour leur aide dans cette étude. Biochem-Env (<https://doi.org/10.15454/HA6V6Y>) est une plateforme analytique de l'IR AnaEE-France, bénéficiant d'une aide de l'État français gérée par l'Agence nationale de la recherche au titre du Programme « Investissements d'avenir » (ANR-11-INBS-0001).

Références

ADEME (2016). Fiche technique – Epandage. Service Mobilisation et Valorisation des Déchets, Direction, Economie Circulaire et Déchets, Angers.
ISO 17512-1 (2009). Essai d'évitement pour contrôler la qualité des sols et les effets des produits chimiques sur le comportement. Partie 1 : Essai avec des vers de terre (*Eisenia fetida* et *Eisenia andrei*).

LA PYROLYSE GC/MS-ORBITRAP: UNE APPLICATION POUR LA CARACTERISATION D'ADDITIFS PLASTIQUES

La pollution plastique est une menace pour l'environnement et les organismes. Elle les expose à différents dangers. Outre l'impact « physique » lié à l'ingestion de déchets plastique, l'impact chimique, dû aux additifs plastiques ajoutés aux polymères au cours de leur formulation, est lui aussi problématique. En effet, une fois dans l'environnement, les additifs plastiques peuvent être libérés de la matrice polymérique et diffuser dans l'eau environnante ou au sein des organismes après ingestion de particules de plastiques. L'utilisation de certains additifs est controversée car ils se sont révélés être toxiques pour l'environnement, les organismes marins ou l'Homme.

Afin d'avoir une meilleure compréhension de l'impact de ces additifs sur les organismes, il est important de les identifier et idéalement de les quantifier. L'analyse des additifs plastiques est un challenge analytique pour différentes raisons. En comparaison avec les approches plus "traditionnelles", la pyrolyse couplée à une chromatographie gazeuse et spectrométrie de masse (Py-GC-MS) est un outil analytique qui permet une analyse relativement facile et rapide d'un échantillon. Cette technique permet une analyse quasi-directe des échantillons limitant alors les potentielles contaminations des échantillons lors des étapes de préparation précédant l'analyse.

Le but de cette étude est de développer une méthode en Py-GC-MS pour l'identification et, si possible, la quantification d'additifs plastiques organiques. Après avoir sélectionné une soixantaine de ces additifs selon leur nocivité et utilisation (plastifiants, retardateurs de flammes, antioxydants, ...), une méthode unique pour l'analyse de l'ensemble ces molécules a été développée et a permis la constitution d'une base de donnée haute résolution. Cette méthode sera appliquée sur divers échantillons pour identifier, voire quantifier, les additifs plastiques contenus dans plusieurs matrices polymériques. De plus, la mise en place d'une méthode de pyrolyse avec un gradient de température permet également de caractériser le type de polymère sur le même échantillon.

Mots clés

Additifs plastiques, méthode analytique, Py-GC-MS, toxicité

Remerciements

La région Haut de France et l'ANSES pour financer la thèse de Fleurine Akoueson. Ces travaux ont aussi été financés par l'UE, le gouvernement français, la région Haut de France, et l'IFREMER dans le cadre du projet CPER MARCO (2015-2020).

Références

- Hahladakis, J.N., Velis, C.A., Weber, R., Iacovidou, E., Purnell, P., 2018. An overview of chemical additives present in plastics: migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling. *J. Hazard. Mater.* 344, 179–199.
- Fries, E., Dekiff, J.H., Willmeyer, J., Nuelle, M.-T., Ebert, M., Remy, D., 2013. Identification of polymer types and additives in marine microplastic particles using pyrolysis-GC/MS and scanning electron microscopy. *Environ Sci Process Impacts* 15, 1949–1956.
- Kim, J.W., Kim, Y.M., Moon, H.M., Hosaka, A., Watanabe, C., Teramae, N., et al., 2016. Comparative study of thermal desorption and solvent extraction-gas chromatography-mass spectrometric analysis for the quantification of phthalates in polymers. *J. Chromatogr. A* 1451, 33–40
- Yanagisawa, H., Maruyama, F., Fujimaki, S., 2019. Verification of simultaneous screening for major restricted additives in polymer materials using pyrolyzer/thermal desorption gas-chromatography mass spectrometry (Py/TD-GC-MS). *J. Anal. Appl. Pyrolysis* 137, 37–42.

Fleurine Akoueson ^{(1)*}, Chaza Chbib ⁽²⁾,
Armance Brémard ⁽¹⁾, Ika Paul-Pont ⁽³⁾,
Périne Doyen ⁽⁴⁾, Sébastien Monchy ⁽²⁾,
Alexandre Dehaut ⁽¹⁾, Guillaume Duflos ⁽¹⁾

⁽¹⁾ ANSES – Laboratoire de Sécurité des Aliments,
Boulevard du Bassin Napoléon, 62200 BOULOGNE
SUR MER

⁽²⁾ Univ. Littoral Côte d'Opale, CNRS, Univ. Lille,
UMR 8187, LOG, 62930 WIMEREUX

⁽³⁾ Univ Brest, CNRS, IRD, IFREMER, LEMAR,
29280 PLOUZANE

⁽⁴⁾ Univ. Littoral Côte d'Opale, UMR1158
BioEcoAgro, EA 7394, Institut Charles Viollette,
USC ANSES, INRAe, Univ. Lille, Univ. Artois,
Univ. Picardie Jules Verne, Uni. Liège, 62200,
BOULOGNE SUR MER

*Contact e-mail : fleurine.akoueson@anses.fr

APPROCHE MULTISTRESS : ICEFISH IMPACT DU CHANGEMENT GLOBAL ET D'UN STRESS CHIMIQUE (PERTURBATEUR ENDOCRINIEN) SUR LE CYCLE DE VIE D'UN POISSON ESTUARIEN.

Jimmy DEVERGNE⁽¹⁾, Véronique
LOIZEAU⁽¹⁾, Arianna SERVILI⁽¹⁾, Sophie
COLLET⁽¹⁾, Olivier MOUCHEL⁽¹⁾, David
MAZURAS⁽¹⁾, José-Luis ZAMBONINO-
INFANTE⁽¹⁾, Guy CLAIREAUX⁽¹⁾

⁽¹⁾ Ifremer, Université de Bretagne Occidentale,
CNRS, IRD, UMR LEMAR, 29280 Plouzané, France

Contact e-mail : jimmy.devergne@ifremer.fr

Les émissions anthropiques croissantes de CO₂ participent à de nombreuses modifications des paramètres des océans tels que la température et le pH, susceptibles d'impacter les écosystèmes. Le RCP8.5,

scénario le plus sévère du GIEC simule un réchauffement de 3°C et une diminution du pH de 0,3 unités (IPCC 2019). Or, la modification des propriétés physico-chimique des eaux liée aux changements climatiques peut avoir un impact sur les fonctions physiologiques principales des organismes aquatiques, mais aussi induire des effets sur la plasticité phénotypique de ceux-ci en diminuant leurs résiliences (Tiago et al. 2018) faces à d'autres stress environnementaux tels que des contaminations chimiques. Parmi les polluants émergents, les perturbateurs endocriniens (PE) suscitent un intérêt grandissant (Adeel et al. 2017). Les xénoestrogènes (XE) sont une catégorie de PE qui peut se lier ou activer les récepteurs aux oestrogènes, entraînant des effets sur la fonction de reproduction et d'autres perturbations physiologiques ayant un impact sur les populations aquatiques (Adeel et al. 2017). Parmi tous les XE présents dans l'environnement l'éthinylestradiol (EE2), le composé principal de la pilule contraceptive, n'est pas totalement éliminé lors de l'épuration des eaux usées. Sa répartition et concentration (0,2ng.L-1 - 75ng.L-1), dans les eaux de surface du globe (Adeel et al. 2017), ainsi que son fort potentiel oestrogénique (10 fois plus important que celui de l'oestradiol), en font un bon proxy pour l'étude des effets d'une exposition à un stress xénoestrogénique. Ce projet s'intéresse à l'étude de l'impact combiné du changement global et d'un stress chimique de type oestrogénique sur le cycle de vie complet d'une espèce de poisson estuarien, l'épinoche à trois épines (*Gasterosteus aculeatus*). Il se décline autour de deux questions majeures : 1/ Quels sont les effets des changements climatiques (T°C et pH) sur les fonctions physiologiques principales de notre modèle ? 2/ Est-ce qu'un stress chimique supplémentaire (EE2) induit une modulation/accentuation des effets du changement global et inversement ? Ce projet s'appuie sur une expérimentation contrôlée dans laquelle des épinoches (au stade juvénile) ont été réparties en 2 conditions environnementales : Actuelle et RCP8.5. Ces deux conditions seront soumises, à partir de la fécondation, à une contamination à l'EE2 réaliste d'un point de vue environnementale (15ng.L-1). Les premiers résultats obtenus montrent qu'aucune différence significative de taille et de poids n'est enregistrée entre nos deux populations expérimentales, malgré une différence de quantité de nourriture consommée (Prise alimentaire RCP8.5 > Prise alimentaire Actuelle) et une quantité de matière en suspension en condition RCP8.5 plus importante. Ces premiers résultats nous amènent à envisager diverses possibilités d'effets des conditions environnementales sur les deux populations : Direct, avec un coût de maintenance plus élevé et un métabolisme énergétique accéléré en condition acidifiée et réchauffée ; et/ou indirects avec une maturation sexuelle avancée due à une allocation de cette énergie vers la reproduction.

Mots clés

Multi-stress, changement global, stress œstrogénique, cycle de vie, épinoche, axes gonadotrope et thyroïdien, réponses physiologiques et plasticité phénotypique.

Remerciements

Les auteurs remercient l'école doctorale EDSML et l'organisation ISBlue pour le financement du projet de thèse. Ainsi que l'initiative structurante EC2CO qui nous permet d'approfondir notre projet à travers des collaborations solides. Nous remercions le laboratoire LEMAR, l'Ifremer et toute l'équipe du laboratoire ARN qui me permettent de réaliser ICEfish au sein de leur structure.

Références

Adeel, M., Song, X., Wang, Y., Francis, D., Yang, Y., 2017. Environmental impact of estrogens on human, animal and plant life: A critical review. *Environ. Int.* 99, 107–119.

H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N. Weyer (eds.) IPCC, 2019: Summary for Policymakers. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. In press.

Tiago F. Jesus, Inês C. Rosa, Tiago Repolho, Ana R. Lopes, Marta S. Pimentel, Vera M.F. Almeida-Val, Maria M. Coelho, Rui Rosa, 2018. Different ecophysiological responses of freshwater fish to warming and acidification, *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, Volume 216, Pages 34-41,

DEVELOPPEMENT D'UNE APPROCHE METABOLOMIQUE NON CIBLEE EN LC-HRMS POUR L'ETUDE ET LA CARACTERISATION DES METABOLITES DE L'EPINOCHÉ A TROIS EPINES

Depuis une vingtaine d'années, il est démontré qu'un grand nombre de produits pharmaceutiques est présent à l'état de traces dans l'environnement. Face à ce constat, il apparaît nécessaire de mettre en place des stratégies analytiques permettant de mettre en évidence les impacts de ces polluants sur les écosystèmes aquatiques. Parmi ces méthodes, la métabolomique, par des stratégies non ciblées (sans *a priori*), permet d'étudier l'ensemble des métabolites d'un organisme qu'il soit sain ou exposé à des stress variés. Elle permet de mieux comprendre les modes d'action et effets toxiques de contaminants, et peut également être une approche pertinente pour l'identification de métabolites potentiellement utilisables en tant que biomarqueurs. L'objectif de ce travail était de développer une approche non ciblée basée sur la spectrométrie de masse à haute-résolution (LC-HRMS) permettant l'étude des métabolites de l'épinoche à trois épines (*Gasterosteus aculeatus*) dans différents organes. Pour répondre à cet objectif, une extraction solide-liquide suivie d'une chromatographie liquide (RSLC U3000, Thermo Scientific®) couplée à un spectromètre de masse hybride quadripôle temps de vol Q-ToF (Maxis Plus, Bruker Daltonics®) ont été mises au point. Les données ont été traitées sur DataAnalysis 4.3 et Metaboscape 4.0 (Bruker Daltonics®). Sur la base des réponses de 41 standards analytiques, représentant des familles de molécules variées (acides aminés, sucres...), et du nombre de signaux observés en LC-HRMS, nous avons évalué l'influence de la nature, du volume et du ratio des solvants d'extraction, de la masse d'échantillon et du solvant de reprise. De même, les conditions analytiques (colonnes chromatographiques, pH, sels des phases mobiles et modes d'ionisation) ont été choisis de façon à couvrir une large gamme de métabolites.

Le protocole d'extraction finalisé est réalisé sur 50 mg de poisson entier, de foie ou de cerveau ou 25 mg de branchies avec un mélange MeOH/H₂O/heptane dans des proportions variant selon l'organe. Deux méthodes d'analyses complémentaires ont été optimisées : une séparation en phase inverse sur une colonne C18 HSS T3 (Waters) suivie d'une détection en ionisation positive, et une séparation de type HILIC sur une colonne zwitterionique (Macherey-Nagel) suivie d'une détection en ionisation négative. Les phases mobiles finales pour la C18 sont (A) H₂O + 0.01% acide formique et (B) MeOH ; et pour l'HILIC (A) 2 mM NH₄Ac + 2 mM NH₄OH dans l'H₂O et (B) ACN. Ce développement a mis en évidence l'influence de la préparation d'échantillons et des conditions chromatographiques sur l'empreinte chimique servant de base à une étude métabolomique. Il permet de proposer une approche analytique robuste permettant la caractérisation des métabolites de l'épinoche à trois épines (organisme entier et organes individualisés). L'utilisation de cette méthode dans le cadre de l'exposition de l'épinoche à trois épines à un(des) toxique(s) pourra permettre de mieux comprendre l'effet de différents stress ainsi que l'identification de biomarqueurs.

Dans les conditions retenues, le poisson entier et les branchies couvrent à eux seuls presque 80% des métabolites mis en évidence dans les quatre matrices. Ces résultats montrent que lorsque le temps et/ou la quantité d'échantillons sont limités, l'utilisation de ces deux matrices fournit un bon compromis pour l'obtention d'informations pour des analyses métabolomiques.

Mots clés

Épinoche à trois épines, poisson, LC-HRMS, métabolomique, *Gasterosteus aculeatus*

Remerciements

Le travail de thèse est financé par l'Université de Reims Champagne Ardenne (URCA) ; l'étude bénéficie du soutien du PNREST Anses, 2018/1/222

Emmanuelle LEBEAU-ROCHE^{*(1,2)}, Gaëlle DANIELE⁽²⁾, Aurélie FILDIER⁽²⁾, Jean-Marc PORCHER⁽³⁾, Odile DEDOURGE-GEFFARD⁽¹⁾, Alain GEFARD⁽¹⁾, Emmanuelle VULLIET⁽²⁾

⁽¹⁾ Université de Reims Champagne-Ardenne, UMR-I 02 SEBIO - UFR Sciences Exactes et Naturelles, Moulin de la Housse BP 1039, 51687 Reims

⁽²⁾ Institut des Sciences Analytiques – ISA UMR 5280, 5, rue de la Doua, 69100 Villeurbanne

⁽³⁾ Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, UMR-I 02 INERIS-URCA-ULH SEBIO - Parc Technologique Alata BP 2, F-60550 Verneuil-en-Halatte
Contact e-mail : emmanuelle.lebeau-roche@univ-reims.fr

DITRIBUTION DES MICROPLASTIQUES DANS LES SEDIMENTS LE LONG D'UN CONTINUUM : PLAGES - LAGUNE - LAC

Avec ses propriétés intéressantes (léger, souple, résistant), le plastique est devenu le 3ème matériau le plus produit au monde avec un niveau record de 359 millions de tonnes en 2018. Les quantités utilisées rendent difficile sa gestion en fin d'usage et on estime que chaque année, 8 à 15 millions de tonnes de plastique arrivent dans l'environnement aquatique où il représente actuellement de 50 à 80% des déchets marins. Une fois dans l'environnement, ces déchets plastiques se fragmentent sous l'effet de plusieurs processus environnementaux tel que la photodégradation, les variations de température, l'hydrolyse, la biodégradation aboutissant à la formation de morceaux de tailles variables dont ceux < 5 mm sont appelés « microplastiques » (MP). Dans ce contexte, les objectifs de ce travail ont tout d'abord été d'identifier et de quantifier les macro et microplastiques dans les sédiments de trois écosystèmes Tunisiens liés : la plage Rimmel en accès direct sur la Méditerranée, Menzel Abderrahmane sur la lagune de Bizerte et le lac Ichkeul. Pour cela, des échantillonnages ont été effectués durant 3 saisons (printemps, été et hiver) selon le protocole OSPAR sur les sites d'étude choisis. Les MP ont été extraits par différentes étapes de flottation et digestion, observés au stéréomicroscope et identifiés par imagerie FTIR selon un protocole rapide. Les résultats ont montré une très forte présence de mésoplastiques (compris entre 1 et 5 mm) dans la lagune avec 4240 particules/ 1 kg-1 de sédiments en surface et 760 particules en profondeur. Leur identification par la spectroscopie ATR et le MEB-EDX a révélé qu'il s'agit en fait de fragments de peinture. Concernant les microplastiques, les concentrations variaient de 40 à 470 particules/ kg poids sec. Au total, plusieurs types de polymères ont été identifiés respectivement PS < PE < PP < PVC < PET. Pour conclure, il ressort que ces travaux fournissent des données originales sur la présence de MP dans les sédiments des trois écosystèmes étudiés même dans celui le plus protégé (lac qui est classé comme zone humide protégée et qui appartient au parc national d'Ichkeul) dans les différentes positions (surface et profondeur) et dans toutes saisons étudiées. Les échantillons de sédiments, indiquant pour la première fois leur large distribution sur la côte tunisienne.

Rihab JAOUANI*^(1,2,3), **Amélie CHATEL**⁽²⁾, **Mohamed DELLALI**⁽³⁾, **Hamouda BEYREM**⁽³⁾, **Catherine MOUNEYRAC**⁽²⁾ et **Fabienne LAGARDE**⁽¹⁾

⁽¹⁾ Institut des matériaux et Molécules du Mans, Le Mans Université, Avenue Olivier Messiaen, 72085 LE MANS Cedex 09

⁽²⁾ Université Catholique de l'Ouest + 3 PL André Leroy BP 10808, 49008 Angers Cedex 01

⁽³⁾ Faculté des Sciences de Bizerte, Zarzouna, 7021 Bizerte, Tunisie
Contact e-mail :
Rihab.jaouani.etu@univ-lemans.fr

Mots clés

Microplastiques, Sédiment, Extraction, nord Tunisien.

IMPACT D'UN DOUBLE STRESS SUR LES EMISSIONS AZOTEES D'UN SOL : CALIBRATION ET UTILISATION DU MODELE DNDC

Les sols agricoles subissent de nombreuses contaminations issues de l'utilisation de pesticides, ou de fertilisants organiques ou minéraux. Par ailleurs, il est prévu que les précipitations que l'on connaît actuellement soient fortement modifiées dans les prochaines années, certaines régions connaissant des périodes d'excès d'eau, d'autres de déficits. Les sols seront donc amenés à subir un double stress, à la fois climatique et lié aux contaminations, dont l'impact sur leur fonctionnement est encore mal connu. Une des différentes fonctions assurées par les sols est la minéralisation de la matière organique participant aux cycles du carbone (C) et de l'azote (N).

Cette fonction est d'importance majeure en particulier en contexte de changement climatique puisqu'associée à des émissions de gaz à effet de serre comme CO₂, NO_x ou N₂O. De plus, le cycle de l'N est fortement dépendant de la quantité d'oxygène et d'eau dans le sol, de sorte que les modifications de précipitations attendues risquent de le faire largement varier.

Les modèles de biogéochimie continentale sont d'une grande aide pour estimer les modifications dans les émissions de gaz à effet de serre des sols car ils permettent de coupler certaines variables climatiques habituellement étudiées séparément et modéliser les effets qui en découlent. Le modèle DNDC (1) est l'un des plus employés afin de prédire les émissions d'espèces azotées de sols agricoles soumis à différentes conditions d'apport azotés, de température ou de précipitations. Cependant, les effets d'une contamination ne sont pas pris en compte dans ces modèles, et on ne sait pas quelle est la réponse fonctionnelle des sols à la conjugaison des stress hydriques et de contamination.

Parmi les contaminations, celle au cuivre est l'une des plus fréquemment rencontrée suite aux apports agricoles. Si le cuivre est un oligo-élément nécessaire au bon fonctionnement des organismes, les apports répétés peuvent faire augmenter substantiellement la quantité de Cu des sols et le rendre toxique pour les micro-organismes du sol. L'objectif de ce travail était double. D'une part déterminer les effets conjoints d'un stress hydrique et de contamination au Cu sur la production de nitrates des sols. D'autre part fournir une nouvelle version du modèle DNDC prenant en compte la contamination en Cu sous différents scénarii d'humidité afin d'estimer les émissions azotées dans ces conditions. Des incubations en laboratoire ont été menées pour quantifier l'effet d'une contamination en Cu sur la production de nitrates de sols soumis à différentes conditions d'humidité, exprimées en % de la capacité maximale de rétention en eau (CRE). Ces expériences ont permis de re-calibrer le modèle DNDC afin de prédire les émissions d'espèces azotées de sols soumis à différentes conditions d'humidité et de contamination. Nous avons appelé le nouveau modèle ainsi paramétré DNDC-Cu. Nos résultats ont montré une diminution dans la production de nitrates suite à la contamination au Cu, d'importance variable selon le stress hydrique subi. Grâce au modèle DNDC-Cu nous avons pu estimer des variations dans les émissions d'espèces azotées sous ces doubles stress. A des niveaux de contaminations agronomiques, par ex. 260 mg Cu kg⁻¹, et à 60% de la CRE, nous avons modélisé comparativement au témoin sans Cu une diminution des émissions de l'ordre de -10% pour NO_x et N₂O. Mais pour les sols soumis à de la sécheresse, les émissions d'espèces azotées diminuent alors de façon moindre : - 7.6% pour les NO_x et de -8.4% pour les N₂O. Enfin, aux plus forts niveaux de Cu testés (2010 mg.kg sol⁻¹) nous avons modélisé toujours en comparaison au témoin sans apport de Cu de l'ordre de -50% pour les NO_x et -62% pour les N₂O dans les sols à 60% de la CRE et de -42% pour les NO_x et -58% pour les N₂O pour les sols soumis à des épisodes de sécheresse.

Mots clés

Cuivre, modélisation, cycle de l'azote, humidité, ecotoxicologie

Remerciements

Christelle Marraud pour son aide technique, le network EcoBASC et le LabEX BASC pour leur participation financière au projet

Références

(1) Li C, Aber J, Stange F, et al (2000) A process-oriented model of N₂O and NO emissions from forest soils: 1. Model development. J Geophys Res Atmos 105:4369–4384.

Laura, SERENI⁽¹⁾; Bertrand GUENET⁽²⁾;
Olivier CROUZET^(1,3); Charlotte BLASI^(1,4)
Isabelle LAMY⁽¹⁾

(1) INRAe-AgroParisTech Université
Paris Saclay UMR1402 Ecosys Route
de Saint Cyr, 78000 Versailles

(2) ENS-IPSL/CNRS 45 rue d'Ulm,
75005 Paris

(3) ONFB Office national de la chasse
et de la faune sauvage, Site
d'Auffargis-Saint-Benoist 78612 Le-
Perray-en-Yvelines, France

(4) Centre Sève, Département de
Chimie, Université de Sherbrooke,
Sherbrooke, QC, Canada

Contact e-mail : laura.sereni@inrae.fr
INRAe 78000 Versailles

CINETIQUE DE BIOACCUMULATION DU CUIVRE ET DU CADMIUM CHEZ L'ENCHYTREIDE ENCHYTREUS ALBIDUS : INFLUENCE DE LA NATURE DU SOL

Adrien BLANCHARD,
Giacomo GRASSI, Amélie
TROUVE, Sébastien BREUIL,
Antoine BAMIERE, Laetitia
PEDRONI, Isabelle LAMY,
Juliette FABURE

UMR ECOSYS, INRAe,
AgroParisTech, Université Paris-
Saclay, 78026 Versailles, France
Contact e-mail :
juliette.fabure@agroparistech.fr

Ce travail s'inscrit dans le cadre du projet européen LIFE Adsorb et particulièrement au sein de la thématique de développement d'outils biologiques pour évaluer le fonctionnement et l'évolution d'un dispositif de filtration naturel recueillant les eaux de ruissellement urbain du périphérique parisien. Pour évaluer l'impact environnemental des eaux de ruissellement sur le filtre et son environnement proche, nous nous intéressons aux cinétiques de bioaccumulation des métaux et au niveau d'expression d'un biomarqueur d'exposition (métallothionéine - MT) chez un organisme modèle en écotoxicologie terrestre : l'enchytréide. L'étude porte sur deux contaminants métalliques retrouvés de manière ubiquiste et importante dans les sols : le cuivre et le cadmium. Ces métaux sont étudiés seuls et en mélange afin d'obtenir des réponses proches de celles qui seront observables dans le dispositif filtrant. L'étude de métaux en mélange permet de caractériser les mécanismes d'interaction (compétition) entre un métal essentiel et un métal non-essentiel. Pour étudier les effets de ces métaux, le modèle biologique des enchytréides a été choisi pour ses caractéristiques écologiques intéressantes : son abondance dans les écosystèmes, sa sensibilité à une large gamme de contaminants et son rôle fonctionnel dans le recyclage de la matière organique dans les sols. *Enchytreus albidus* est une espèce d'enchytréide naturellement présent dans les milieux intertidaux, c'est donc une espèce adaptée au substrat très sableux et humide comme celui du filtre. Etudier la bioaccumulation de métaux chez l'enchytréide permet d'avoir une meilleure représentation du niveau d'exposition réel d'un organisme qu'un dosage des concentrations au sein d'une matrice environnementale ⁽¹⁾. Néanmoins, la teneur en matière organique du substrat filtrant est amenée à augmenter avec le temps. Il est admis que les capacités de bioaccumulation d'une substance varient selon les propriétés des sols et de la substance. Par exemple, les cinétiques du cuivre et du cadmium montrent des profils de bioaccumulation très différents dans les mêmes conditions expérimentales. Le cuivre, un élément essentiel, est majoritairement dépuré par excrétion et son accumulation est rapide ⁽²⁾. Le cadmium, un métal non essentiel, est quant à lui dépuré en formant des liaisons avec des protéines : les métallothionéines. L'étude permet de comparer les cinétiques de bioaccumulation et les réponses biologiques dans deux substrats : le sable et un sol naturel et d'identifier l'influence des propriétés du substrat sur le niveau d'exposition aux métaux. La comparaison du niveau d'expression de la MT en fonction du niveau de métaux bioaccumulés permet de vérifier la pertinence de l'utilisation de ce biomarqueur pour caractériser l'exposition d'enchytréides aux contaminants métalliques. Les résultats actuels ont déjà montré des cinétiques d'accumulation différentes selon le métal considéré et selon le type de sol. Ces résultats suggèrent des niveaux d'exposition différents selon les différentes modalités et donc une influence de différents paramètres sur la biodisponibilité.

Mots clés

Bioaccumulation, métaux, sols, enchytréide, métallothionéine

Remerciements

Ce stage a été effectué dans le cadre du projet LIFE17 ENV/FR/000398 - LIFE-ADSORB

Références

1. Zhang, Lulu, and Cornelis A.M. Van Gestel. 2017. 'Toxicokinetics and Toxicodynamics of Lead in the Soil Invertebrate *Enchytraeus Crypticus*'. *Environmental Pollution* 225 (June): 534–41.
2. Spurgeon, D. J., and S. P. Hopkin. 1999. 'Comparisons of Metal Accumulation and Excretion Kinetics in Earthworms (*Eisenia detida*) Exposed to Contaminated Field and Laboratory Soils'. *Applied Soil Ecology* 11 ⁽²⁾: 227–43.

BIOSURVEILLANCE PAR LES BIVALVES DE PROCESSUS DE RESTAURATION HYDROMORPHOLOGIQUE D'UNE RIVIÈRE URBAINE

L'Orne est un affluent de la Moselle de 90 km de long influencé par une forte urbanisation mais surtout par de nombreuses perturbations industrielles au cours du XXème siècle en lien avec l'activité sidérurgique historique de la Lorraine. L'activité industrielle s'est en grande partie arrêtée, mais cette rivière subit encore aujourd'hui de fortes pressions agricoles dans sa partie amont, et urbaines sur son cours aval. De plus, le lit de l'Orne a été fortement modifié, notamment par plusieurs barrages. Leur effacement est au centre des efforts de restauration actuels et deux d'entre eux ont été ouverts pendant l'année 2019. Ce bouleversement récent des conditions hydromorphologiques entraîne le risque de remobilisation des banquettes sédimentaires fortement chargées en contaminants.

Notre étude s'inscrit dans un effort de biosurveillance de cette rivière en cours de restauration en se basant sur

plusieurs espèces modèles de bivalves. Deux espèces vivant dans la colonne d'eau (*Dreissena polymorpha* et *Dreissena rostriformis bugensis*) et une espèce intra-sédimentaire (*Corbicula fluminea*) ont été encagées sur 5 sites dans l'Orne pendant trois semaines au cours de l'hiver 2021. A l'issue de l'exposition in situ, les glandes digestives de 10 individus par espèce et par site ont été prélevées et utilisées pour le dosage d'une dizaine de biomarqueurs biochimiques. Les biomarqueurs ont été choisis de manière à refléter différentes voies physiologiques potentiellement impliquées dans la gestion du stress ou dans la survenue des effets toxiques.

Les résultats obtenus montrent que chaque espèce présente un profil de réponse qui lui est propre, les deux espèces de *Dreissenidés* étant plus proches entre elles qu'elles ne le sont de la corbicule. Les réponses mesurées chez la corbicule sont assez homogènes sur l'ensemble des sites et ne semblent pas montrer l'existence d'un stress particulier suite à l'exposition dans la rivière. En revanche, chez les deux espèces de *Dreissenidés*, les réponses sont plus contrastées même si elles ne révèlent pas un stress très marqué à cette saison. Malgré tout, chez ces deux espèces, l'exposition sur le site UCK semble générer des effets toxiques (peroxydation lipidique) qui sont à relier à des défenses probablement débordées ou insuffisantes (faibles niveaux des biomarqueurs de défense antitoxique - Glutathion-S-Transférase- et anti-oxydante -Superoxyde Dismutase, Glutathion Peroxydase, Total Antioxydant Capacity). Dans son ensemble, cette approche multi-marqueurs permet de mettre en évidence l'état de santé des organismes après trois semaines d'immersion dans l'Orne et permet d'évaluer le caractère perturbé de différents sites choisis au regard de leur position par rapport aux barrages. Ce travail de biomonitoring a été effectué à différentes saisons et dans différentes situations hydrologiques et ce suivi au cours du temps devrait apporter des connaissances sur les effets à long terme des effacements de barrages sur le vivant, connaissances qui manquent actuellement pour mieux appréhender cette méthode de restauration des rivières.

Mots clés

Biosurveillance, Bivalves, Biomarqueurs, Écotoxicologie, Encagement, Restauration hydromorphologique.

Remerciements

Cette étude est réalisée avec l'appui financier de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse ; les auteurs remercient les différents partenaires du projet : LHN-ANSES (Nancy), LCPME (Nancy), LOTERR (Metz), Géoressources (Nancy) et le pôle de recherche OTElo.

Alice LE MERRER^{*(1)}, Danièle PAULY⁽¹⁾, Bénédicte SOHM⁽¹⁾, Alain GEFFARD⁽²⁾, Maximilien BEURET⁽¹⁾, Paul MASSARD⁽¹⁾, Christophe GAUTHIER⁽³⁾, Laetitia MINGUEZ^(1,4), Emmanuelle MONTARGES-PELLETIER^(3,5), Simon DEVIN^(1,4), Sandrine PAIN-DEVIN^(1,4)

(1) Université de Lorraine, CNRS, LIEC, F-57000 Metz, France

(2) Université Reims Champagne Ardenne, UFR Sciences Exactes et Naturelles, UMR-1 02, F-51687 Reims, France

(3) Université de Lorraine, CNRS, LIEC, F-54000 Nancy, France

(4) LTSER France, Zone Atelier du Bassin de la Moselle, F-57000 Metz, France

(5) Université de Lorraine, CNRS, LIEC, F-54000 Nancy, France

Contact e-mail : sandrine.devin@univ-lorraine.fr

Étude expérimentale de l'effet potentiel d'anodes galvaniques (protection cathodique) sur la qualité des écosystèmes aquatiques

La protection cathodique est une technique permettant de réduire la vitesse de corrosion d'un matériau métallique, en présence d'un milieu aqueux, en diminuant le potentiel de corrosion du métal. Cette protection s'applique à toute structure métallique en contact avec un environnement aqueux comme les ouvrages en acier immergés en zone portuaire. De plus, les anodes galvaniques utilisées en milieu marin sont constituées d'un alliage à base aluminium, de zinc, d'indium et d'impuretés (Fe, Si, Mn et Cu).

Les espèces dissoutes provenant de la corrosion des anodes précipitent sous la forme d'un *gel blanc* correspondant à un hydroxychlorosulfate hydraté, constitué d'aluminium amorphe ou nanocristallin, qui incorpore également du zinc et de l'indium. Les ports des Pertuis Charentais (Sud-Ouest France) se situant à proximité des concessions conchylicoles, il apparaît nécessaire de décrire le potentiel impact de ces produits sur l'environnement aquatique et plus particulièrement, sur l'état de santé de mollusques bivalves marins. Dans ce contexte, des expérimentations menées en laboratoire (milieu contrôlé sans influence portuaire) ont été entreprises pour décrire les éventuels effets du *gel blanc* (concentré ou dilué) sur les bivalves exposés, et ce, à un stade précoce de développement (larves). L'acquisition et analyses des données (morphologie et comportement) des individus testés ont été permises grâce à l'utilisation d'un microscope Zeiss Axio Observer Z1 pour finaliser l'observation des stades précoces des bivalves marins ayant été soumis aux conditions d'expériences.

Mots clés

Protection cathodique ; éléments traces ; bivalves ; écosystèmes aquatiques ; démarche expérimentale

Remerciements

Ce travail s'inscrivant dans le cadre du Projet QUALIPERTUIS <https://qualipertuis.recherche.univ-lr.fr> a été financé par le Port Atlantique de La Rochelle.

Références

Arno Bringer, Jérôme Cachot, Grégoire Prunier, Emmanuel Dubillot, Christelle Clérandeau, Hélène Thomas (2020) Experimental ingestion of fluorescent microplastics by pacific oysters, *Crassostrea gigas*, and their effects on the behaviour and development at early stages *Chemosphere*, Elsevier, 2020, pp.126793. <10.1016/j.chemosphere.2020.126793>oxidative status. *International Journal of Botany and Research*, 3⁽²⁾, 29-42.

Louise EVIN^(1,3), Marine BARBARIN⁽¹⁾, Arno BRINGER⁽¹⁾, Emmanuel DUBILLOT⁽¹⁾, Benjamin MUSNIER⁽²⁾, Carine CHURLAUD⁽¹⁾, Clément GENIN⁽³⁾, Helene THOMAS⁽¹⁾

⁽¹⁾Littoral Environnement et Sociétés CNRS La Rochelle Université - Bâtiment ILE 2, rue Olympe de Gouges, 17000 La Rochelle - France

⁽²⁾Littoral Environnement et Sociétés CNRS La Rochelle Université - Bâtiment Marie Curie | Avenue Michel Crépeau | 17042 La Rochelle cedex 1 - France

⁽³⁾Laboratoire des Sciences de l'Ingénieur pour l'Environnement CNRS La Rochelle Université - Pôle Sciences et Technologie, Avenue Michel Crépeau 17042 La Rochelle Cedex 1 - France

« MULTIMARKER BOX » : UN NOUVEAU OUTIL POUR LES ETUDES INTEGREES EN ECOTOXICOLOGIE SUR *PATELLA VULGATA*

Les *Patella* sont des gastéropodes marins que l'on trouve couramment le long des côtes rocheuses de l'Atlantique Nord-Est et de la Méditerranée (Poppe et Goto, 1991). *Patella vulgata*, est ainsi répartie de la Norvège au Portugal et constitue un candidat prometteur pour être reconnu comme bioindicateur dans les plans régionaux de surveillance environnementale (Reguera et al., 2018). Actuellement, les études écotoxicologiques portant sur ce gastéropode marin se sont concentrées uniquement sur l'étude de biomarqueurs protéiques et la bioaccumulation des contaminants (Doughri et Sayah, 2008). Aucune analyse antérieure n'a donc jamais étudié l'expression des gènes de réponses aux stress car les séquences codantes pour différents biomarqueurs n'ont pas été caractérisées. À l'aide d'un transcriptome disponible (Werner et al., 2012), nous avons pu identifier les séquences complètes d'ARNm d'une batterie de biomarqueurs moléculaires impliqués dans la voie antioxydante (Catalase, GPx, GRH, GST, MnSOD) et le mécanisme d'apoptose intrinsèque (BAG, BAX, Bcl2, Caspase, P63). Nous avons également identifié des fragments d'autres biomarqueurs tels que ABC, acétylcholinestérase, cholinestérase, Grp78, Hsp70, Hsp90, Hyou1 et P450. Ainsi, nous proposons maintenant à la communauté scientifique un nouvel outil basé sur une approche intégrée de biomarqueurs utilisant *Patella vulgata* comme bioindicateur. Un alignement protéique multiple et une analyse phylogénétique ont permis de révéler les spécificités des biomarqueurs de la patelle et de discuter de leur évolution moléculaire au sein des gastéropodes.

Mariam. ZAIDI*, Myriam. BADAWI, Vincent. LEIGNEL

Laboratoire BIOSSE, Le Mans
Université, Avenue Olivier Messiaen,
72000 Le Mans.

Contact e-mail :
zaidi.mariam2007@gmail.com

Mots clés

Ecotoxicologie, gastéropode marin, biomarqueurs moléculaires, outil

Remerciements

Nous remercions le programme de bourse d'excellence Eiffel pour le financement d'un an de doctorat de Mariem Zaidi.

Références

- Doughri H., Sayah F. 2008. The use of enzymatic biomarkers in two marine invertebrates *Nereis diversicolor* and *Patella vulgata* for the biomonitoring of Tangier's Bay (Morocco). *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 72⁽²⁾: 394-399.
- Poppe, G.T., Goto, Y., 1991. European seashells, Volume I: Polyplacophora, Caudofoveata, Solenogastrea, Gastropoda. Christa Hemmen, Wiesbaden.
- Reguera P., Couceiro., Fernández N. 2017 A review of the empirical literature on the use of limpets *Patella* spp. (Mollusca: Gastropoda) as bioindicators of environmental quality.
- Werner G.D., Gemmel P., Grosser S., Hamer R., Shimeld S.M. 2012. Analysis of a deep transcriptome from the mantle tissue of *Patella vulgata* Linnaeus (Mollusca: Gastropoda: Patellidae) reveals candidate biomineralising genes.

ACHATINA SP. POUR LA BIOINDICATION DE LA QUALITE DES SOLS - EFFETS SUR LA CROISSANCE ET LA REPRODUCTION

Les achatines sont des escargots terrestres consommés traditionnellement dans de nombreux pays africains et asiatiques, où ils pourraient être utilisés en tant que bioindicateur de la qualité des sols en remplacement de *Cantareus aspersus* (ISO DIS 24032, 2021). En effet, l'escargot Petit Gris traditionnellement utilisé n'est pas réparti dans les aires biogéographiques tropicales. Bien que de nombreuses études d'écotoxicité pour les achatines en laboratoire existent pour différents contaminants (Wang et al., 2014; De Felice et al., 2021), il reste à démontrer la sensibilité in situ de cet indicateur à différents facteurs, ainsi qu'à créer des valeurs guides de référence pour l'évaluation de la biodisponibilité (Pauget et de Vaufleury, 2015; Louzon et al., 2020). Pour cela, en première intention, l'objectif de cette étude était d'évaluer les effets de végétaux (papayer, manioc et *Laportea aestuans*) issus de sites diversement contaminés sur la croissance et la reproduction d'*Archachatina ventricosa*. Des spécimens sub-adultes de l'espèce *A. ventricosa* ont été collectés sur le site de référence (UNA) et ont été nourris en laboratoire avec ces végétaux durant 90 jours. Ce site témoin est protégé, sans activité anthropique et correspond à la forêt de l'Université Nangui Abrogoua (UNA). Parallèlement, des escargots sub-adultes ont aussi été exposés en laboratoire pendant 90 jours à des végétaux verts prélevés sur deux sites en Côte d'Ivoire caractérisés par divers degrés de pollution. Il s'agit de la forêt de Filtisac et du bas-fond d'Adiopodoumé. Durant l'exposition, tous les trois jours, des mesures de poids vif et de longueur de coquille sont effectuées. Le design expérimental permettait d'évaluer la transition du stade sub-adulte au stade adulte reproducteur. Ainsi, les effets sur la fécondité et la reproduction ont été évalués (nombre de pontes, nombre et dimensions des œufs, pourcentage d'éclosion). Les effets sont fortement marqués sur la fécondité et la reproduction, par exemple il y a une inhibition de 100 % de la reproduction pour les individus exposés aux végétaux du site de Filtisac. Cependant, quelques effets sur la croissance ont tout de même pu être mis en évidence, notamment un ralentissement de la croissance de la coquille pour les escargots exposés aux végétaux des deux sites contaminés. Cette sensibilité des marqueurs biologiques de la reproduction en utilisant le stade sub-adulte à t0 mis en évidence dans cette étude est en adéquation avec ce qui a récemment été montré par Louzon et al. (2021) pour les escargots Petit Gris. Globalement, pour les deux sites présentant des activités anthropiques, des effets sur les traits d'histoire de vie étudiés ont été mis en évidence et soulignent l'intérêt de cette espèce pour la bioindication de la qualité des sols dans les milieux tropicaux où elle est naturellement présente. Effectivement, pour deux espèces différentes de mollusques gastéropodes terrestres, provenant de deux aires biogéographiques distinctes et continents différents (l'Europe et l'Afrique), des réponses similaires peuvent être observées et offrent des perspectives intéressantes.

Mots clés

Escargot, achatines, sites et sols contaminés, croissance, reproduction, végétation

Remerciements

Université de Nangui Abrogoua et Le Mans Université

Références

- De Felice B., Ambrosini R., Bacchetta R., Ortenzi, M.A., Parolini M. 2021. *Chemosphere* 270, 129430.
- ISO DIS 24032:2021. Qualité du sol - Engagemment in situ d'escargots pour la mesure de la bioaccumulation de contaminants.
- Louzon M., Pauguet B., Gimbert F., Morin-Crini N., de Vaufleury A. 2020. *Sci. Total Environ.* 721, 137789.
- Louzon M., Devalloir Q., Gimbert F., Pauguet B., Rieffel D., de Vaufleury A. 2021. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 28, 17343-17354.
- Pauguet B., de Vaufleury A. 2015. *Ecol. Indic.* 53, 206-210.
- Wang X., Liu Z., Wang W., Yan Z., Zhang C., Wang W., Chen L. 2014. *Chemosphere* 108, 225-230.

Jean-Didié MEMEL* ⁽¹⁾, Koffi Pierre EHOUKOU ⁽¹⁾, Kouadio Franck DIBY ⁽¹⁾, Pierre-Marie BOTTI ⁽¹⁾, Maxime LOUZON ⁽²⁾

⁽¹⁾ Laboratoire de Biologie et Cytologie animales/Université Nangui Abrogoua, 02 bp 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

⁽²⁾ Laboratoire BiOSSE (Biologie des Organismes, Stress, Santé, Environnement)/Le Mans Université, avenue Olivier Messiaen, 72085 Le Mans, France
Contact e-mail :
memeljean.sn@univ-na.ci

UN NOUVEAU MODELE EN ECOTOXICOLOGIE MARINE, LA DIATOMEE PENNEE BENTHIQUE HASLEA OSTREARIA (NAVICULACEAE)

Haslea ostrearia est une diatomée pennée marine ayant une large distribution (Atlantique, Méditerranée, Pacifique), principalement benthique et épiphytique. Elle est connue pour sa capacité à synthétiser un pigment bleu, nommé marennine, responsable du verdissement des huîtres. Cette microalgue est euryhaline, facilement identifiable par des critères morphologiques (extrémités bleues, ornementation du frustule, deux chloroplastes pariétaux) ou des données moléculaires (gènes mitochondriaux et chloroplastiques). Les cultures clonales sont maintenues en laboratoire et l'auxosporulation (reproduction sexuée) peut être induite expérimentalement par une stimulation lumineuse (Gastineau et al., 2014; Mouget et al., 2009). Nous avons caractérisé, à partir de données transcriptomiques, les biomarqueurs impliqués dans les mécanismes antioxydants ((Catalase, Fe-Mn SOD, Glutathione Reductase, Glutathione Synthase) et dans les réponses générales aux stress (Chaperonine, Hsp60, Hsp70, Hsp90, Metacaspase, P450). Afin d'évaluer l'utilisation d' Haslea ostrearia comme nouveau modèle en écotoxicologie marine, nous avons estimé les impacts des insecticides néonicotinoïdes (Acétamipride, Imidaclopride) sur ce producteur primaire marin. La présence des néonicotinoïdes est confirmée dans les rivières, les estuaires et les eaux marines (Morrissey et al., 2015). Ils sont ainsi considérés comme polluants émergents dans les écosystèmes aquatiques. Beaucoup de publications mentionnent les impacts des néonicotinoïdes sur les animaux aquatiques (Hano et al., 2019; Stara et al., 2020) mais aucun ne porte sur les microalgues marines. Nous avons tout d'abord établi les courbes dose/effets pour des produits Acétamipride, Imidaclopride lors d'une contamination aigue (96h) afin de déterminer les IC30 (concentration d'inhibition de 30%). Nous avons, par la suite, évalué les réponses épigénétiques (taux de méthylation des cytosines) et celles antioxydantes. Nos résultats révèlent que Haslea ostrearia est sensible aux néonicotinoïdes et constitue un bon bioindicateur pour estimer rapidement l'incidence des polluants chimiques au niveau de l'environnement marin littoral.

Mots clés

Diatomée, Haslea, marine, bioindicateur, biomarqueurs

Remerciements

Ce travail bénéficié du soutien financier des programmes ToxCiNeo (Financement des Universités Angers et du Mans) et GHANA (No 734708 / GHANA / H2020-MSCA-RISE-2016).

Références

- Gastineau R., Davidovich N., Hansen G., Rines, J., Wulff, A., Kaczmarska, I., Ehrman J., Hermann D., Maumus F., Hardivillier Y., Leignel V., Jacqueline B., Méléder V., Hallegraeff G., Yallop M., Perkins R., Cadoret J-P., Saint-Jean B., Carrier G., Mouget J-L. 2014. Chapter fifteen- Haslea ostrearia-like diatoms: biodiversity out of the blue. *Advances in Botanical Research*. 71: 441-465.
- Hano T., Ito K., Ohkubo N., Sakaji H., Watanabe A., Takashima K., Sato T., Sugaya T., Matsuki K., Onduka T., Ito M., Somiya R., Mochida K. 2019. Occurrence of neonicotinoids and fipronil in estuaries and their potential risks to aquatic invertebrates. *Environmental Pollution*. 252: 205-215.
- Mouget J-L., Gastineau R., Davidovich O., Gaudin P., Davidovich N.A. 2009. Light is a key factor on triggering sexual reproduction in the pennate diatom Haslea ostrearia. *FEMS Microbiology Ecology*. 69: 194-201.
- Morrissey C.A., Mineau P., Devries J.H., Sanchez-Bayo F., Liess M., Cavallaro M.C., Liber K. 2015. Neonicotinoid contamination of global surface waters and associated risk to aquatic invertebrates: a review. *Environment International*. 74: 291-303.
- Stara A., Pagano M., Capillo G., Fabrello J., Sandova M., Vazzana I., Zuskova E., Velisek J., Matozzo V., Faggio C. 2020. Assessing the effects of neonicotinoids insecticide on the bivalve mollusc *Mytilus galloprovincialis*. *Science of the Total Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134914>

Suliya PHIMMAHA*, Myriam BADAWI, Hélène GATEAU, Jean-Luc MOUGET, Vincent LEIGNEL

Laboratoire BiOSSE (Biologie des Organismes, Stress, Santé, Environnement)/Le Mans Université, avenue Olivier Messiaen, 72085 Le Mans, France

Contact e-mail :
suliya.phimmaha@gmail.com

ACQUISITION DE TOLERANCE AU CUIVRE ET AU CADMIUM CHEZ ENCHYTRAEUS ALBIDUS

Dans les années 1960, la France est touchée par une crise industrielle et sidérurgique laissant derrière elle de nombreux sols potentiellement contaminés en éléments traces métalliques [1]. C'est le cas de notre site d'étude localisé à Chanteloup-les-Vignes (78570), son sol est connu pour être multi-contaminé en raison de l'irrigation à long terme de sols maraîchers avec des eaux usées de la ville de Paris lors du siècle dernier [2]. En 2020, un échantillonnage ayant pour cible l'identification de la faune du sol présent sur le site a permis d'identifier différentes espèces, notamment des enchytréides. Ces organismes de la sous-classe d'Annélides (Oligochaeta) sont considérés comme étant des ingénieurs du sol, ils jouent un rôle clé dans le fonctionnement des écosystèmes. Ils sont notamment fortement impliqués dans la dégradation de la matière organique et dans l'évolution de la structure des sols. Ce sont des vers abondants qui se reproduisent facilement, simples à manipuler, ils sont considérés comme une espèce modèle en écotoxicologie terrestre [3]. Dans la littérature, plusieurs propriétés qualifiant les enchytréides de bon bioindicateur de sols pollués ont déjà été vérifiées (abondance, taille, survie, bioaccumulation) [4,5,6,7]. Le présent travail s'inscrit dans cette continuité, nous souhaitons évaluer l'acquisition de tolérance chez l'espèce *Enchytraeus albidus*, espèce modèle en écotoxicologie terrestre. Pour ce faire, deux élevages d'*E. albidus* sont réalisés parallèlement. Le premier est réalisé en sol contaminé de Chanteloup-les-Vignes, le second en sol naturel de référence non contaminé. Après deux générations, les enchytréides adultes sont exposés en microcosmes dans le sol de référence auquel sont ajoutés des concentrations sublétales de cuivre (25/50/75/100 mg/kg) ou de cadmium (1,25/2,5/3,75/5 mg/kg). Pour mesurer cette acquisition de tolérance, les mesures de deux critères (survie et reproduction) sont réalisées (norme ISO 16387, 2013-12-01). La comparaison des réponses biologiques en fonction des conditions d'exposition permet de mettre en évidence les différences de sensibilité des deux populations d'enchytréides (élevés en sol contaminé vs. élevés en sol non contaminé) au cuivre et au cadmium.

Mots clés

Enchytréides - Bioindicateurs - Adaptation - Pollution (ETM)

Remerciements

Au projet GRACE (GRowing Advanced industrial Crops on marginal lands for bioRefineries) pour le financement de cette étude ainsi qu'à Andrea CHACON et Juliette FABURE de m'avoir permis de la réaliser.

Références

- [1] Berthelot, Charlotte. « Les endophytes bruns septés dans les sols pollués aux éléments traces métalliques (ETM) ».
- [2] Lamy, I., Van Oort, F., Dère, C., Baize, D. (2006). Use of major-and trace-element correlations to assess metal migration in sandy Luvisols irrigated with wastewater. *Eu.r J.S Soil Sci.* 57, pp. 731-740.
- [3] Pelosi, C. « Les enchytréides, des organismes ingénieurs des sols mal connus ».
- [4] Santos, Fátima C.F., Cornelis A.M. van Gestel, et Mónica J.B. Amorim. « Toxicokinetics of Copper and Cadmium in the Soil Model *Enchytraeus Crypticus* (Oligochaeta) ». *Chemosphere* 270 (mai 2021): 129433. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129433>.
- [5] Kuperman, R.G., M.J.B. Amorim, J. Römbke, R. Lanno, R.T. Checkai, S.G. Dodard, G.I. Sunahara, et A. Scheffczyk. « Adaptation of the Enchytraeid Toxicity Test for Use with Natural Soil Types ». *European Journal of Soil Biology* 42 (novembre 2006): S234-43. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2006.07.028>.
- [6] Novais, Sara C., Amadeu M.V.M. Soares, Wim De Coen, et Mónica J.B. Amorim. « Exposure of *Enchytraeus Albidus* to Cd and Zn – Changes in Cellular Energy Allocation (CEA) and Linkage to Transcriptional, Enzymatic and Reproductive Effects ». *Chemosphere* 90, no 3 (janvier 2013): 1305-9. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.09.030>.
- [7] Novais, Sara C., Susana I.L. Gomes, Carlos Gravato, Lúcia Guilhermino, Wim De Coen, Amadeu M.V.M. Soares, et Mónica J.B. Amorim. « Reproduction and Biochemical Responses in *Enchytraeus Albidus* (Oligochaeta) to Zinc or Cadmium Exposures ». *Environmental Pollution* 159, no 7 (juillet 2011): 1836-43. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.03.031>.

Wesley TREBIER ⁽¹⁾
Andrea CHACON ⁽¹⁾
Juliette FABURE ⁽¹⁾
Isabelle LAMY ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Université Paris-Saclay, INRAE,
AgroParisTech, UMR ECOSYS,
78000 Versailles, France

Contact e-mail :
juliette.fabure@inrae.fr

Société Française d'Ecotoxicologie Fondamentale et Appliquée



COLLOQUE SEFA

28-29 juin

2021

Versailles

SALLE GALERIE DES GLACES



www.colloque.inrae.fr/sefa2020

INRAE

AgroParisTech



ECOTOX



FONDATION
ROVALTAIN
SCIENCE & EQUILIBRE

IMPACTS D'UN AGENT DE DESINFECTION SUR LES BIOFILMS AQUATIQUES EN MILIEU URBAIN : EFFETS INTERACTIFS DU BAC 12 ET DE LA POLLUTION LUMINEUSE

En zone urbanisée, la généralisation de la lumière artificielle de nuit a un impact négatif sur les biofilms périphytiques avec notamment une altération des cycles photosynthétiques qui peut se traduire par des modifications dans leur fonctionnement métabolique et de leur capacité à s'acclimater à d'autres stress (e.g. pollution chimique). De plus, avec le contexte épidémique actuel, l'utilisation des biocides a connu un essor sans précédent qui risque de conduire à une augmentation de leur présence dans les écosystèmes aquatiques. Parmi eux, le chlorure de benzyldiméthyl-dodecylammonium (BAC 12), est utilisé dans plus de la moitié des produits virucides conseillés par l'US EPA contre le SARS-CoV 2. Ce composé est connu pour être toxique pour la plupart des organismes aquatiques et certaines études avancent qu'une exposition lumineuse artificielle pourrait accroître son potentiel biocide envers les biofilms. Ces derniers étant la base de la chaîne trophique aquatique et ayant un potentiel de réponse rapide face à des perturbations, l'objectif de cette étude est donc d'étudier les effets individuels et conjugués du BAC 12 et de l'illumination nocturne sur les biofilms aquatiques urbains.

La toxicité aiguë du BAC 12 vis-à-vis de biofilms, exposés continuellement à de la lumière ou non, a été étudiée dans un premier temps, démontrant des différences de CE50 (basées sur la fluorescence de la chlorophylle a) liées à l'exposition lumineuse. Par la suite, les effets d'une exposition chronique à ces stress sur les biofilms ont été évalués en canaux de laboratoire, le long d'une cinétique de 10 jours. Ces résultats sont en cours d'acquisition.

Mots clés

Biofilm; biocide anti-covid; pollution lumineuse; écotoxicologie microbienne aquatique

Romain VRBA ^{*(1,2)}, **Nicolas CREUSOT**⁽¹⁾, **Mélissa EON**⁽¹⁾, **Agnès FEURTET-MAZEL**⁽³⁾, **Gwilherm JAN**⁽¹⁾, **Nicolas MAZZELLA**⁽¹⁾, **Aurélié MOREIRA**⁽¹⁾, **Dolors PLANAS**⁽⁴⁾, **Isabelle LAVOIE**⁽²⁾, **Soizic MORIN**⁽¹⁾

⁽¹⁾Inrae, UR EABX, 50 avenue de Verdun, 33612 Cestas cedex, France

⁽²⁾INRS-ETE, 490 rue de la Couronne, Québec QC G1K 9A9, Canada

⁽³⁾Université de Bordeaux, CNRS, UMR EPOC 5805, 33120 Arcachon, France

⁽⁴⁾UQAM, GRIL - Département des Sciences Biologiques, 141 avenue du Président Kennedy, Montréal, QC H2X 1Y4, Canada

Contact e-mail : romain.vrba@inrae.fr

HASLEA OSTREARIA POUR L'EVALUATION DES RISQUES ECOTOXICOLOGIQUES DES CONTAMINANTS EMERGENTS DANS LES SOCIO-ECOSYSTEMES CONCHYLICOLES : EFFETS DE NANOPLASTIQUES SUR LA CROISSANCE

Maxime LOUZON ⁽¹⁾, Orlane BOSSON ⁽¹⁾, Nicolas ERRIEN ⁽²⁾, Frédéric AMIARD ⁽²⁾, Aurélie PETICCA ⁽¹⁾, Nathalie CASSE ⁽¹⁾, Amélie CHATEL ⁽³⁾, Isabelle METAIS ⁽³⁾, Françoise DENIS ^(1,4), Fabienne LAGARDE ⁽²⁾, Jean-Luc MOUGET ⁽¹⁾, Aurore CARUSO ^{(1)*}

Actuellement, alors que les mécanismes de toxicité des macro et micro plastiques sont de plus en plus documentés, un manque de connaissances est mis en évidence pour les nanoparticules de plastique. Cela est particulièrement vrai vis-à-vis d'organismes d'intérêt à la base de la chaîne trophique tels que les microalgues et notamment les diatomées benthiques des bassins conchylicoles, par exemple, *Haslea ostrearia* qui est étroitement liée aux populations de bivalves commercialement exploitées. Consommée par ces bivalves, des études ont montré que la microalgue produit des composés anti-pathogènes, par exemple contre la bactérie des larves de bivalves, *Vibrio splendidus* (Falaise et al. 2019). Ces activités bénéfiques pour la santé des mollusques sont en lien avec la production par *H. ostrearia* d'un pigment bleu-vert, la marennine (Prasetya

et al. 2017). *H. ostrearia* est également impliquée dans la structuration de communautés phytoplanctoniques par des mécanismes allélopathiques via la marennine qu'elle rejette dans le milieu limitant de façon espèces-dépendantes la croissance d'autres microalgues (Prasetya et al. 2016). Afin de mieux comprendre les interactions entre *H. ostrearia* et des nanoparticules de polystyrène (100 nm), des effets sur la croissance de la diatomée ont été évalués pendant 8 jours d'exposition en condition contrôlée. Un ralentissement statistiquement significatif de la croissance mis en évidence ouvre des perspectives de recherche pour mieux comprendre i/ les mécanismes à l'origine de cette réponse (ombrage ? toxicité ? réallocation énergétique ?), ii/ les éventuels processus moléculaires d'adaptation sollicités par la microalgue pour se développer en milieu contaminé. Ces perspectives concernent des recherches visant à i/ quantifier l'expression de gènes spécifiques (métacaspases, systèmes RedOx, voies de biosynthèse des sucres), ii/ séquencer le transcriptome, le méthylome et iii/cartographier en microscopie infrarouge et en RAMAN les cellules afin de voir l'impact sur la marennine et inversement son rôle potentiel dans la réponse.

Mots clés

Diatomées, bioindicateurs, nanoplastiques, ostréiculture, milieu marin benthique, socio-écosystèmes, croissance

Remerciements

Le CNRS supporte ces recherches via le programme EC2CO MEMODIPLASTA.

Références

- Falaise C., James A., Travers M.A., Zanella M., Badawi M., Mouget J.L. 2019. Complex relationships between the blue pigment marennine and marine bacteria of the genus *Vibrio*. *Marine Drugs* 17, 160.
- Prasetya F.S., Safitri I., Widowati I., Cognie B., Decottignies P., Gastineau R., Morançais M., Windarto E., Tremblay R., Mouget J.L. 2016. Does allelopathy affect co-culturing *Haslea ostrearia* with other microalgae relevant to aquaculture? *Journal of Applied Phycology* 28, 2241-2254.
- Prasetya F.S., Comeau L.A., Gastineau R., Decottignies P., Cognie B., Morançais M., Turcott F., Mouget J.L., Tremblay R. 2017. Effect of marennine produced by the blue diatom *Haslea ostrearia* on behavioral, physiological and biochemical traits of juvenile *Mytilus edulis* and *Crassostrea virginica*. *Aquaculture* 467, 138-148.

⁽¹⁾ Laboratoire BIOSSE (Biologie des Organismes, Stress, Santé, Environnement)/Le Mans Université, avenue Olivier Messiaen, 72085 Le Mans, France

⁽²⁾ Institut des Molécules et Matériaux du Mans (UMR CNRS 6283)/Le Mans Université, avenue Olivier Messiaen, 72085 Le Mans, France

⁽³⁾ Laboratoire BIOSSE (Biologie des Organismes, Stress, Santé, Environnement)/Université Catholique de l'Ouest, 3 Place André Leroy, 49000 Angers, France

⁽⁴⁾ Station de biologie marine et Marinarium de Concarneau (MNHN), Quai de la Croix, 29900 Concarneau, France

Contact e-mail :
aurore.caruso@univ-lemans.fr

UTILISATION DES HUILES ESSENTIELLES POUR LUTTER CONTRE LA CROISSANCE DE LA RENOUÉE DU JAPON EN LABORATOIRE

Les renouées asiatiques (*Reynoutria* sp.) sont des espèces exotiques envahissantes problématiques pour les gestionnaires d'infrastructures de transports, comme les routes, les berges de cours d'eau ou encore les voies ferrées. Elles sont capables de former des massifs denses et élevés sur les accotements des routes, qui nécessitent un entretien régulier pour assurer la visibilité et la sécurité des usagers. L'emploi de produits phytosanitaires étant désormais interdit, il est nécessaire de développer des méthodes alternatives de lutte. Confrontée à ce problème, la DIR Nord a souhaité tester l'efficacité de l'huile

essentielle (HE) de cèdre de l'Atlas pour lutter contre le développement de la renouée, et a sollicité le Cerema pour sa mise en œuvre expérimentale. Un protocole de traitement a donc été développé pour tester le potentiel effet toxique de cette huile essentielle sur les renouées, en milieu contrôlé de laboratoire.

Des rhizomes de renouées ont ainsi été prélevés en mars 2021 et plantés en pots, en présence de terre de remblai et de sable. Les renouées ont été exposées en laboratoire et en conditions de lumière semi-contrôlées avec une photopériode de 16/8 h. Trois types de traitement ont été mis en œuvre : (i) par arrosage, (ii) par pulvérisation des parties aériennes et (iii) par fauche des tiges à 5 cm puis pulvérisation des parties aériennes. Les huiles essentielles n'étant pas miscibles dans l'eau, elles ont été diluées au 1/100 dans un mélange constitué d'eau du robinet, d'huile de lin et d'huile de colza (v/v/v : 97/1/1). Des sous-lots ont été constitués afin d'appliquer le type de traitement à (i) des témoins exposés uniquement à l'eau, (ii) des plants exposés à l'eau et aux huiles de lin et colza, (iii) des plants exposés au mélange eau, huiles et HE de cèdre, et (iv) des plants exposés au mélange eau, huiles et HE de menthe, une huile moins nocive pour les mammifères que le cèdre (Werrie et al., 2020).

Les traitements ont été appliqués de façon hebdomadaire durant 6 semaines. Le nombre de tiges, leur hauteur et leur diamètre ont été mesurés chaque semaine. Les résultats préliminaires n'indiquent aucune différence physique (jaunissement, mortalité) des renouées, quel que soit le type de traitement et le produit appliqué.

Mots clés

Renouée du japon - huile essentielle - lutte - croissance

Remerciements

Nous remercions les collègues du groupe Risques Eau et Biodiversité du Cerema de Lille, en particulier Florian Fournier et Anne-Claire de Rouck, ainsi que Sarah Boitelle, stagiaire à l'agence Cerema de Saint-Quentin.

Références

Werrie P.-Y., Durenne B., Delaplace P. et Fauconnier M.-L. 2020. « Phytotoxicity of Essential Oils: Opportunities and Constraints for the Development of Biopesticides. A Review ». *Foods* 9(9):1291. doi: 10.3390/foods9091291.

Emilie PRYGIEL^{*(1)}, Louis
JONQUIERES⁽¹⁾, Sarah
BOITELLE⁽¹⁾, Jérémie
COTTENEST⁽¹⁾,
Sébastien LIENARD⁽¹⁾

⁽¹⁾ Cerema, 151 rue de Paris 02 100
SAINT-QUENTIN
Contact e-mail :
emilie.prygiel@cerema.fr

EFFET FONGICIDE NATUREL DES EXTRAITS FOLIAIRES DE MELIA AZEDARACH L. SUR LE DEVELOPPEMENT VEGETATIF DE PISUM SATIVUM L.

Contexte : Plusieurs études de recherches ont été menées, depuis le siècle dernier, pour prévenir, éradiquer ou contrôler la phytopathologie et les maladies qui en découlent, à l'aide principalement de pesticides de synthèse. Malgré leur efficacité vis-à-vis des nuisibles, mesurée par le rendement à l'hectare, néanmoins leurs applications à des concentrations excessives et répétées sur les terres cultivées, dans

l'environnement et dans les points d'eau d'irrigation ont entraîné un risque accru de résistance aux pesticides et le développement de d'une résistance nuisibles croisée avec des implications, directes ou indirectes, sur la santé humaine et les organismes vivants, en général, ainsi qu'une augmentation de la pollution environnementale [1]. En effet, la lutte contre les effets néfastes et la pollution de l'environnement induite par les produits de synthèse et leurs dérivés de biotransformation est devenu une urgence à l'heure actuelle. Par conséquent, plusieurs voix se lèvent pour demander des mesures de remédiation à ce problème, et ce, par le remplacement des pesticides de synthèse par une alternatives par des substances naturelles, respectueuse de l'environnement et biologiquement actives avec un potentiel phytotoxique [2] pouvant expliquer le comportement des plantes télétoxiques [5]. **Objectif** : L'objectif de cette étude est d'une étude concerne l'évaluation du potentiel antifongique des extraits des feuilles de *Melia azedarach* L. (appartenant à la famille des *Meliaceae*) comme traitement naturel des maladies cryptogamiques causant d'importants dégâts chez le petit pois (*Pisum sativum* L.). Les agents phytopathogènes observés sont essentiellement : *Ascochyta pisi*, *Pernospora pisi* et *Erysiphe pisi*. **Méthode** : Un essai sur terrain a été effectué sur quatre variétés de *Pisum sativum*, à savoir : TUN (Yamama), GRC (IG:49352), TUR (IG:52489), TUR (IG:52524) et qui ont été pulvérisées avec quatre concentrations croissantes de l'extrait aqueux des feuilles de *Melia azedarach* L., allant de C₀ (témoin aqueux, 0% w/v), C₁ (concentration faible à 1% w/v), C₂ (concentration intermédiaire à 10% w/v) et C₃ (concentration forte à 50% w/v). L'effet antifongique a été évalué par le pourcentage de gousses infestées qui a régressé significativement. **Résultats** : Les résultats ont montré que l'effet antifongique escompté a été corrélé à une régression significative du pourcentage de destruction foliaire chez le petit pois, et ce, de manière concentration-dépendante. De plus, des différences variétales de sensibilité à ce traitement antifongique ont été enregistrées. **Conclusion** : Les résultats ont montré que les différentes doses des feuilles de *Melia azedarach* ont présenté une activité antifongique vis-à-vis des phytopathogènes observés sur les pieds du petit pois. La variété GRC (IG:49352) semble être la plus sensible à l'action de l'extrait aqueux dont le maximum d'effet est observé à des doses 5 fois plus faible en moyenne par rapport aux autres variétés.

Mots clés

Melia azedarach, extrait aqueux foliaire, télétoxicité, *Pisum sativum*, action antifongique, nuisibles.

Remerciements

Nous remercions l'institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie (INRAT) de nous avoir fourni une variété Tunisienne inscrite dans le J.O.R.T et International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA) de nous avoir fourni les trois autres variétés de petits pois.

Références

- [1] Ioannis KK, Dimitra GH, Triantafyllos A. (2006). The status of pesticide pollution in surface waters (rivers and lakes) of Greece. Part I. Review on occurrence and levels. *Environmental Pollution*, 141, 555–570.
- [2] Haouala, R., Hawala, S., El-Ayeb, A., Khanfir, R., & Boughanmi, N. (2008). Aqueous and organic extracts of *Trigonella foenum-graecum* L. inhibit the mycelia growth of fungi. *Journal of Environmental Sciences*, 20(12), 1453-1457.
- [3] Akacha, M., Boughanmi, N., & Haouala, R. (2013). Effects of *Melia azedarach* leaves extracts on radish growth and oxidative status. *International Journal of Botany and Research*, 3⁽²⁾, 29-42.

Naila Soraya TOUZOUT ⁽¹⁾, Halima BOUKHIBAR⁽¹⁾, Mossadok BEN-ATTIA⁽²⁾ et Safia EL-BOK*⁽¹⁾

⁽¹⁾ Université Tunis El-Manar, Faculté des Sciences de Tunis, Laboratoire de Biodiversité, Biotechnologies et Changements Climatiques (LR11/ES09), 2092 Tunis, Tunisie.

⁽²⁾ Université de Carthage, Faculté des Sciences de Bizerte, Laboratoire de Biosurveillance de l'Environnement (LR01/ES14), 7021 Zarzouna, Bizerte, Tunisie.

*Contact e-mail : safia.elbok@fst.utm.tn

MISE AU POINT D'UN PROTOCOLE DE PCR QUANTITATIVE EN TEMPS REEL SUR ENCHYTRAEUS ALBIDUS

Laetitia PEDRONI* ⁽¹⁾, Andréa OUDOT ⁽¹⁾, Isabelle LAMY ⁽¹⁾, Juliette FABURE ⁽¹⁾

⁽¹⁾ UMR 1402 ECOSYS INRAE - AgroParisTech, RD 10 Route de St Cyr 78000 Versailles

Contact e-mail : Juliette.faburé@inrae.fr

L'analyse de l'expression de gènes chez un organisme est couramment utilisée afin de pouvoir observer la régulation de ceux-ci vis à vis de conditions particulières. Pour cela de nombreuses techniques existent comme les puces à ADN et la PCR quantitative en temps réel (RT-qPCR). La technique doit être choisie selon l'objectif, le nombre d'échantillons et de gènes à étudier (VanGuilder et al., 2008). La RT-qPCR est couramment utilisée pour déterminer spécifiquement et quantitativement la présence d'un ou plusieurs gènes d'intérêts, parfois

considérés comme biomarqueurs car ils permettent par la variation de leur niveau d'expression de déceler la réponse rapide à la présence d'un contaminant (VanGuilder et al., 2008). Mais tous les gènes d'intérêt chez les organismes ne sont pas encore connus.

L'objectif de de cette étude est de mettre en place un biomarqueur précoce chez le modèle biologique *Enchytraeus albidus* pour suivre la réponse lors d'une exposition à des contaminants métalliques dans le sol. La RT-qPCR a été choisie afin d'observer la variation de l'expression du gène de la métallothionéine (MT) de manière rapide et efficace. Préalablement, des analyses par RT-qPCR ont été déjà réalisées sur cet organisme (Amorim et al., 2012) mais aucune ne concernent le gène d'intérêt de cette étude.

Dans l'objectif d'observer l'expression de la MT, il a été nécessaire de mettre au point un protocole de RT-qPCR depuis le design d'amorce jusqu'à l'optimisation du protocole, tout en suivant les recommandations MIQE (Minimum Information for Publication of Quantitative Real-Time PCR Experiments) proposées par Bustin et al. (2009). Une recherche bibliographique a été effectuée afin de trouver la séquence du gène de la MT d'*E. albidus* (Amorim et al., 2017) et permettre de designer un couple d'amorce spécifique au gène. Ces amorces ont été vérifiées et validées dans un premier temps sur leur spécificité et sur leur praticité. Pour cela l'ARN d'individus ayant vécu 24h dans un milieu aqueux avec 0 et 0,5 mg de Cadmium par litre de Volvic sont extraits et retro-transcrit en ADN complémentaire dans l'objectif de mettre en évidence une différence d'expression entre des échantillons provenant de milieux avec et sans contaminations métalliques.

Dans un second temps, les ADNc précédents sont regroupés pour obtenir un échantillon présentant une expression moyenne, qui servira de "standard" afin d'optimiser le protocole vis à vis de la concentration en amorce et de la température d'hybridation. Ainsi que pour déterminer l'efficacité de la RT-qPCR et la limite de détection de l'ADNc ont été déterminées à l'aide d'une courbe standard.

Le protocole ainsi optimisé est par la suite utilisé lors d'expérimentations avec des contaminants métalliques.

Mots clés

Optimisation, Biologie moléculaire, Enchytréides, MT, RT-qPCR

Remerciements

Cette étude a été financée pour partie dans le cadre des projets LIFE-Adsorb (LIFE17/ENV/FR/000398-LIFE ADSORB) et BBI Demonstration project GRACE (745012).

Merci à Dick Roelof pour les séquences ADN d'*E. albidus*, et à Véronique Etievant pour son aide technique.

Références

- VanGuilder H.D., Vrana K.E. and Freeman W.M., 2008 : Twenty-five years of quantitative PCR for gene expression analysis
Amorim M.J. B. et al., 2012 : Differential gene expression analysis in *Enchytraeus albidus* exposed to natural and chemical stressors at different exposure periods
Bustin S.A. et al., 2009 : The MIQE Guidelines: Minimum Information for Publication of Quantitative Real-Time PCR Experiments
Amorim M.J. B. et al., 2017 : Population-specific transcriptional differences associated with freeze tolerance in a terrestrial worm

ETUDE EN RHIZOTRON DES INTERACTIONS SOL-ANNELIDES-PLANTES DANS LES PROCESSUS DE BIOFERTILISATION SUR DES SOLS MARGINAUX

Marie FRANCOIS-MARSAL ⁽¹⁾, Lucas PETIT DIT GREZERIAT ⁽¹⁾, Olivier HULLOT ⁽¹⁾, Isabelle LAMY ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR ECOSYS, 78000 Versailles, France

Contact e-mail : isabelle.lamy@inrae.fr

Actuellement 29% des terres agricoles de l'Union Européenne sont classées "marginales" du fait de certaines caractéristiques limitant le rendement en agriculture conventionnelle (Elbersen et al. 2018). Un des leviers envisagés pour augmenter les rendements est l'inoculation d'organismes du sol comme les vers de terre, dont une des fonctions écologiques est l'amélioration de la croissance des plantes (van Groenigen et al. 2015). Des organismes de la mésofaune tels que les enchytréides ont des rôles fonctionnels similaires aux vers de terre mais à des échelles différentes, comme la dégradation de la matière organique et la bioturbation (Bart et al. 2016). Le processus de biofertilisation peut se faire via différents mécanismes comme la modulation de la disponibilité en nutriments et des paramètres physico-chimiques du sol. La modification de ces derniers, tels que le pH, peut à son tour impacter la biodisponibilité des éléments trace métalliques (Hullot et al. 2021). Afin de mieux comprendre les processus fonctionnels mis en jeu dans la fertilisation des plantes, nous avons effectué une expérimentation en rhizotron sur deux plantes aux systèmes racinaires différents, fasciculé pour *Lolium perenne* et pivotant pour *Camelina sativa*. L'objectif de cette étude est d'observer la façon dont le type d'architecture racinaire impacte la répartition des annélides dans le sol et donc la disponibilité en éléments pour la plante. L'expérience se déroule sur huit semaines avec du sol prélevé sur un site contaminé localisé à Chanteloup-les-Vignes (Nord-Ouest de Paris), considéré comme marginal du fait de sa texture sableuse et de sa contamination en éléments traces métalliques. Les rhizotrons nous permettent d'observer les interactions sol-annélides-plantes avec l'ajout, seuls ou en association, de vers endogés (*Aporrectodea caliginosa*) et d'enchytréides (*Enchytraeus albidus*) dans le sol afin d'évaluer leurs effets sur la croissance des plantes. Le sol, dont la teneur en Zn, Pb, Cd, et Cu est connue, est hydraté à 70% de sa capacité de rétention en eau. L'étude en rhizotron a été privilégiée afin de suivre de manière hebdomadaire la localisation des annélides dans les cosmes en fonction des deux types racinaires étudiés, grâce à la réalisation de cartes de chaleur. A la fin des deux mois d'incubation, plusieurs mesures destinées à évaluer la biofertilisation par les annélides sur les sols marginaux sont réalisées : i) l'effet de la présence d'annélides sur le développement des plantes (hauteur, biomasse, surface foliaire), ii) l'effet des annélides et des plantes sur les différentes strates de sol (pH, conductivité), iii) l'état de nutrition des plantes (notamment azote, carbone). Pour évaluer l'effet du système racinaire, la bioaccumulation en métaux (Zn, Cd, Cu, Pb) est mesurée chez les annélides. Les résultats sont discutés pour démêler les différents processus mis en jeu dans le cas de la biofertilisation en milieu sol contaminé.

Mots clés

Biofertilisation, annélides, architecture racinaire, rhizotron, sols marginaux, éléments traces métalliques

Remerciements

Merci aux porteurs du projet H2020 MAGIC ainsi qu'au pôle Eco&Phy et à Amélie Trouvé, Sébastien Breuil et Jean-Pierre Petraud pour leur aide.

Références

- Bart, Sylvain, Joël Amossé, et Céline Pelosi. 2016. « Les enchytréides : des organismes ingénieurs des sols mal connus ». In . Elbersen, Berien, M. van Eupen, Stephan Mantel, Efi Alexopoulou, Zanghou Bai, Hendrik Boogaard, Juan Carrasco, et al. 2018. Mapping Marginal land potentially available for industrial crops in Europe.
- Groenigen, Jan Willem van, Ingrid M. Lubbers, Hannah M. J. Vos, George G. Brown, Gerlinde B. De Deyn, et Kees Jan van Groenigen. 2015. « Earthworms Increase Plant Production: A Meta-Analysis ». *Scientific Reports* 4 ⁽¹⁾: 6365. <https://doi.org/10.1038/srep06365>.
- Hullot, Olivier, Isabelle Lamy, Raphael Tiziani, Tanja Mimmo, et Lisa Ciadamidaro. 2021. « The Effect of Earthworms on Plant Response in Metal Contaminated Soil Focusing on Belowground-Aboveground Relationships ». *Environmental Pollution* 274 (avril): 116499. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116499>.

UNE NOUVELLE MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DE LA GÉNOTOXICITÉ EN MILIEU AQUATIQUE SUR L'ALGUE *CERAMIUM TENUICORNE*

Les milieux aquatiques font l'objet d'une attention particulière en écotoxicologie : évaluer et prédire les conséquences de l'exposition à des substances chimiques sur les espèces végétales représentatives de ces écosystèmes représente un défi majeur, afin de préserver la qualité de ces milieux.

Le laboratoire EDF de Chatou a mis en place des dispositifs permettant une exposition sur site et une expérimentation innovante portant sur l'algue *Ceramium tenuicorne*. Cette algue rouge filamenteuse appartient aux rhodophytes et est particulièrement retrouvée dans les eaux tempérées des océans et des eaux saumâtres (Lüning, 1990).

En 2003, Bruno & Eklund ont développé un test d'inhibition de croissance sur *Ceramium tenuicorne*, qui a été normalisé en 2010 au niveau international (ISO 10710). Nous souhaitons approfondir l'étude des effets des substances chimiques sur cette algue en proposant une nouvelle méthodologie innovante d'évaluation à l'aide de biomarqueurs :

En termes de génotoxicité, le test des micronoyaux et le test des comètes ne sont pas adaptés sur *Ceramium tenuicorne* car d'une part les cellules sont plurinucléées et d'autre part, les noyaux sont de taille variable et très petits. Cependant, d'autres effets au niveau cellulaire, tels que le nombre de noyaux dans les cellules corticales ou l'indice mitotique des cellules axiales peuvent être déterminés. Nous avons adapté ces critères d'effet à l'algue sélectionnée en définissant un protocole d'observation, et les avons appliqués à l'évaluation des effets du dichlorure de cadmium et de l'hydrazide maléique (régulateur de la croissance des plantes utilisé en France dans cinq préparations commerciales disposant d'une autorisation de mise sur le marché pour les produits phytopharmaceutiques).

Les résultats des observations cellulaires mettent en évidence une différence significative du nombre de noyaux comptabilisés dans la zone de cellules corticales à partir de 10^{-5} M de dichlorure de cadmium, et de 5.10^{-5} M d'hydrazide maléique.

Quant à l'activité mitotique des cellules axiales, elle diminue progressivement avec la concentration de $CdCl_2$ jusqu'à être totalement inhibée à partir de 10^{-3} M. Nous avons observé la même tendance avec la substance de référence organique puisque l'activité mitotique de l'algue diminue lorsque la concentration en hydrazide maléique augmente. Celle-ci est même réduite à néant à partir de 5.10^{-6} M.

Cette étude de faisabilité de nouveaux biomarqueurs sur une algue offre des perspectives intéressantes, afin d'approfondir les mécanismes d'action de substances chimiques sur les écosystèmes aquatiques.

Mots clés :

Ceramium tenuicorne, algue, écotoxicité aquatique, effets cellulaires, génotoxicité.

Remerciements :

Les auteurs remercient le service Recherche & Développement d'EDF pour le financement de ces travaux en 2018-2019.

Références :

Bruno E., Eklund B. 2003. Two new growth inhibition tests with the filamentous algae *Ceramium strictum* and *Ceramium tenuicorne* (Rhodophyta). *Environmental Pollution* 125 (2003) 287-293.

International Standardisation Organisation (ISO), 2010. Water Quality-Growth inhibition test with the brackish water and marine macroalga *Ceramium tenuicorne*. ISO, 10710.

Lüning K. 1990. *Seaweeds their Environment, Biogeography and Ecophysiology*. John Wiley & Sons, Inc., New York.

Sylvie COTELLE⁽¹⁾,
Jean-François MASFARAUD⁽¹⁾,
Léo LAFAY⁽²⁾

⁽¹⁾ LIEC, Université de Lorraine, CNRS
UMR 7360, rue du General
Delestraint, 57070 Metz

⁽²⁾ EDF R&D – Laboratoire National
d'Hydraulique et Environnement –
Gestion Hydro-Environnementale des
Ouvrages
6 quai Watier, 78400 Chatou

Contact : sylvie.cotelle@univ-
lorraine.fr

EVALUATION DE L'EXPOSITION AU MERCURE DES COLONIES DE CHAUVES SOURIS D'ITALIE DU NORD A TRAVERS L'ANALYSE DU GUANO

Les chauves-souris fournissent un nombre exceptionnellement élevé de services écosystémiques, mais sont malheureusement menacées par des nombreuses pressions anthropiques, notamment l'exposition aux éléments traces métalliques (ETM) et aux micropolluants organiques. Parmi les espèces à plus haute valeur de conservation, *Myotis blythii*, *M. capaccinii*, *M. emarginatus*, *M. myotis* and *Rhinolophus ferrumequinum* figurent dans les annexes II et IV de la Directive 92/43 CEE (Directive Habitats). Ces espèces forment des colonies de parturition dans des zones à basse altitudes et sont particulièrement exposées aux ETM et à d'autres produits chimiques. Le guano des chauves-souris s'accumule en grandes quantités dans les gîtes de parturition et peut servir d'indicateur pour les pesticides et les ETM (Zukal et al. 2015; Bettinetti et al. 2014). Parmi les ETM, le mercure (Hg) montre une forte capacité de bioaccumulation et de bioamplification dans les réseaux trophiques; y compris le transfert vers les milieux terrestres à partir des milieux aquatiques (Tremblay et al., 1998). Dans cette étude, le guano a été récolté dans seize colonies situées en Italie du nord-ouest. Treize sites sont utilisés par les espèces mentionnées précédemment et trois par des petites chauves-souris appartenant aux genres *Hypsugo* et *Pipistrellus*. Des échantillons de guano ont été lyophilisés, homogénéisés dans un broyeur à billes et analysés pour leur teneur en Hg total avec un appareil de type AMA254. Les quantités disponibles ont permis l'analyses en double ou triple pour 14 échantillons sur 16, avec un coefficient de variation toujours inférieur à 7 %. La justesse des analyses a été contrôlée avec trois matériaux de références certifiés pour leur concentration en Hg. La concentration en Hg la plus élevée ($0,597 \pm 0,027$ mg/kg) a été mesurée dans une colonie de *M. emarginatus* entourées en bonne partie par des rizières qui favorisent la méthylation du Hg et donc son transfert trophique et sa bioamplification (Tang et al., 2020). Des fortes teneurs en Hg ont aussi été détectée dans un autre site utilisé par *M. emarginatus* et entouré par des vignobles, vergers et rizières ($0,450 \pm 0,021$ mg/kg) et dans le site 'Isola Bella' (Lac Majeur, Piedmont) utilisé par plusieurs espèces dont *M. capaccinii* est la plus abondante ($0,449 \pm 0,021$ mg/kg). Le site 'Isola Bella' se trouve dans une zone ayant subi une pollution en Hg d'origine industrielle au long du XXème siècle. Des analyse métagénomiques sont en cours pour déterminer la composition des régimes alimentaires afin de mieux appréhender les relations parmi les types de proies et les risques de contamination mercurielle dans les chauves-souris.

Mots clés

Chauves-souris, guano, biosurveillance, mercure, utilisation du sol

Remerciements

Davide A.L. Vignati remercie le CNR-IRSA de Verbania-Pallanza (Italie) pour son association sur la période 09/20–09/21.

Références

- Bettinetti R., Quadroni S., Debernardi P., Garzoli L., Marchetto A., Patriarca E. 2014. Residui di organoclorurati nel guano di *Vespertilio di Capaccini* (*Myotis capaccinii*) del Lago Maggiore. *Hystrix*, 25 (Supplement): 90.
- Tang Z., Fan F., Deng S., Wang D. 2020. Mercury in rice paddy fields and how does some agricultural activities affect the translocation and transformation of mercury - A critical review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 202, 110950.
- Tremblay A., Cloutier L., Lucotte M. 1998. Total mercury and methylmercury fluxes via emerging insects in recently flooded reservoirs and a natural lake. *The Science of the Total Environment*, 219, 209–221.
- Zukal J., Pikula J., Bandouchova H. 2015. Bats as bioindicators of heavy metal pollution: history and prospect. *Mammalian Biology*, 80⁽³⁾, 220–227.

Davide A.L. VIGNATI*⁽¹⁾, Laura GARZOLI^(2,3), Frédéric GIMBERT⁽⁴⁾, Emanuele FERRARI⁽²⁾, Paolo DEBERNARDI⁽³⁾, Elena PATRIARCA⁽³⁾, Roberta BETTINETTI⁽⁵⁾, Angela BOGGERO⁽²⁾

⁽¹⁾ UNIVERSITE de LORRAINE, CNRS, LIEC, F-57000 Metz, France

⁽²⁾National Research Council-Water Research Institute (CNR-IRSA), Largo Tonolli 50, 28922 Verbania, Italie

⁽³⁾S.Te.P. Stazione Teriologica Piemontese, c/o Museo Civico di Storia Naturale, via S. Francesco da Sales 188, Carmagnola, 10022, Italie

⁽⁴⁾UMR CNRS 6249 Chrono-Environnement, Université de Franche-Comté, 16 route du Gray, 25030, Besançon, France

⁽⁵⁾Department of Human Sciences and Innovation for the Territory (DISUIT), University of Insubria, Via Valleggio 11, 22100 Côme, Italie
Contact e-mail : david-anselmo.vignati@univ-lorraine.fr

EFFETS DU TRANSFERT TROPHIQUE DE MERCURE D'UNE ALGUE UNICELLULAIRE À LA MOULE ZÉBRÉE

Il y a 60 ans, le déversement de mercure (Hg) dans la baie de Minamata et la découverte de concentrations élevées en Hg dans la chair des poissons a permis de révéler les problèmes de la contamination au Hg. La hausse globale des rejets du Hg dans l'atmosphère émis par les activités anthropiques fait que ce métal reste une préoccupation

majeure de notre siècle. Les écosystèmes aquatiques reçoivent, par le biais des dépôts secs et humides, le Hg sous sa forme inorganique (IHg, Hg²⁺). Celui-ci est ensuite transformé par les micro-organismes dans les milieux anoxiques en une forme organique, bioamplifiée dans les réseaux trophiques : le méthylmercure (MeHg, CH₃Hg⁺). Dans les milieux aquatiques, les concentrations de Hg dans l'eau sont en général basses et les animaux aquatiques sont exposés au MeHg principalement par bioamplification le long de la chaîne alimentaire. La bioaccumulation de Hg dans les tissus des organismes aquatiques a souvent été étudiée par contamination directe de l'eau à de fortes concentrations. De plus, celle-ci a principalement été mesurée chez les vertébrés tels que les poissons. Or, concernant les organismes de bas niveau trophique ou intermédiaire, les études sont peu nombreuses voire inexistantes pour le MeHg. Il apparaît que le Hg provoque un stress oxydatif dans de nombreuses espèces. Dans ce contexte nous nous sommes intéressés à la moule zébrée et au transfert du IHg et MeHg par voie alimentaire afin de caractériser et comparer leurs voies de toxicité moléculaire en conditions réalistes.

Des microalgues de l'espèce *Nannochloropsis* ont été contaminées à deux concentrations de IHg et MeHg différentes représentant des sites faiblement (2 fg Hg/cellule) et hautement contaminés (20 fg Hg/cellule). Les effets après 24h d'exposition des moules zébrées aux microalgues ont été mesurés par l'expression relative des gènes de défense et stress ainsi que par la quantité de protéines antioxydantes, de défense et de peroxydation lipidique sur les branchies et la glande digestive. L'analyse au niveau des gènes a révélé une sur-expression des gènes des catalases en présence de IHg et MeHg dans la glande digestive. À l'inverse au niveau des protéines, l'activité des catalases est inférieure en présence de IHg et MeHg par rapport aux individus contrôle. Des tendances ont été observées pour les autres gènes et protéines étudiés mais ne sont pas statistiquement significatives. Aucun effet significatif n'a été mesuré sur l'expression des gènes ou la quantité de protéines en présence de Hg dans les branchies. Aussi, des différences ont été observées entre les deux formes de Hg étudiées. Par exemple, l'activité des catalases est deux fois moins élevée en présence de MeHg qu'en présence de IHg dans la glande digestive. Une analyse métabolomique sans a priori par HPLCMS/MS a aussi mis en évidence que la quantité de 40 métabolites est significativement affectée dans les branchies et 70 dans la glande digestive en présence de Hg comparé aux contrôles. Les réponses significatives suggèrent donc que IHg et MeHg ont des voies de toxicité moléculaires différentes, bien que les deux formes induisent une production d'espèces réactives de l'oxygène, sans provoquer de stress oxydant. Ainsi, les niveaux de Hg semblent être tolérés par la moule zébrée après 24h d'exposition par voie trophique. La mesure de la bioaccumulation dans les tissus et une toxicocinétique sur 96h viendront compléter les résultats déjà acquis.

Mots clés

Dreissena polymorpha, mercure, méthylmercure, transfert trophique

Clarisse SEGUIN ⁽¹⁾, Benjamin MARIE ⁽²⁾, Claudia COSIO ⁽¹⁾

⁽¹⁾ UMR I-02 SEBIO, Université de Reims Champagne- Ardenne, 51687 REIMS Cedex 2

⁽²⁾ UMR CNRS 7245 MCAM, Museum National d'Histoire Naturelle, CP39 - 75231 PARIS Cedex 05

Contact e-mail :
clarissesgn@gmail.com

EVALUATION DE L'IMPACT D'UN PROCÉDE DE SEQUESTRATION DE POLLUANTS ORGANOCHLORES SUR L'ANNELIDE APORRECTODEA CALIGINOSA

Les composés organochlorés sont des molécules ayant des propriétés de persistance, de bioaccumulation, de toxicité les classifiant de polluants organiques persistants (POPs).

Le projet PIEGEACHLOR (Piégeage des Composés Halogénés Lipophiles Organiques Rémanents) avait pour objectifs de tester la capacité de matières hautement carbonées (biochar et/ou charbon activé) à séquestrer dans les sols des polluants tels que polychlorobiphényles, dioxines, furanes ou chlordécone. Il visait à limiter la biodisponibilité de ces composés vers différentes cibles biologiques du sol : microbiote, lombriciens, végétaux ainsi que la poule pondeuse, et à tester l'innocuité du procédé de remédiation.

Nous présentons ici les résultats relatifs aux lombriciens soumis au polluant chlordécone.

Pour évaluer l'effet et le transfert des composés vers l'annélide *Aporrectodea caliginosa*, le sol OCDE contaminé par du chlordécone, à des doses environnementales, a été amendé avec 2% de matrices carbonées (biochars/charbons actifs). Nous nous sommes intéressés à plusieurs indicateurs, la morphologie (survie, poids et aspect) et la physiologie (stress oxydatif et réserves énergétiques) des organismes.

Dans les microcosmes en présence du biochar de chêne, certains vers ont subi de graves dommages se traduisant par une perte de biomasse, la décoloration des tissus épidermiques et un resserrement du corps.

Les impacts du procédé de remédiation ont été évalués sur le système antioxydant et détoxifiant d'*A. caliginosa* (Catalase, Superoxyde dismutase, Glutathion-S-Transférase) ainsi que sur ses réserves énergétiques. Les effets constatés sont variables selon les biomarqueurs considérés.

Nous avons observé que le polluant chlordécone, seul, induit un stress oxydatif et active le système de détoxification.

Les matrices carbonées, seules, induisent une diminution des protéines circulantes, des lipides totaux et une augmentation du stress oxydatif et du système de détoxification. Les taux de protéines totales et de glycogène ne semblent pas impactés.

La présence simultanée de matrices carbonées et du polluant chlordécone montrent un effet synergique de l'augmentation du stress oxydatif chez *A. caliginosa*.

Les résultats sont à confronter à ceux des autres partenaires du projet, considérant d'autres cibles biologiques, pour statuer sur l'innocuité du procédé pour l'écosystème sol.

Mots clés

Charbons actifs, biochars, polluants organochlorés, piégeage, remédiation.

Remerciements

Virginie Grondin et Véronique Etiévant, pour leur contribution au projet. Projet financé par l'ADEME (convention 1672C0042) dans le cadre de l'appel à projet R&D GESIPOL. Biochem-Env (<https://doi.org/10.15454/HA6V6Y>) est une plateforme analytique de l'Infrastructure nationale de Recherche AnaEE-France.

Thérèse de CALDAS^(1,2), Nathalie CHEVIRON^(2,3), Jeanne RAYNERT⁽²⁾, Rayene Imane CHIKI⁽²⁾, Emeline COUFFIN^(2,3), Christian MOUGIN^(2,3), Matthieu DELANNOY⁽⁴⁾, Cyril FEIDT⁽⁴⁾, Nathalie DEMONT-CAULET^(1,2)

⁽¹⁾ Université de Paris, INRAE, AgroParistech, UMR ECOSYS, 78026 Versailles

⁽²⁾ Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParistech, UMR ECOSYS, 78026 Versailles

⁽³⁾ Université Paris-Saclay, INRAE, plateforme Biochem-Env, 78026 Versailles

⁽⁴⁾ Université de Lorraine, INRAE, USC 340, UR AFPA, Vandoeuvre-lès-Nancy

Contact e-mail : nathalie.demont-caulet@inrae.fr

PEER COMMUNITY IN ECOTOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL CHEMISTRY

Les Peer Community In... (PCI, <https://peercommunityin.org/>) sont un processus éditorial de science ouverte. Il s'agit de communautés spécialisées effectuant une évaluation scientifique par les pairs et à la demande des auteurs, de preprints déposés sur des serveurs appropriés. Dans chaque PCI, les recommandeurs, qui sont les équivalents des éditeurs scientifiques de revues, constituent une équipe de reviewers qui réalisent une évaluation détaillée de l'article. S'ensuit une décision éditoriale qui mène soit au

rejet, soit à la demande de corrections, soit à la validation de l'article scientifique. Dans ce dernier cas, le recommandeur écrit un texte de recommandation dans lequel il explique pourquoi il a validé l'article. L'ensemble de la communauté scientifique a ainsi accès gratuitement au contenu validé du preprint et aux évaluations/recommandations. Les PCIs ne publiant pas les preprints recommandés, les auteurs peuvent éventuellement le soumettre pour publication dans une revue scientifique de leur choix et notamment dans les revues qui se sont déclarées PCI-friendly. Les éditeurs en chef de ces revues se sont engagés à prendre en compte les évaluations et recommandations des PCIs pour compléter/accélérer leur processus éditorial, débouchant régulièrement sur une acceptation en l'état des preprints recommandés par PCI.

Peer Community in Ecotoxicology and Environmental Chemistry fait partie des 13 PCI existant à ce jour. Les articles rentrant dans le champ de PCI Ecotox Env Chem concernent des travaux originaux (observations, expérimentations, modélisations, approches théoriques...) qui permettent des avancées significatives de la connaissance dans les champs de l'écotoxicologie terrestre et aquatique, ainsi que de la chimie de l'environnement. PCI Ecotox Env Chem considère la dynamique et le transport des composés chimiques dans l'environnement, leur transfert vers les organismes au sein des réseaux trophiques, et leurs effets à différents niveaux d'organisation biologique et géographique. Ainsi, PCI Ecotox Env Chem intègre différentes disciplines et approches qui répondent aux problématiques d'écotoxicologie et de toxicologie de l'environnement : chimie analytique, physiologie, microbiologie, génétique, génomique, ingénierie environnementale, modélisation, science des données, évaluation des risques... PCI Ecotox Env Chem dispose à ce jour d'un panel international de 25 recommandeurs, et développe son partenariat avec les réseaux scientifiques et sociétés savantes, ainsi qu'avec des journaux partenaires.

N'hésitez pas à soumettre vos preprints sur <https://ecotoxenvchem.peercommunityin.org/>

Mots clés

Edition scientifique, Open Science, Recommandation

Remerciements

Les porteurs de PCI Ecotox Env Chem remercient D. Bourguet, T. Guillemaud, B. Facon et M. Hamelin, fondateurs des PCI, pour leur accompagnement dans ce projet.

Références

<https://www.inrae.fr/actualites/prix-liber-science-ouverte-transparente-gratuite>

Christian MOUGIN⁽¹⁾, Wilfried
SANCHEZ⁽²⁾, Pierre LABADIE⁽³⁾

⁽¹⁾ INRAE, UMR ECOSYS, Route de St-Cyr, 78026
VERSAILLES Cedex

⁽²⁾ IFREMER, Direction Scientifique, Avenue
Jean Monnet, CS 30171, 34203 SETE Cedex

⁽³⁾ CNRS, UMR EPOC, 351 Cours de la
Libération, 33405 TALENCE Cedex

Contact e-mail :

contact@ecotoxenvchem.peercommunityin.org

ETUDE COMPARATIVE DE LA REACTIVITE DES CELLULES DU SYSTEME IMMUNITAIRE (INVERTEBRES ET VERTEBRES) VIS-A-VIS DES PESTICIDES

Au cours des trois dernières décennies, avec l'augmentation exponentielle de la demande agricole mondiale et l'accroissement des applications de pesticides, une nouvelle classe de produits phytosanitaires appelée néonicotinoïdes a été créée. L'imidaclopride fait partie des néonicotinoïdes les plus utilisés aujourd'hui en raison de son efficacité. Son utilisation est cependant interdite en plein champ depuis 2018 par l'Union européenne, puisque ce produit est soupçonné d'avoir des effets négatifs sur les

insectes pollinisateurs, les poissons, les amphibiens et les chauves-souris. Des études ont ainsi montré la présence d'imidaclopride et d'autres néonicotinoïdes dans les fruits, les légumes ou encore le miel impliquant un transfert potentiel de ce pesticide vers l'Homme *via* la consommation alimentaire. D'autres études s'intéressent aux effets cumulés de l'imidaclopride avec les bactéries, les virus et les spores au niveau des organismes, des populations et des écosystèmes. Pour obtenir une vision plus complète de ces effets, il est important d'observer leur impact à l'échelle cellulaire chez les vertébrés et les invertébrés. L'objectif de cette étude est alors d'examiner l'un de ces effets additifs au niveau cellulaire et particulièrement la réponse des cellules immunitaires de invertébrés après exposition aux pesticides. Ce poster présentera mon sujet de thèse ainsi que les expérimentations que seront réalisées. Nous nous intéresserons particulièrement à l'effet combiné de l'imidaclopride et acetamipride (deux néonicotinoïdes) après activation immunitaire en présence de peptidoglycane sur l'expression de gènes intervenant dans la réponse immunitaire des abeilles, bourdons et drosophiles.

Mots clés

Néonicotinoïde, Invertébré, Vertébré, Immunotoxicité, Pathogène

Remerciements

Communauté d'Agglomération Thionville-Portes de France

Références

Walderdorff, Louise, Philippe Laval-Gilly, Antoine Bonnefoy, and Jairo Falla-Angel. 2018. Imidacloprid intensifies its impact on honeybees and bumblebees cellular immune response when challenged with LPS (lipopolysaccharide) of *Escherichia coli*. *Journal of Insect Physiology* 108:17–24.

Bonmatin, J. M., C. Giorio, V. Girolami, D. Goulson, D. P. Kreuzweiser, C. Krupke, M. Liess, E. Long, M. Marzaro, E. A. D. Mitchell, D. A. Noome, N. Simon-Delso, and A. Tapparo. 2015. Environmental Fate and Exposure; Neonicotinoids and Fipronil. *Environmental Science and Pollution Research* 22⁽¹⁾:35– 67.

Sandhya MALLADI*⁽¹⁾, Jairo FALLA ⁽¹⁾, Antoine BONNEFOY ⁽²⁾, Philippe LAVAL-GILLY ⁽¹⁾

⁽¹⁾ UNIVERSITÉ DE LORRAINE, INRAE, LES, F-54000 Nancy, France

⁽²⁾ UNIVERSITÉ DE LORRAINE, IUT DE THIONVILLE-YUTZ, F-57970 Yutz, France Contact e-mail : sandhya.malladi@univ-lorraine.fr