

LIVRET DES RÉSUMÉS

SEFA
LE HAVRE
2023



Colloque
de la Société d'Écotoxicologie
Fondamentale et Appliquée

5 et 6 juillet 2023
Institut Supérieur d'Études Logistiques
Quai Frissard, Le Havre



<https://sefa2023lehavre.sciencesconf.org/>



SEFA
LE HAVRE
2023



Mercredi 5 juillet 2023

8h30 – 9h00 : Accueil

9h00 – 9h15 : Mot(s) d'accueil

Chairpersons : Benoit Xuereb & Olivier Geffard

9h15 – 10h00 : Conférence plénière - **Olivier Geffard et Alain Geffard** - La biosurveillance des milieux aquatiques d'eau douce : exemple d'utilisation de deux espèces sentinelles

10h00 – 10h20 : **Audrey Catteau et al.** - Comparaison de la stratégie de détoxification des ETM chez deux populations de Dreissenidae

10h20 – 10h40 : **Marjorie Lortholarie et al.** - Cartographie du danger viral dans les masses d'eau à travers l'utilisation de la dreissène (*Dreissena polymorpha*)

10h40 – 10h50 : **Poster highlight**

10h50 – 11h20 : Session posters - Pause-Café

Chairpersons : Yosra Ben Cheikh & Frédéric Gimbert

11h20 – 11h40 : **Coumba Fall Touré Daga et al.** - L'escargot en tant qu'espèce sentinelle pour la surveillance de la pollution de l'environnement

11h40 – 12h00 : **Eva Delaunay et al.** - Développement d'un biocapteur pour l'évaluation de la toxicité globale en milieu marin : choix des microorganismes

12h00 – 12h30 : **Anabelle Espeyte et al.** - Protéomique pour la quantification de biomarqueurs en biosurveillance : une méthode généralisable entre espèces sentinelles

12h30 – 13h 40 : Déjeuner

Chairpersons : Céline Boulangé-Lecomte & Cécile Bellanger

13h40 – 14h00 : **Julie Tonial et al.** - Effets des pesticides et des nitrates sur les enzymes salivaires et la condition corporelle d'amphibiens en milieu naturel

14h00 – 14h20 : **Auréline Lalouette et al.** - Modification des traits d'histoire de vie des populations de *Gammarus fossarum* dans les cours d'eaux de tête de bassin versant exposés à la contamination cadmique chronique naturelle

14h20 – 14h40 : **Caroline Arcanjo et al.** - Le copépode *Eurytemora affinis* comme bioindicateur pour la caractérisation de matrices estuariennes : réponses transcriptomiques et comportementales

14h40 – 15h00 : **Julien Mocq et al.** - Les sensibilités toxicologique et comportementale des invertébrés aquatiques sont-elles indépendantes ?

15h00 – 15h20 : **Caroline Vignet et al.** - L'intelligence artificielle : aide à la décision dans la surveillance environnementale du futur ?

15h20 – 15h30 : **Poster highlight**

15h30 – 16h00 : Session posters, Pause-Café

Chairpersons : Romain Coulaud & Vincent Felten

16h00 – 16h20 : **Iris Barjoux et al.** - Intégration de données en écotoxicologie : exemples appliqués

16h20 – 16h40 : **Benjamin Alric et al.** - Comment les outils d'écotoxicologie peuvent nous permettre de mieux comprendre la relation entre polluants et structure des communautés

16h40 – 17h00 : **Albin Meyer et al.** - Etude des liens entre micropolluants et syndromes de traits fonctionnels pour trois compartiments biologiques (poissons, diatomées et macroinvertébrés) : comment identifier de potentielles nouvelles espèces sentinelles

17h00 – 17h20 : **Sarah Berns et al.** - Réhabilitation d'une friche industrielle par phytoremédiation en vue d'un projet de réaménagement

17h20 – 18h20 : Assemblée Générale de la SEFA

19h30 : Apéritif & Repas de Gala au restaurant Les Régates



Jeudi 6 juillet 2023

8h30 – 8h55 : Accueil

Chairpersons : Selim Aït-Aïssa & Sébastien Lemière

8h55 – 9h40 : Conférence plénière - **Selim Aït-Aïssa** - Surveillance des perturbateurs endocriniens dans les milieux aquatiques : approche bio-analytique et perspectives réglementaires

9h40 – 10h00 : **Sylvain Slaby et al.** - Présentation et application d'un nouveau test *in vitro* utilisant les récepteurs nucléaires aux estrogènes de *Dicentrarchus labrax* pour détecter des perturbateurs endocriniens à activité estrogénique

10h00 – 10h20 : **Tu-Ky Ly et al.** - Modélisation de la bioaccumulation de deux fongicides azolés et de leurs effets sur l'axe gonadotrope chez le poisson zèbre

10h20 – 10h30 : **Poster highlight**

10h30 – 11h00 : Session posters - Pause-Café

Chairpersons : Frank Le Foll & Marc Bonnard

11h00 – 11h20 : **Elsa Schmidt et al.** - Evaluation du transfert et de la toxicité des microplastiques chez les larves de *Chironomus riparius*

11h20 – 11h40 : **Magali Schiano Di Lombo et al.** - Effets sub-léthaux du tritium sous forme organique chez les embryons et larves de poisson zèbre

11h40 – 12h00 : **Clément Baratange et al.** - Effets de la CBZ et du MeHg dans les gonades males de *Dreissena polymorpha*

12h00 – 12h20 : **Marc Rollin et al.** - Répercussions des dommages à l'ADN spermatique sur le développement embryo-larvaire chez la crevette bouquet, *Palaemon serratus*

12h20 – 13h30 : Déjeuner

Chairpersons : Salima Aroua & Matthieu Marin

13h30 – 13h50 : **Jérémy Ohanessian et al.** - Effets du di-n-butyl phtalate (DBP) sur les traits d'histoire de vie de *Daphnia magna* : comparaison de deux fenêtres d'exposition

13h50 – 14h10 : **Jeanne Lichtfouse et al.** - Effets de la BMAA à des concentrations environnementales, seule ou en mélange avec ses isomères sur les larves de poissons zèbres

14h10 – 14h30 : **Guillaume Marchand et al.** - Effets d'un stress cadmique sur le développement précoce

14h30 – 14h50 : **Sophie Prud'Homme et al.** - Méthodologie d'interprétation biologique de la modélisation dose-réponse de données omiques

Chairpersons : Béatrice Rocher & Juliette Faburé

15h30 – 15h50 : **Caroline Roux et al.** - Impacts de la pollution lumineuse nocturne et chimique sur le biofilm aquatique

15h50 – 16h10 : **Cécile Bellanger et al.** - Changement de couleur physiologique sur des explants de peau de seiche : un outil innovant pour l'évaluation des risques liés aux contaminants

16h10 – 16h30 : Mots de clôture / Remise des prix Jeunes Chercheurs (Oral et Poster)



SEFA
LE HAVRE
2023



PRÉSENTATIONS ORALES



COMPARAISON DE LA STRATEGIE DE DETOXICATION DES ETM CHEZ DEUX POPULATION DE DREISSENIDAE

La biosurveillance active consiste à évaluer la réponse après exposition à un stress nouveau, chez des organismes biologiques provenant d'une population de référence. Par rapport à l'approche passive qui étudie des réponses chez des organismes natifs, l'approche active permet de standardiser les organismes utilisés (nombre, taille, âge, sexe) mais également de mieux contrôler les conditions d'exposition (durée d'exposition, position exacte vis-à-vis d'un effluent) (Catteau et al., 2022). Cependant, bien qu'elle permette de réaliser un diagnostic des pressions exercées pendant le temps d'exposition des individus, cette stratégie ne reflète pas l'état de santé des populations natives, dans lesquelles des processus de tolérance à la contamination pourraient avoir été mis en place. L'acquisition de la tolérance aux contaminants pourrait notamment se traduire par une meilleure gestion cellulaire de ces contaminants. L'étude de la distribution subcellulaire des éléments traces métalliques (ETM) et des éléments terre rare (ETR) constitue ainsi une approche très pertinente pour évaluer la capacité et la stratégie d'un organisme à gérer ce type de contamination. L'approche consiste à séparer les différentes fractions cellulaires (mitochondries = M, microsomes/lysosome = ML, protéines sensibles à la chaleur = HDP, protéines résistantes à la chaleur = HSP, granules = G) pour mesurer les ETM et ETR dans chacune d'elle. Il est ainsi possible d'évaluer si les contaminants sont majoritairement présents dans les fractions dites "sensibles" (M, ML, HDP) ou dans les fractions de détoxification (HSP, G) (Rosabal et al., 2014).

Le travail présenté propose d'explorer les différences de gestion intracellulaire des ETM et des ETR chez deux populations de dreissenidae : une population native issue d'un site très contaminé aux ETM (La Deule, Courrières, France), et une population de référence (Lac du Der, France) engagée sur ce site très contaminé. Les bivalves natifs (Deule) ont été prélevés (J0), mis à dépurier pendant 21 jours au laboratoire (T0) puis engagés sur leur site d'origine pendant 21 jours (T21), parallèlement à des individus de la population référence (Der). La distribution subcellulaire des ETM et ETR a été étudiée pour les trois temps chez les deux populations dans plusieurs tissus. Les premiers résultats montrent que des différences existent dans la bioaccumulation mais également dans la gestion subcellulaire des ETM et des ETR entre les deux populations, dépendamment des éléments chimiques et du tissu considéré. Par exemple, dans la glande digestive, les deux populations présentent des stratégies de gestions similaires pour certains éléments (ETR, Zn, Pb) mais variables pour d'autres (As, Mo, Ti, Co). Ces différences pourraient induire une différence de sensibilité entre les deux populations face à une contamination aux ETM et ETR.

Mots clés

Dreissenidae, biosurveillance active, population autochtone, gestion des contaminants, fractionnement subcellulaire

Remerciements

Les données ont été collectées dans le cadre du projet MAQUEREAU soutenus par l'Agence de l'Eau Artois-Picardie. Les dosages chimiques ont été réalisés par l'INRS à Québec (Canada). Les auteurs remercient ces deux organismes.

Références

- Catteau, A., Porcher, J.-M., Bado-Nilles, A., Bonnard, I., Bonnard, M., Chaumot, A., David, E., Dedourge-Geffard, O., Delahaut, L., Delorme, N., François, A., Garnerio, L., Lopes, C., Nott, K., Noury, P., Palluel, O., Palos-Ladeiro M., Quéau, H., Ronkart, S., Sossey-Alaoui, K., Turiès, C., Tychon, B., Geffard, O., Geffard, A., 2022. Interest of a multispecies approach in active biomonitoring: Application in the Meuse watershed. *Science of The Total Environment* 808, 152148.
- Rosabal, M., Hare, L., Campbell, P.G.C., 2014. Assessment of a subcellular metal partitioning protocol for aquatic invertebrates: preservation, homogenization, and subcellular fractionation. *Limnology and Oceanography: Methods* 12, 507–518.

Audrey CATTEAU (1), Marie LEFRANC (2), Isabelle Bonnard (1), Maikel ROSABAL (2), Alain GEFFARD (1).

(1) Université de Reims Champagne-Ardenne, UMR-I 02 SEBIO, 51100 Reims

(2) Université de Québec à Montréal, Département des Sciences Biologiques, QC H2L 2C4, Canada

Contact e-mail :
audrey.catteau@univ-reims.fr



CARTOGRAPHIE DU DANGER VIRAL DANS LES MASSES D'EAU A TRAVERS L'UTILISATION DE LA DREISSENE (*DREISSENA POLYMORPHA*)

Les masses d'eau sont les réceptacles de nombreux agents pathogènes tels que les norovirus (NoV), principaux représentants des virus entériques, qui engendrent la majorité des épidémies de gastro-entérites virales au niveau mondial. La présence de NoV dans les hydrosystèmes peut être renseignée par des indicateurs de contamination fécale de nature virale tels que les bactériophages ARN F-spécifiques (FRNAPH) ayant un comportement dans l'environnement similaire aux NoV. Le suivi des NoV et des FRNAPH est aujourd'hui mené par des prélèvements d'eau ponctuels sujets aux variations spatio-temporelles et aux dilutions. Afin de lever ces limites, l'utilisation de mollusques bivalves comme outil intégrateur et de concentration de la contamination virale est proposée. Il a récemment été montré que les moules d'eau douce (*Dreissena polymorpha*) sont capables d'accumuler au cours du temps les particules virales (FRNAPH) présentes dans les masses d'eau (Capizzi-Banas et al., 2021). Ainsi, après encagement *in situ*, *D. polymorpha* pourrait servir de sonde pour suivre la contamination fécale de manière intégrative dans le temps et l'espace. Nos travaux avaient pour objectif d'utiliser cette capacité de bioaccumulation de la dreissène, afin de réaliser une cartographie du danger viral au niveau de différents bassins versant entre 2021 et 2022. Pour cela, les dreissènes ont été préalablement encagées 3 semaines sur 33 sites différents aux caractéristiques variables (sites représentatifs du milieu naturel, sites de baignades et de rejets de stations d'épuration). Les concentrations en NoV et FRNAPH dans les tissus digestifs des dreissènes ont été mesurées par RT-qPCR en suivant 4 cibles : NoV des génogroupes -I et -II, FRNAPH des génogroupes -I et -II. Les NoV (GI et GII) ainsi que les FRNAPH-II sont plutôt associés à une contamination fécale d'origine humaine tandis que les FRNAPH-I sont plutôt associés à une pollution fécale d'origine animale (Cole et al., 2003 ; Hartard et al., 2015). En parallèle de la quantification des génomes des FRNAPH-I et -II, les FRNAPH infectieux totaux ont été quantifiés par une méthode adaptée de l'ISO 10705-1 (Hartard et al., 2018). Les concentrations en FRNAPH (infectieux et génome) mesurées dans la dreissène ont ensuite permis de rétro-calculer les concentrations présentes dans l'eau à l'aide d'un modèle toxicocinétique préalablement calibré à l'aide de données de cinétiques d'accumulation et de dépuración chez la dreissène provenant d'expérimentations précédentes. Cette étude révèle non seulement les variations spatiales des concentrations en génomes de NoV et de FRNAPH et de FRNAPH infectieux mais aussi l'intérêt de la matrice dreissène à retranscrire le danger viral en milieu naturel.

Marjorie LORTHOLARIE ^{*(1)}, Julie DO NASCIMENTO (1), Christophe GANTZER (2), Julie CHALLANT (2), Isabelle BERTRAND (2), Stéphanie LA CARBONA (3), Nicolas BOUDAUD (3), Julie LOUTREUL (3), Christelle LOPES (4), Alain GEFFARD (1), Mélissa PALOS-LADEIRO (1)

(1) Université de Reims Champagne-Ardenne Unité SEBIO, UFR Sciences Exactes et Naturelles, BP 1039 51687, Reims, CEDEX, France (2) LCPME UMR 7564, CNRS- Université de Lorraine, 405 rue de Vandoeuvre, 54600, Villers-lès-Nancy, France (3) Actalia, Unité Sécurité des Aliments, Saint-Lô, F-50000, France (4) Univ Lyon, Université Lyon 1, CNRS, Laboratoire de Biométrie et Biologie Evolutive UMR 5558, 69622 Villeurbanne, France

Contact e-mail :

m.lortholarie@gmail.com

Mots clés : Biosurveillance active, danger viral, *Dreissena polymorpha*, Norovirus, bactériophages ARN F-spécifiques.

Références :

- Capizzi-Banas, S., Palos Ladeiro, M., Bastien, F., Bonnard, I., Boudaud, N., Gantzer, C., Geffard, A., 2021. The Utility of *Dreissena polymorpha* for Assessing the Viral Contamination of Rivers by Measuring the Accumulation of F-Specific RNA Bacteriophages. *Water* 13, 904.
- Cole, D.; Long, S.C.; Sobsey, M.D. Evaluation of F+ RNA and DNA Coliphages as Source-Specific Indicators of Fecal Contamination in Surface Waters. *Appl. Environ. Microbiol.* 2003, 69, 6507–6514.
- Hartard, C.; Rivet, R.; Banas, S.; Gantzer, C. Occurrence of and Sequence Variation among F-Specific RNA Bacteriophage Subgroups in Feces and Wastewater of Urban and Animal Origins. *Appl. Environ. Microbiol.* 2015, 8, 6505–6515
- Hartard, C., M. Leclerc, R. Rivet, A. Maul, J. Loutreul, S. Banas, N. Boudaud, et C. Gantzer. 2018. « F-Specific RNA Bacteriophages, Especially Members of Subgroup II, Should Be Reconsidered as Good Indicators of Viral Pollution of Oysters ». *Applied and Environmental Microbiology* 84 (1): e01866-17. <https://doi.org/10.1128/AEM.01866-17>.



L'ESCARGOT EN TANT QU'UNE ESPECE SENTINELLE POUR LA SURVEILLANCE DE LA POLLUTION DE L'ENVIRONNEMENT

Le rejet continu de divers produits chimiques dans l'environnement est aujourd'hui une grande préoccupation pour le monde entier car certains d'entre eux persistent dans cet écosystème entraînant des maladies graves. L'objectif de notre étude est d'évaluer la contamination de quatre (4) familles de pesticides dont les carbamates, les avermectines, les aldéhydes et les benzimidazoles avec comme substances actives le mancozèbe, l'abamectine, le métaldéhyde et le carbendazime et deux éléments traces métalliques très toxiques, à savoir le cadmium (Cd) et le plomb (Pb), dans la chair de l'escargot *Helix aspersa aspersa* (petit gris) espèce largement utilisée dans les études de surveillance de la pollution. L'échantillonnage a été réalisé sur trois (3) stations dont St1T (station tomate), St2P (station piment), St3A (station artichaut) présentes sur un site reconnu par la charge des activités agricoles dans la zone de Mechra Bel Ksiri située dans la province de Sidi Kacem. Nos résultats ont montré que les substances actives (métaldéhyde, carbendazime, abamectine, mancozèbe) sont présentes dans les trois stations (St1T; St2P, St3A) avec une forte accumulation du mancozèbe et de la carbendazime. La plus forte concentration a été observée chez les escargots prélevés au niveau de la station St3A. En ce qui concerne les éléments traces métalliques, nos résultats ont révélé que la station St3A est plus polluée que les deux autres stations (St1T et St2P) avec comme valeurs respectives 2,03 mg /kg; 0,29 mg /kg et 0,23 mg /kg pour le (Cd) et 2,31 mg /kg; 1,09 mg /kg et 1,54 mg /kg pour le (Pb). En effet, les escargots ont envahi ce milieu, et la forte contamination est liée à une application excessive de pesticides dans cette station par rapport aux deux autres stations. Les résultats ont également montré que les concentrations moyennes de Cd (1,52mg/kg poids sec) et de Pb (1,64mg/kg poids sec) dans la chair des escargots examinés dépassaient le niveau maximal admissible recommandé par l'Union Européenne (UE) et la Commission du Codex Alimentarius (Codex, 2018 et 2019) pour la consommation humaine, ce qui constitue un danger pour le consommateur.

Mots clés

Helix aspersa aspersa, chair d'escargot, pesticides, éléments traces métalliques, accumulation, risque sanitaire, Mechra Bel Ksiri.

Références

- FAO.OMS. 2019. Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires commission du CODEX ALIMENTARIUS Quarante -deuxième session centre international conférences, Genève.
- Miquel MG. 2001. Les effets des éléments traces métalliques lourds sur l'environnement et la santé.
- Bénédicte Viard-La Rocca.2018. Mise au point et validation sur sites contaminés (ETM-HAP) d'un test de biosurveillance en microsome: croissance et bioaccumulation par gastéropode terrestre *Helix aspersa aspersa*.p268.
- Calvet R. 2005. Les pesticides dans le sol : conséquences agronomiques et environnementales. Editions. France Agricole. France.641p.
- M. Coeurdassier, M. Saint-Denis, A. Gomot de Vaufleury, D. Ribera, P.M. Badot. 2001. The garden snail (*helix aspersa*) as a bioindicator of organophosphorus exposure: effects of dimethoate on survival, growth, and acetylcholinesterase activity
- De Roma, A.; Neola, B.; Serpe, F.; Sansone, D.; Picazio, G.; Cerino, R.; Esposito, M.2017. Land Snails (*Helix Aspersa*) as Bioindicators of Trace Element Contamination in Campania (Italy).

Coumba Daga Touré FALL*(1), Rachida. FEGROUCHE (1), Taha. EL KAMLI (2), Othmane. HAMMANI (3), Abdelaziz. BENHOUSA (1)

(1) Laboratoire de biodiversité, écologie et génome (BioEcoGen), Faculté des Sciences, B.P. 1014, Centre de recherche en biotechnologies végétales et microbiennes, biodiversité et environnement (Biobio), Université Mohammed V à Rabat, Maroc.

(2) Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II de Rabat, Laboratoire de Contrôle Antidopage. Madinat al Irfane, B.P. 10000 Rabat.

(3) Centre National pour la Recherche Scientifique et Technique / UATRS.

Angle avenue des FAR et Allal Fassi, Hay Ryad. BP 8027 N.U Rabat, Maroc.

Contact e-mail :

coumba.fall@um5r.ac.ma



DEVELOPPEMENT D'UN BIOCAPTEUR POUR L'EVALUATION DE LA TOXICITE GLOBALE EN MILIEU MARIN : CHOIX DES MICRO-ORGANISMES

La préservation des océans est un enjeu majeur du 21ème siècle. En 2000, la directive Cadre sur l'Eau a harmonisé les réglementations européennes concernant la gestion de l'eau afin de protéger et de restaurer le bon état des écosystèmes aquatiques, y compris le milieu marin et le littoral [1]. Actuellement, peu de méthodes sont adaptées au diagnostic des eaux marines [2], il existe donc un réel besoin d'outil analytique pour l'évaluation du niveau de toxicité de ces environnements [3][4][5]. De ce constat est né le projet européen MOBILTOX dont l'enjeu est de répondre à cette problématique de métrologie, au travers notamment le développement d'un biocapteur microbien. Ce biocapteur s'appuie sur une stratégie basée, non pas sur une approche monospécifique (une seule souche microbienne utilisée comme la majorité des approches actuellement développées) mais sur un ensemble de micro-organismes représentatifs des populations microbiennes autochtones de ces environnements marins/littoraux. Par conséquent, le choix des micro-organismes "représentatifs" (bioindicateurs) est crucial. La première étape de ce projet a consisté à échantillonner de l'eau de mer à Roscoff (Finistère, France) avec la collaboration de la Station Biologique de Roscoff (station nationale de référence des côtes Atlantique Nord-Ouest européennes) et à mettre en évidence ses propriétés phénotypiques avec la technologie Phenotype Microarrays for Microbial Cells de Biolog®. Ainsi, il a été constaté que la composition microbienne de l'inoculum environnemental a la capacité de métaboliser différentes sources de carbone, d'azote, de soufre et de phosphore. En parallèle, un panel de 40 souches bactériennes représentatives de cet environnement a été acquis auprès de la banque de souches de la Station Biologique de Roscoff. Ainsi l'utilisation de souches représentatives, facilement cultivables, disponibles commercialement si besoin, non pathogènes est favorisé. Ces souches ont été caractérisées avec la même méthode de chez Biolog® afin d'établir le phénotype de chacune d'entre elles. L'objectif était d'identifier une ou plusieurs souche(s) qui recouvre(nt) les fonctions phénotypiques de l'inoculum initial. Finalement, concernant le cycle du carbone, une analyse statistique par ANOVA a montré qu'un panel de 7 souches permettaient de recouvrir de manière significative les fonctions phénotypiques de l'inoculum. Un grand nombre de combinaisons de souches a été testé afin d'obtenir le meilleur taux de recouvrement fonctionnel comparativement aux fonctions couvertes par l'inoculum environnemental initial. La prochaine étape sera la validation du panel bactérien choisi par comparaison avec une étude en microcosme puis l'intégration de ce panel bactérien dans un bioessai. Enfin, ce panel sera intégré au sein d'un biocapteur avant de valider l'approche sur le terrain

Eva DELAUNAY*(1), Sullivan
JOUANNEAU (1), Marie-José
DURAND THOUAND (1), Gérald
THOUAND (1)

(1) Nantes Université, Laboratoire GEPEA
UMR CNRS 6144, 18 Bd Gaston Defferre,
85000 La Roche sur Yon

Contact e-mail :
eva.delaunay@univ-nantes.fr

Mots clés

Toxicité globale, eau de mer, bioindicateurs microbiens, fonctions microbiennes, surveillance environnementale

Remerciements

Nous remercions tout particulièrement la Station Biologique de Roscoff pour notre collaboration. Merci à l'Agence Nationale de la Recherche et au programme MarTERA de soutenir ce projet.

Références

- [1] Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Journal Officiel du 22 décembre 2000, p.1-73.
- [2] Kokkali, V., & van Delft, W. (2014). Overview of commercially available bioassays for assessing chemical toxicity in aqueous samples. Trends in Analytical Chemistry, 61, 133-155.
- [3] Potters, G. (2013). Marine Pollution. Bookboon.
- [4] Waldichuk, M. (1977). Control of marine pollution: An essay review. Ocean Development & International Law, 4(3), 269-296. <https://doi.org/10.1080/00908327709545594>
- [5] Olsen, C. R., Cutshall, N. H., & Larsen, I. L. (1982). Pollutant—particle associations and dynamics in coastal marine environments: a review. Marine Chemistry, 11(6), 501-533. [https://doi.org/10.1016/0304-4203\(82\)90001-9](https://doi.org/10.1016/0304-4203(82)90001-9)



PROTEOMIQUE POUR LA QUANTIFICATION DE BIOMARQUEURS EN BIOSURVEILLANCE: UNE METHODE GENERALISABLE ENTRE ESPECES SENTINELLES

Une attente grandissante existe vis-à-vis de l'application d'outils moléculaires pour l'évaluation de la qualité des milieux aquatiques. Récemment, les progrès technologiques en spectrométrie de masse ont fait émerger dans le domaine biomédical des méthodes de dosage MRM hautement multiplexées de biomarqueurs protéiques. En écotoxicologie, des premières études pilotes considérant plusieurs dizaines de biomarqueurs ont été réalisées chez *Gammarus fossarum* (biosurveillance active sur le bassin du Rhône). Permettant de couvrir une diversité de fonctions biologiques, ces biomarqueurs ont été choisis parmi des catalogues protéiques préalablement établis par protéogénomique (couplage RNAseq / protéomique shotgun) parant à l'absence de données génomiques disponibles chez cette espèce.

L'étude présentée ici (programme OFB) a eu pour objectif de tester et d'adapter cette approche qui couple ressources transcriptomiques, protéogénomiques et protéomique ciblée (dMRM), à 6 espèces de crustacés, bivalves et poissons (gammare, crevette bouquet, crevette blanche, dreissène, moule quagga, épinoche) proposées comme sentinelles en biosurveillance. La proposition d'une stratégie unifiée de développement de biomarqueurs doit ainsi permettre de disposer à terme d'outils comparables entre taxons pour intégrer la diversité de la sensibilité des espèces dans le diagnostic environnemental.

Pour cette démonstration, nous avons ciblé 3 fonctions biologiques (osmorégulation, immunité et détoxification) via l'identification de peptides rapporteurs de celles-ci dans différents organes cibles (branchies, sang-hémolymphe, foie-hépatopancréas-glande digestive, respectivement). Pour cela, des catalogues protéiques de ces 3 organes ont été établis expérimentalement par protéogénomique chez 3 des espèces d'invertébrés (une par genre) et à partir de la littérature pour le poisson. Ces catalogues ont été "extrapolés" à l'ensemble des espèces en nous appuyant sur des données RNAseq acquises spécifiquement pour les populations d'étude afin d'ajuster les séquences peptidiques exactes à rechercher. Pour une dizaine de protéines d'intérêt pour chacun des couples espèces-fonction-organe, entre 5 et 10 peptides rapporteurs par protéine ont été recherchés par spectrométrie de masse ciblée (dMRM). Nous avons constaté un succès de détection de l'ordre de 50% des peptides, ce qui garantit de pouvoir suivre la grande majorité des protéines sélectionnées (>80%). Cette démonstration menée chez 3 taxons, sur des organes de différentes natures, démontre que la stratégie est rapidement applicable chez n'importe quelle espèce sentinelle. L'exemple de l'épinoche a souligné l'intérêt d'acquérir des données protéogénomiques en propre (plutôt que de la littérature) pour faciliter la détection des peptides en dMRM. L'exercice de transfert entre espèces d'un même genre (ici 2 crevettes ou 2 moules) a montré la possibilité de développer des méthodes communes (existence de peptides rapporteurs communs). L'application découlant de l'établissement de ce type de méthodes de dosage multiplexé de biomarqueurs protéiques pourra être illustrée par les résultats récents d'une étude menée chez le gammare à l'échelle nationale sur le réseau de surveillance des agences de l'eau.

A. ESPEYTE*(1),
M. LEPRÊTRE(1),
D. DEGLI ESPOSTI(1),
H. DETANTE(1), K. SUGIER(1),
M. PALOS-LADEIRO(2),
A. GEFFARD(2), B. XUERE(3),
C. BOULANGE-LECOMTE(3),
R. COULAUD(3), S. DEVIN(4),
S. PAIN-DEVIN(4), A. BADO-
NILLES(5), J.M. PORCHER(5),
A. SALVADOR(6),
J. ARMENGAUD(7),
O. PERCEVAL (8),
O. GEFFARD(1),
A. CHAUMOT(1)

(1) INRAE, UR RiverLy, laboratoire d'écotoxicologie, F-69625

Villeurbanne

(2) Université Reims Champagne Ardenne, UFR SEN, UMR-I 02 SEBIO, F-51687 Reims

(3) Le Havre Normandie Université, UMR-I 02 SEBIO, F-76600 Le Havre

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

(5) INERIS, UMR-I 02 SEBIO, F-60550 Verneuil en Halatte.

(6) Université de Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, Institut des Sciences Analytiques, CNRS UMR 5280, F-69100 Villeurbanne

(7) Université Paris-Saclay, CEA, INRAE, DMTS, SPI, F-30200 Bagnols-sur-Cèze

(8) OFB, DRAS F-94300 Vincennes

Contact e-mail :
anabelle.espeyte@inrae.fr

Mots clés

Protéomique - biomarqueurs - espèces - biosurveillance - multiplexe - spectrométrie de masse - protéines - diversité



EFFETS DES PESTICIDES ET DES NITRATES SUR LES ENZYMES SALIVAIRES ET LA CONDITION CORPORELLE D'AMPHIBIENS EN MILIEU NATUREL

La contamination des eaux de surface et des nappes phréatiques induite par les pratiques agricoles peut être atténuée grâce aux Zones Tampons Humides Artificielles (ZTHA) (1). Ces zones sont construites à l'interface entre les sols cultivés et les cours d'eau afin d'intercepter les eaux de drainage et de ruissellement de bassins versants agricoles. Après interception, leurs fonctions épuratrices permettent de séquestrer et dégrader une partie des contaminants agricoles (nitrates, pesticides et métabolites) avant leur entrée dans les eaux courantes et souterraines. Cependant, ces écosystèmes accueillent des populations animales pouvant être impactées par cette pression chimique chronique et diffuse (2). Afin d'en évaluer les impacts potentiels à différentes échelles, l'étude présentée analyse les effets des contaminants sur des populations de Crapaud commun (*Bufo bufo*) et de Grenouille verte (*Pelophylax sp.*) sur la base d'une comparaison temporelle et inter-sites. Le site principal d'étude est celui de la ZTHA de Rampillon (77), situé en amont d'engouffrements d'eaux chargées en pesticides dans la nappe phréatique. Il fait l'objet de suivis temporels des pratiques agricoles et de mesure de flux en continu d'une centaine de pesticides circulant dans la colonne d'eau depuis 2012. Les effets des contaminants sur les amphibiens sont mesurés par deux approches complémentaires. (i) À l'échelle cellulaire, la méthode non-invasive d'écouvillonnage buccal est développée afin d'analyser les variations des activités enzymatiques liées aux différents stress chimiques. Une analyse de détectabilité a permis de sélectionner quatre enzymes pertinentes : la glutathion-S-transférase et la peroxydase qui interviennent dans les processus de détoxification liés aux stress cellulaires, la phosphatase acide qui traduit un effet cytotoxique, et l'acétylcholinestérase qui intervient dans le fonctionnement du système neuromusculaire. (ii) À l'échelle individuelle, des traits morphologiques sont mesurés sur les individus afin d'obtenir des indices de conditions corporelles pouvant témoigner de l'état de santé des populations (3). Les réponses cellulaires et individuelles obtenues sur la ZTHA sont comparées aux réponses mesurées sur d'autres zones humides peu ou non exposées aux pressions agricoles (sites contrôles). Nos premiers résultats indiquent des variations enzymatiques inter-sites. Cela suggère que les activités enzymatiques sont représentatives des pressions chimiques et confirme que les populations d'amphibiens répondent aux stress qui y sont liés. La suite de nos analyses croisera ces résultats avec la condition morphologique des individus (ii). Cette étude apporte des connaissances sur les zones tampons, pour une meilleure gestion des solutions fondées sur la nature en milieu agricole.

Julie TONIAL*(1), Alexandre MICHEL (1), Jérémie D. LEBRUN (1), Alienor JELIAZKOV (1), Julien TOURNEBIZE (1), Soline BETTENCOURT-AMARANTE (2)

(1) INRAE, 1 rue Pierre-Gilles de Gennes, 92160 Antony

(2) Muséum National d'Histoire Naturelle, 57 rue Cuvier, 75005 Paris

Contact e-mail : julie.tonial@inrae.fr

Mots clés

Pesticides, Nitrates, Drainage, Zone tampon humide artificielle, Enzymes, *Bufo bufo*, *Pelophylax 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., Gramaglia, C., Birmant, F., Bouarfa, S., Chaumont, C., & Vincent, B. (2012). Co-design of constructed wetlands to mitigate pesticide pollution in a drained catch-basin: a solution to improve groundwater quality. *Irrigation and Drainage*, 61, 75-86.
- (2) Brühl, C. A., Pieper, S., & Weber, B. (2011). Amphibians at risk? Susceptibility of terrestrial amphibian life stages to pesticides. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 30(11), 2465-2472.
- (3) Orton, F., Baynes, A., Clare, F., Duffus, A. L., Larroze, S., Scholze, M., & Garner, T. W. (2014). Body size, nuptial pad size and hormone levels: potential non-destructive biomarkers of reproductive health in wild toads (*Bufo bufo*). *Ecotoxicology*, 23, 1359-1365.



MODIFICATION DES TRAITS D'HISTOIRE DE VIE DES POPULATIONS DE GAMMARUS FOSSARUM DANS LES COURS D'EAUX DE TETE DE BASSIN VERSANT EXPOSES A LA CONTAMINATION CADMIQUE CHRONIQUE NATURELLE

Auréline LALOUETTE*(1), Davide DEGLI ESPOSTI (1), Clément COLOMB (1), Nicolas DELORME (1), Laura GARNERO (1), Rémi RECOURA-MASSAQUANT (1), Arnaud CHAUMOT (1)

(1) INRAE, UR Riverly, Laboratoire d'écotoxicologie, Villeurbanne F-69625, France

Contact e-mail : aureline.lalouette@inrae.fr

La modification des traits d'histoire de vie, qui déterminent la dynamique d'une population (i.e. reproduction, croissance, survie), peut altérer la manière dont les espèces exploitent leurs niches écologiques et participent au fonctionnement global de l'écosystème. Dans les écosystèmes aquatiques, les traits d'histoire de vie des populations peuvent être influencés par les variations des paramètres abiotiques d'habitats (température, dureté notamment) et/ou par la présence chronique de contaminants. Cette question des effets long terme de la contamination chimique sur les histoires de vie au sein de la variabilité environnementale est alors importante dans le cadre de l'évaluation des risques écologiques. Pourtant en milieu naturel, l'étude des effets liés à l'exposition chronique à un contaminant et/ou à l'influence de paramètres abiotiques de l'environnement est peu documentée. En effet, les rares études abordant ce sujet sont réalisées au laboratoire, avec des organismes modèles, avec des durées d'expérimentation courte en termes de nombre de générations exposées et ne prenant pas en compte les paramètres abiotiques de l'environnement. Ainsi, l'objectif de cette étude est d'étudier au sein de la variabilité environnementale si une exposition long terme au cadmium (Cd) entraîne une modification des traits d'histoire de vie chez l'espèce *Gammarus fossarum*. Pour cela, nous avons étudié un jeu de 14 populations de *G. fossarum* (lignée cryptique B), vivant dans des petits cours d'eau de tête de bassin versant, dispersés depuis le Beaujolais, les Alpes du Nord, la Bourgogne jusqu'aux Vosges, présentant un contraste en terme de contamination cadmique biodisponible du fait de l'existence de fonds géochimiques et de variation de la dureté de l'eau (contraste re-validé lors de biotests de bioaccumulation in situ au cours de l'étude). Bien qu'un soin important ait été porté pour sélectionner des cours d'eau aux caractéristiques hydromorphologiques proches, une caractérisation fine des caractéristiques physiques d'habitat (pente, débit, diversité de substrats, distribution des faciès lotique...) et physico-chimiques (conductivité, pH, température et taux d'oxygène dans l'eau) a été considérée pour décrire cette variabilité des facteurs d'habitat autres que liés à la contamination. Pour chacune des populations sélectionnées, la taille des femelles à la puberté et la taille maximale des mâles a été estimée grâce à des relevés démographiques détaillés de la structure des populations (structure de taille, sexage). En parallèle, la tolérance au Cd a été évaluée sur des organismes ramenés au laboratoire et les niveaux d'expression du gène d'une métallothionéine connue pour répondre fortement à l'exposition au Cd (*GfossMT1*) ont été mesurés par RT-qPCR dans les branchies et les caeca de mâles adultes. Nos résultats montrent que seule la contamination chronique au Cd influence significativement les traits d'histoire de vie chez l'espèce *G. fossarum* en entraînant une diminution de la taille à la puberté et de la taille maximale chez les mâles. D'autre part, une tolérance au Cd et des niveaux plus élevés dans l'expression du gène *GfossMT1* ont été mis en évidence chez les populations exposées confirmant l'exposition chronique au Cd. Ces résultats nous amènent à discuter les mécanismes sous-tendant cette modification des traits d'histoire de vie. Diverses hypothèses peuvent être émises, une modification des traits d'histoire de vie liée à 1- un effet toxique direct du Cd, 2- un coût de la tolérance ou 3- une sélection des histoires de vie des populations exposées à la pression toxique.

Mots clés

Population naturelle, exposition chronique, cadmium, traits d'histoire de vie, *Gammarus fossarum*



LE COPEPODE EURYTEMORA AFFINIS COMME BIOINDICATEUR POUR LA CARACTERISATION DE MATRICES ESTUARIENNES : REPONSES TRANSCRIPTOMIQUES ET COMPORTEMENTALES

En évaluation du risque, le choix d'espèces bioindicatrices pertinentes est essentiel pour évaluer l'état de santé des écosystèmes¹. La large répartition géographique du copépode *Eurytemora affinis*, sa position clef au sein du réseau trophique et sa sensibilité aux contaminants chimiques (e.g. métaux, polluant organiques, matrices environnementales²⁻⁴) en font une espèce bioindicatrice intéressante. Dans ce contexte, nous avons testé les réponses d'*E. affinis* après exposition à des éluviats de sédiments (concentrations environnementales) prélevés en estuaire de Seine, dans le but d'évaluer la sensibilité de cette espèce pour discriminer des sites géographiquement proches présentant des profils de contamination similaire. Pour prendre en compte les impacts potentiels précoces et subtils, une combinaison d'approches sans a priori à la fois sub-individuelle (transcriptomique) et individuelle (comportementale) a été utilisée. L'analyse de l'expression des gènes après 72h d'exposition a mis en évidence un effet de la concentration en éluviats ainsi qu'un nombre plus important de gènes différentiellement exprimés pour le site présentant un profil de contamination plus marqué. L'analyse croisée de ces gènes et de leurs fonctions a révélé des effets sur le métabolisme des xénobiotiques, les systèmes de défense, la voie de signalisation de l'ecdysone et des effets neurotoxiques pouvant être potentiellement reliés aux contaminants présents dans les sédiments (ex. HAPs, PCBs, insecticides). Aucun effet de l'exposition (24 et 72h) sur le comportement (vitesse de nage et thigmotaxie ; Daniovision) n'a été observé au cours de cycles obscurité/lumière (2 min), à l'exception d'effets transitoires sur la vitesse de nage après 72h d'exposition. Néanmoins, des patterns du comportement basal ont pu être mis en évidence pour la vitesse de nage (i.e. vitesse réduite dans les phases de lumière) et la thigmotaxie (i.e. préférence globale pour le bord des puits). En conclusion, l'approche transcriptomique a permis de (i) discriminer les 2 sites et (ii) d'identifier des MoA sur lesquels s'appuyer pour choisir les fonctions physiologiques à investiguer au niveau individuel. Bien que l'exposition aux éluviats dans nos conditions de laboratoire n'aient pas entraîné d'altération du comportement des copépodes, la caractérisation des réponses basales a permis de valider la sensibilité de notre outil et encourage la poursuite du développement de cette mesure comme outil basé sur les effets biologiques pour l'évaluation du risque en estuaire.

C. ARCANJO*, G. TREMOLET, A. DUFLOT, N. GIUSTI-PETRUCCIANI, R. COULAUD, B. XUEREB, J. FORGET-LERAY et C. BOULANGE-LECOMTE

UMR-I02 SEBIO (Stress Environnementaux BIOSurveillance des milieux aquatiques)
Université Le Havre Normandie,
25, rue Philippe Lebon BP1123
76063 Le Havre cedex

Contact e-mail :
caroline.arcanjo@univ-lehavre.fr

Mots clés

Comportement, espèce bioindicatrice, estuaire, *Eurytemora affinis*, matrices environnementales, transcriptomique

Remerciements

Ce projet est financé par la Région Normandie (Projet LITOTES).

Références

1. Parmar, T. K., Rawtani, D. & Agrawal, Y. K. Bioindicators: the natural indicator of environmental pollution. *Front Life Sci* 9, 110–118 (2016).
2. Das, S., Ouddane, B. & Souissi, S. Responses of the copepod *Eurytemora affinis* to trace metal exposure: A candidate for sentinel to marine sediment resuspension effects. *Mar Pollut Bull* 181, 113854 (2022).
3. Zidour, M. et al. Population response of the estuarine copepod *Eurytemora affinis* to its bioaccumulation of trace metals. *Chemosphere* 220, 505–513 (2019).
4. Cailleaud, K. et al. Seasonal variation of hydrophobic organic contaminant concentrations in the water-column of the Seine Estuary and their transfer to a planktonic species *Eurytemora affinis* (Calanoid, copepod). Part 2: Alkylphenol-polyethoxylates. *Chemosphere* 70, 281–287 (2007).



LES SENSIBILITES TOXICOLOGIQUE ET COMPORTEMENTALE DES INVERTEBRES AQUATIQUES SONT-ELLES INDEPENDANTES ?

L'évaluation du risque écologique relatif à l'utilisation de substances chimiques s'appuie classiquement sur la définition de gammes de sensibilité des espèces non-cibles qui permettent a priori de garantir que les niveaux de concentrations rencontrés dans l'environnement ne dépassent pas les concentrations impactant la survie, le développement ou la reproduction des organismes non-cibles. En complément de ces altérations des traits d'histoire de vie, le comportement de fuite induit par l'exposition à des pics de contamination est une réponse reconnue parmi les plus sensibles en écotoxicologie aquatique animale (Alcívar et al., 2021). Cette réponse n'est pourtant que peu mobilisée pour l'évaluation du risque écologique des substances chimiques. Pourtant ces comportements de fuite des organismes non-cibles au sein des écosystèmes exposés peuvent être interrogés quant à une voie possible d'impact écologique. En effet, la fuite d'un site par une espèce peut déstabiliser le réseau trophique local et perturber les flux d'énergie au sein de ce réseau (Araújo et al., 2020). Aussi, la mise en évidence d'une décorrélation entre sensibilité toxicologique et sensibilité comportementale (répulsion) pourrait remettre en cause les seuils de qualité définis pour protéger l'ensemble des fonctions écologiques.

Dans cette étude expérimentale, nous avons mesuré et comparé ces deux types de sensibilités face au cuivre pour 8 espèces de macroinvertébrés aquatiques d'eau douce et 16 espèces marines, à travers le calcul de CL50 (mortalité à 96h) et de CE50 (Concentration effective à laquelle un changement d'activité locomotrice à un pic d'exposition est observé pour la moitié des individus). La mesure individuelle du changement de l'activité motrice a été rendue possible par l'utilisation du ToxMate, un dispositif de suivi vidéo d'invertébrés aquatiques développé pour la surveillance en continu et en temps réel des charges en micropolluants. Nous avons ainsi mis en évidence un changement dans le classement des sensibilités des espèces : certaines espèces classées comme « sensibles » en termes de mortalité modifient en effet peu leur comportement en présence de cuivre, quand des espèces « résistantes » augmentent leur activité à de faibles concentrations métalliques. Nos résultats montrent le besoin de réinterroger la notion de sensibilité au regard de cette dimension comportementale aujourd'hui négligée dans les démarches d'évaluation du danger.

Julien MOCQ*(1), Michael DEMORTIER (1), Flavie BRUN (1), George RUCK (1), Hervé QUEAU (1), Romain COULAUD (2), Olivier GEFFARD (1), Arnaud CHAUMOT (1)

(1) INRAE, 5 Rue de la Doua, 69625, Villeurbanne

(2) Université Le Havre Normandie, 25 Rue Philippe Lebon, 76600 Le Havre

Contact e-mail : julien.mocq@inrae.fr

Mots clés

Invertébrés aquatiques Réponse comportementale Mortalité Fuite Videotracking

Remerciements

Les auteurs de la présentation remercient la Région Auvergne-Rhône-Alpes, L'Université Le Havre Normandie, la Cellule de Suivi du Littoral Normand et le SMEL.

Références

- Alcívar, M. A., Sendra, M., Silva, D. C. V. R., González-Ortegón, E., Blasco, J., Moreno-Garrido, I., & Araújo, C. V. M. 2021. Could Contamination Avoidance Be an Endpoint That Protects the Environment? An Overview on How Species Respond to Copper, Glyphosate, and Silver Nanoparticles. *Toxics*, 9(11), 301.
- Araújo, C. V. M., Laissaoui, A., Silva, D. C. V. R., Ramos-Rodríguez, E., González-Ortegón, E., Espíndola, E. L. G., Baldó, F., Mena, F., Parra, G., Blasco, J., López-Doval, J., Sendra, M., Banni, M., Islam, M. A., & Moreno-Garrido, I. (2020). Not Only Toxic but Repellent: What Can Organisms' Responses Tell Us about Contamination and What Are the Ecological Consequences When They Flee from an Environment? *Toxics*, 8(4), 118.



L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE : AIDE A LA DECISION DANS LA SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE DU FUTUR ?

A l'heure actuelle, les mélanges de polluants dans l'environnement, et notamment dans les milieux aquatiques, sont de plus en plus importants. Le monitoring environnemental s'avère parfois compliqué devant la multitude de cocktails présents. Notre démarche consiste à développer en parallèle des outils pour l'enseignement et pour la recherche dans l'optique de comprendre les effets cocktails sur les organismes aquatiques endémiques. Nous travaillons sous forme de brique répétable en collaboration entre la biologie et l'informatique en utilisant la planaire comme organisme modèle. Ce petit invertébré d'eau douce, considéré comme un bioindicateur, possède un système nerveux central et périphérique simplifié par rapport à celui des vertébrés supérieurs mais avec de nombreux composants communs tel que, par exemple, les neurotransmetteurs. Nous évaluons les réponses comportementales des planaires aux différents neurotransmetteurs pour créer un catalogue de réponse en utilisant des vidéos et des photos pour obtenir des données brutes que nous étiquetons manuellement dans un premier temps. Ensuite, les données sont structurées et stockées dans une base de données créée par les informaticiens. Le modèle d'intelligence artificielle (IA) est développé puis, pour une facilité d'utilisation, nous développons en parallèle une application web et une application mobile utilisable par l'équipe de recherche et par les étudiants en TP. Les réponses comportementales des planaires ainsi caractérisées grâce aux données étiquetées vont permettre de mieux comprendre les effets de n'importe quelle molécule ou cocktails de molécules. Ces briques étant répétables, elles peuvent être développées pour n'importe quelles autres applications de biologie. Nous avons d'ailleurs débuté le développement de ce même processus pour analyser la régénération des planaires. L'intelligence artificielle nous permet donc, une fois ce catalogue créé, de pouvoir analyser l'effet de n'importe quelle molécule ou cocktail de molécules sur le comportement des planaires pour en évaluer l'impact.

Mots clés

Planaires, ecotoxicologie, biomonitoring

Remerciements

Remerciement à L'INU Champollion qui a financé le projet pour l'élaboration d'enseignement 2.0 adossé à la recherche et à la région Occitanie qui finance la thèse de Lucia Rejo

Caroline VIGNET (1), Lucia REJO (1),
Marie Ksen (1), Jean Michel
MALGOUYRES (1), Thomas VERRIER (1),
Martin MOUYSSET (1), Gael BURGES
(1), Bastien SCHMITT (1), Thierry
MONTAUT(1)

(1) INU Champollion + Place de Verdun
81000 Albi

Contact e-mail : caroline.vignet@univ--
jfc.fr



INTÉGRATION DE DONNÉES EN ÉCOTOXICOLOGIE : EXEMPLES APPLIQUÉS

L'intégration des données en écotoxicologie, ou plus largement, en évaluation du risque environnemental, est un challenge pour lequel il n'existe, à l'heure actuelle, pas de consensus universel. Le développement de méthodes d'intégration « les plus quantitatives possible » est cependant encouragé (Santos et al., 2021; Burton et al., 2002). Parmi les méthodes d'agrégation de données basés sur le calcul d'indices intégrateurs, le modèle proposé initialement par Piva et al. (2011) pour l'évaluation de la toxicité de sédiments naturels, modifié par Barjhoux et al. (2018), présente plusieurs avantages. Basée sur l'approche par élément de preuve (Weight-of-Evidence), la méthode permet d'intégrer des données pluridisciplinaires au sein de Lines of Evidence (LOE) représentant chacune un aspect spécifique de l'évaluation du risque environnemental : présence dans l'environnement (contamination du milieu), transfert au vivant (bioaccumulation/biodisponibilité), réponses biologiques in situ (biomarqueurs) et effets spécifiques (bioessais en laboratoire). Issus d'une démarche calculatoire similaire, les indices de plusieurs LOEs, chacun associé à une classe de risque, peuvent être compilés dans un indice final permettant d'établir le niveau de risque global intégrant les différents aspects investigués. Après une présentation rapide de cette approche, nous illustrerons la plasticité de la méthode au travers de plusieurs exemples d'applications sur l'intégration de données biologiques, utilisant une ou plusieurs LOEs selon le contexte, tels que l'évaluation de la qualité du milieu, les impacts d'actions de remédiation et d'aménagements en estuaire, ou encore l'évaluation de la toxicité et l'interclassement de substances chimiques. Ces exemples permettront de mettre en avant les points forts de l'approche et des modifications proposées (ex. normalisation des paramètres à un référentiel externe, pondération différentielle des paramètres, fonction correctrice etc.) mais également des points de vigilance et/ou d'améliorations. Nous terminerons par quelques perspectives de développement notamment sur un volet sanitaire et dans un contexte d'approche EDA (Effect Directed Analysis).

Iris BARJHOUX*(1), Sandrine BOUQUILLON (2), Claudia COSIO (1), Alain GEFFARD (1), Emilie LANCE (1), Catherine MOUNEYRAC (4), Mélissa PALOS-LADEIRO (1), Benoit XUEREB (3)

(1) UMR-I 02 INERIS-URCA-ULHN SEBIO, Univ. Reims Champagne Ardenne, BP 1039, 51687 Reims Cedex 2

(2) UMR CNRS 7312 ICMR, Univ. Reims Champagne Ardenne, BP 1039, Boîte 44, 51687 Reims Cedex 2

(3) UMR-I 02 INERIS-URCA-ULHN SEBIO, UNIHAVRE, FR CNRS 3730 Scale, 76063 Le Havre Cedex, France

(4) BiOSSE, Univ. Catholique de L'Ouest, 3 Place André Leroy, BP 10808, 49008 Angers Cedex 01, France
Contact e-mail : iris.barjhoux@univ-reims.fr

Mots clés

Biosurveillance, évaluation du risque, indices biologiques, intégration de données

Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble des collaborateurs et des financeurs des différents projets de recherche dans lesquels se sont inscrits ces travaux : le programme PIREN-Seine Phase 6 (2011-2015), le projet AERM EQUAL (2017-2020), le projet Excellence AMISOLVER (2014-2017), le projet Yves Rocher (2021-2022), le projet GIP-SA ECOTONES (2014-2018), le programme PNETOX (1998-2002), le projet ANR MC-TOX (2023-2026).

Références

- Barjhoux I., Fechner L.C., Lebrun J.D., Anzil A., Ayrault S., Budzinski H., Cachot J., Charron L., Chaumot A., Clérandeau C., Dedourge-Geffard O., Faburé J., François A., Geffard O., George I., Labadie P., Lévi Y., Munoz G., Noury P., Oziol L., Quéau H., Servais P., Uher E., Urien N. et Geffard A. 2018. Application of a multidisciplinary and integrative weight-of-evidence approach to a 1-year monitoring survey of the Seine River. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 25, 23404–23429. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6993-6>
- Burton G.A., Chapman P.M. et Smith E.P. 2002. Weight-of-Evidence Approaches for Assessing Ecosystem Impairment. *Hum. Ecol. Risk Assess.* An Int. J. 8, 1657–1673. <https://doi.org/10.1080/20028091057547>
- Piva F., Ciaprini F., Onorati F., Benedetti M., Fattorini D., Ausili A. et Regoli F. 2011. Assessing sediment hazard through a weight of evidence approach with bioindicator organisms: A practical model to elaborate data from sediment chemistry, bioavailability, biomarkers and ecotoxicological bioassays. *Chemosphere* 83, 475–485. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.12.064>
- Santos J.I., Vidal T., Gonçalves F.J.M. Castro B.B. et Pereira J.L. 2021. Challenges to water quality assessment in Europe – Is there scope for improvement of the current Water Framework Directive bioassessment scheme in rivers? *Ecol. Indic.* 121. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107030>



COMMENT LES OUTILS D'ÉCOTOXICOLOGIE PEUVENT NOUS PERMETTRE DE MIEUX COMPRENDRE LA RELATION ENTRE POLLUANTS ET STRUCTURE DES COMMUNAUTÉS

Alors que la plupart des pressions d'origine anthropique affectant les écosystèmes aquatiques sont qualitativement connues, la représentation quantitative de l'exposition chimique des communautés aquatiques et des impacts écologiques subséquents est encore difficile à évaluer. Ceci limite notre compréhension des conséquences sur le fonctionnement des systèmes aquatiques ainsi que la mise en place de plans de gestion efficaces. Dans ce contexte, l'objectif de cette étude est de proposer des indicateurs multi-contaminants (métalliques et composés organiques persistants) permettant de caractériser et d'évaluer la pression chimique dans les écosystèmes d'eau douce. Nous avons ainsi pu proposer pour la première fois une cartographie à l'échelle nationale de la contamination chimique biodisponible couvrant 218 cours d'eau. A une échelle spatiale locale (i.e., une région), nous avons également évalué la capacité de ces indicateurs à mettre en évidence les relations entre la pression chimique, ainsi caractérisée, et la diversité/structure des communautés de macroinvertébrés. L'analyse de patrons de diversité taxonomique et fonctionnelle (par une approche basée sur les traits bio-écologiques) le long d'un gradient de contamination métallique a montré une diminution de la diversité taxonomique couplée à l'augmentation de la contamination métallique sans changement significatif de la diversité fonctionnelle. Son maintien s'explique par un remplacement des taxons les plus contributifs aux groupes fonctionnels identifiés entre les sites non contaminés et contaminés.

Mots clés

Macroinvertébrés benthiques, diversité taxonomique, diversité fonctionnelle, redondance fonctionnelle, micropolluants métalliques, micropolluants organiques, bioindication.

Références

- Alric B., Geffard O., Chandesris A., Ferréol M., François A., Perceval O., Piffady J., Villeneuve B., Chaumot A. (2019). Multisubstance indicators based on caged Gammarus bioaccumulation reveal the influence of chemical contamination on stream macroinvertebrate abundances across France. *Environmental Science and Technology*, 53, 5906-5915.
- Alric B., O. Geffard, A. Chaumot. (2022). Metal bioavailable contamination engages richness decline, species turnover but unchanged functional diversity of stream macroinvertebrates at the scale of a French region. *Environmental Pollution*, 308, 119565

Benjamin ALRIC (1), Olivier GEFARD (2), André CHANDESRI (2), Martial FERRÉOL (2), Adeline FRANÇOIS (3), Olivier PERCEVAL (4), Jeremy PIFFADY (2), Bertrand VILLENEUVE (5), Arnaud CHAUMOT (2)

(1) CARTEL, INRAE, Université Savoie Mont Blanc

(2) RiverLy, INRAE

(3) LESSEM, INRAE

(4) Office Français de la Biodiversité

(5) EABX, INRAE

Contact e-mail :

benjamin.alric@inrae.fr



ETUDE DES LIENS ENTRE MICROPOLLUANTS ET SYNDROMES DE TRAITS FONCTIONNELS POUR TROIS COMPARTIMENTS BIOLOGIQUES (POISSONS, DIATOMÉES ET MACROINVERTEBRES) : COMMENT IDENTIFIER DE POTENTIELLES NOUVELLES ESPÈCES SENTINELLES

Un syndrome de traits est une combinaison de traits bioécologiques qui peuvent être observés de manière concomitante dans des assemblages biologiques lorsqu'une pression sélective, par exemple liée à l'exposition à des contaminants, s'exerce sur ces mêmes assemblages. Dans le cadre de cette étude nous avons cherché à identifier des syndromes de traits sélectionnés par des pressions toxiques reliées à des groupes de micropolluants, présentant par exemple un même mode d'action, pour trois compartiments biologiques observés dans les cours d'eau de France métropolitaine : les poissons, les diatomées benthiques et les macroinvertébrés benthiques. Nous avons ensuite mis en évidence de potentielles nouvelles espèces sentinelles, dont les traits correspondent aux syndromes préalablement identifiés.

Pour cela, nous avons analysé des données regroupant les résultats des suivis biologiques et physico-chimiques de 2 007 couples « station x année ». Ces données sont issues du suivi réglementaire des petits et moyens cours d'eau de France métropolitaine. Les résultats de nos analyses nous ont permis d'identifier entre cinq et huit syndromes de traits présentant des relations soit positives soit négatives avec des gradients croissants de toxicité pour différents groupes de micropolluants et modes d'action. Nos analyses nous ont aussi permis d'identifier à partir des syndromes de traits plusieurs traits d'intérêts et plusieurs espèces sentinelles pertinentes, dont les réponses aux différents groupes de micropolluants pourraient présenter un intérêt majeur dans l'évaluation des effets des micropolluants sur les assemblages biologiques. Dans l'ensemble, les syndromes de traits pourraient représenter un nouvel outil de bioévaluation intégratif, basé sur la diversité des réponses des traits fonctionnels à des gradients croissants de cocktails toxiques de micropolluants.

Mots clés

Modes d'action, pesticides, traits fonctionnels, bioindication, unités toxiques, toxicité, cours d'eau, compartiments biologiques

Références

Meyer A.*, Alric B.*, Dézerald O., Billoir E., Coulaud R., Larras F., Mondy C.P., & Usseglio-Polatera P. (2022). Linking micropollutants to trait syndromes across freshwater diatom, macroinvertebrate and fish assemblages. *Water*, 14, 1184. * co-premiers auteurs.

Albin MEYER *(1), Benjamin ALRIC (2), Olivier DEZERARD (3), Elise BILLOIR (4), Romain COULAUD (5), Floriane LARRAS (6), Cédric MONDY (7), Philippe USSEGLIO-POLATERA (4)

(1) EABX, INRAE

(2) CARRETEL, INRAE, Université de Savoie Mont Blanc

(3) DECOD, INRAE, Institut Agro, IFREMER

(4) Université de Lorraine, CNRS, LIEC

(5) Université Le Havre Normandie, UMR-I 02, SEBIO

(6) KREATiS

(7) Office Français de la Biodiversité

Contact e-mail : albin.meyer@inrae.fr



RÉHABILITATION D'UNE FRICHE INDUSTRIELLE PAR PHYTOREMEDIATION EN VUE D'UN PROJET DE RÉAMÉNAGEMENT

La majorité des pollutions des sols est concentrée sur des friches industrielles qui peuvent présenter différents types de contamination. Dans le cadre de la réhabilitation d'une friche localisée dans la vallée de l'Orne (communes de Rombas et Amnéville, 57), la phytoremédiation a été retenue comme technique de dépollution. Elle consiste à utiliser des plantes et des micro-organismes pour traiter les contaminants du sol. Dans le contexte environnemental du site, *Miscanthus x giganteus* (MxG) a été choisi pour sa capacité à dissiper de manière significative les HAP totaux d'un sol pollué, mais également sa densité racinaire conséquente qui ne limite pas le captage des polluants et assure une production d'exsudats racinaires importante pour faciliter l'action des bactéries impliquées dans les processus de dégradation et stabilisation. Le sol étant aussi contaminé par des métaux, majoritairement par du plomb, un second végétal (*Pelargonium x hortorum*) a été retenu en association avec MxG dans le but de diminuer la concentration en métaux dans le sol par phytoextraction, de faciliter l'implantation de MxG et la production de biomasse. Une expérimentation a été conduite en mésocosme durant 6 mois, sous conditions contrôlées, durant laquelle des suivis physiologiques ont été réalisés sur les végétaux. À la fin de l'expérimentation, la concentration en métaux a été dosée dans le sol montrant une diminution de la concentration en plomb. Concernant les végétaux, les dosages ont permis d'observer que la concentration en plomb était plus importante chez *Pelargonium* ce qui montre sa meilleure capacité à extraire les métaux du sol. La réduction de la toxicité du sol par réduction des pollutions métalliques devrait faciliter l'implantation de *Miscanthus*. De plus, les résultats ont confirmé que, pour MxG, le plomb se situait principalement dans les parties racinaires et le rhizome, ce qui confirme aussi le potentiel de valorisation de sa biomasse aérienne. Cependant, lorsque les végétaux sont confrontés à un stress, certaines molécules liées au processus de défense peuvent être synthétisées. C'est par exemple le cas de l'acide jasmonique ou l'acide salicylique qui ont un rôle majeur dans les mécanismes de défense chez les végétaux. De plus, ces contaminants peuvent aussi affecter certaines phytohormones comme les auxines. Ces molécules de défense et hormones liées au stress ont également été dosées pour mieux comprendre l'incidence des polluants sur les mécanismes de défense des plantes.

Sarah BERNIS ⁽¹⁾, Philippe LAVAL-GILLY ⁽²⁾, Antoine BONNEFOY ⁽³⁾, Lucas CHARROIS ⁽⁴⁾, Jairo FALLA-ANGEL ⁽⁴⁾

(1) Laboratoire Sols et Environnement (LSE) Laboratoire Sols et Environnement UMR 1120 Université de Lorraine/INRAE, F-54500 Vandoeuvre-les-Nancy

(2) Laboratoire Sols et Environnement Université de Lorraine, Université de Lorraine

(3) IUT de Thionville Yutz Université de Lorraine

(4) Laboratoire Sols et Environnement Laboratoire Sols et Environnement UMR 1120 Université de Lorraine/INRAE, F-54500 Vandoeuvre-les-Nancy

Contact e-mail : sarah.bernis@univ-lorraine.fr

Mots clés

Phytoremédiation, technosol, friche industrielle, *Miscanthus x giganteus*, *Pelargonium hortorum*, Phytohormones

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier "Portes de l'Orne" pour leur soutien financier.

Références

- Laval-Gilly, Philippe, Sonia Henry, Mélanie Mazziotti, Antoine Bonnefoy, Alain Comel, et Jairo Falla. « *Miscanthus x Giganteus* Composition in Metals and Potassium After Culture on Polluted Soil and Its Use as Biofuel ». *BioEnergy Research* 10, no 3 (septembre 2017): 846-52. <https://doi.org/10.1007/s12155-017-9846-3>.
- Wechtler, Laura, Philippe Laval-Gilly, Olivier Bianconi, Louise Walderdorff, Antoine Bonnefoy, Jairo Falla-Angel, et Sonia Henry. « Trace Metal Uptake by Native Plants Growing on a Brownfield in France: Zinc Accumulation by *Tussilago Farfara* L. » *Environmental Science and Pollution Research* 26, no 35 (décembre 2019): 36055-62. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06892-3>



PRÉSENTATION ET APPLICATION D'UN NOUVEAU TEST IN VITRO UTILISANT LES RÉCEPTEURS NUCLÉAIRES AUX ESTROGÈNES DE DICENTRARCHUS LABRAX POUR DÉTECTER DES PERTURBATEURS ENDOCRINIENS À ACTIVITÉ ESTROGÉNIQUE

Les perturbateurs endocriniens à activité estrogénique (EEDC) altèrent certaines fonctions physiologiques et peuvent induire des effets transgénérationnels et/ou (sous)populationnels. Leurs actions sont généralement initiées par une liaison aux récepteurs aux estrogènes (ER), les activant ou les bloquant. Leurs effets néfastes sur la biodiversité et la santé humaine sont rapportés dans de nombreuses publications scientifiques (Trasande et al., 2015 ; Silva et al., 2018).

Une des difficultés majeures dans la gestion du risque écotoxicologique face aux EEDC est l'appréhension de leur grande diversité. Les EEDC regroupent des composés très variés (pesticides, métaux, phtalates, médicaments, ...), et, par conséquent, leurs sources sont nombreuses et diverses (agriculture, zones urbaines, hôpitaux, ports, ...) complexifiant ainsi l'évaluation de la qualité des masses d'eau. Les méthodes couramment utilisées pour les identifier dans l'environnement présentent des limites importantes. Les analyses chimiques sont non-intégratives et non-informatives des effets biologiques. Les bioessais in vitro normés n'intègrent, quant à eux, généralement qu'un seul ER qui plus est humain (hER α), rendant la détection des EEDC potentiellement incomplète et l'évaluation des substances non-pertinente pour déterminer un risque écotoxicologique pour l'environnement aquatique.

Dans ce contexte et en accord avec l'appel de la Commission Européenne à proposer de nouvelles stratégies/méthodes pour mieux détecter et caractériser les perturbateurs endocriniens (Grignard et al., 2022), un essai in vitro de détection des EEDC a été mis au point dans le cadre du projet Interreg France (Manche) Angleterre RedPol. Ce test (DES, Dicentrarchus Estrogen Screening), est aujourd'hui opérationnel et inclut les trois isoformes nucléaires de ER présents chez *Dicentrarchus labrax* (ESR1, ESR2a et ESR2b). Il pourrait permettre une recherche et une étude des modes d'action des EEDC plus sensibles mais aussi une meilleure définition du risque environnemental pour le milieu aquatique.

Le test DES est basé sur l'expression du gène rapporteur luc (luciférase) dépendante d'une liaison entre ER et son ligand. L'activité enzymatique de la luciférase produit de la lumière dont l'intensité mesurée après exposition est proportionnelle à la liaison entre la substance étudiée (ou un mélange complexe) et le récepteur.

Dans le cadre du développement du test DES, nous avons travaillé sur différents composés seuls ou en mélange afin de définir son mode d'action et démontrer ses capacités à détecter des EEDC dans différentes matrices. Cette présentation permettra d'exposer son fonctionnement, des exemples d'application mais aussi ses perspectives d'utilisation.

Mots clés

Perturbateurs endocriniens ; OEstrogènes ; Bar européen ; Gène rapporteur ; Modes d'action

Remerciements

Travail financé par le Fonds européen de développement régional via le programme Interreg France (Manche) Angleterre.

Références

- Grignard E, de Jesus K et Hubert P, 2022. *Front Toxicol*, 3, 69. doi: 10.3389/FTOX.2021.821736
- Silva A, Oliveira C D, Quirino A M, Silva F, Saraiva R et Silva-Cavalcanti J, 2018. *Aq Sci Tech*, 6, 35. doi: 10.5296/ast.v6i1.12565
- Trasande L, Zoeller R T, Hass U, Kortenkamp A, Grandjean P, Myers J P, DiGangi J, Bellanger M, Hauser R, Legler J, Skakkebaek N E et Heindel J J, 2015. *J Clin Endocrinol Metab*, 100(4), 1245–1255. doi: 10.1210/jc.2014-4324

Sylvain SLABY *(1), Aurélie DUFLOT (1), Géraldine MAILLET (2), Cinta ZAPATER (3), Elsa VRIGNAUD (1), Ana GOMEZ (3), Patricia I.S. PINTO (4) Nicolas HUCHER (5), Jérôme COUTEAU (2), Tiphaine MONSINJON (1)

(1) Normandie Univ, UNILEHAVRE, FR CNRS 3730 SCALE, UMR-I 02 Stress Environnementaux et BIo surveillance des milieux aquatiques (SEBIO), Le Havre, France

(2) TOXEM, Montivilliers, France

(3) Institute of Aquaculture Torre de la Sal (IATS-CSIC), Castellon, Spain

(4) Laboratory of Comparative Endocrinology and Integrative Biology, Centre of Marine Sciences (CCMAR), Faro, Portugal

(5) Normandy University, UNILEHAVRE, FR 3038 CNRS, URCOM, 76600 Le Havre, France

Contact e-mail : sylvain.slaby@univ-lehavre.fr



MODELISATION DE LA BIOACCUMULATION DE DEUX FONGICIDES AZOLES ET DE LEURS EFFETS SUR L'AXE GONADOTROPE CHEZ LE POISSON ZEBRE

Chez les vertébrés, l'axe gonadotrope (i.e. axe HPG) est défini par le dialogue entre l'hypothalamus, l'hypophyse, et les gonades. Son dysfonctionnement induit par les perturbateurs endocriniens (PE) est bien connu et un des mécanismes étudiés est l'inhibition de l'aromatase A au niveau des gonades. Ceci induit une altération de la balance des hormones stéroïdiennes, et in fine une altération de la reproduction. Ces effets néfastes ont été notamment observés avec les fongicides azolés, tel que le prochloraze (PCZ), et l'imazalil (IMZ) chez plusieurs espèces de poisson (Ankley et al. 2009 ; De Oliveira et al. 2020). Par conséquent, afin de comprendre les mécanismes d'action des PEs (e.g. évènement moléculaire initiateur), la prédiction de la bioaccumulation d'un PE dans les différents organes cibles est essentielle. Les modèles toxicocinétiques à fondement physiologique (PBTK) sont des outils utiles permettant de prédire facilement la bioaccumulation d'une substance dans un organisme et d'intégrer une approche mécaniste. Ainsi, ce travail a consisté à élucider les profils cinétiques du PCZ et de l'IMZ chez le poisson afin de comprendre leur bioaccumulation et traduire leurs effets toxiques sur l'axe HPG.

Pour cela, un modèle PBTK appliqué aux fongicides azolés chez le poisson a été développé sur la base d'un modèle générique (Grech et al. 2019). Ce dernier est capable de décrire le profil cinétique du PCZ et de l'IMZ et de prédire leurs concentrations internes dans plusieurs organes. 85% des données disponibles pour la paramétrisation du modèle ont été prédits dans un rapport de deux pour le PCZ et 93% pour l'IMZ. A la suite de cela, le modèle de l'axe HPG a été intégré avec succès dans le modèle PBPK et a permis de simuler la cinétique physiologique des hormones stéroïdes, des hormones lutéinisantes et de la vitellogénine. Finalement, ce modèle permettra d'étudier l'effet toxique de ces deux fongicides azolés sur l'axe HPG chez le poisson, tel que l'équilibre des hormones stéroïdes.

Mots clés

PBTK, PBTK-TD, Poisson Zèbre, Perturbateur Endocrinien, Fongicides Azolés

Remerciements

Les auteurs remercient l'ANSES [AIDEZ projet n°EST-2016/1/189, GinFiz projet n°2020/01/133] et le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire [Programme 190 Ecotoxicologie].

References

Ankley GT. Bencic DC. Cavallin JE. Jensen KM. Kahl MD. Makynen EA. Martinovic D. Mueller ND. Wehmas LC. et Villeneuve DL. Dynamic Nature of Alterations in the Endocrine System of Fathead Minnows Exposed to the Fungicide Prochloraz. *Toxicological Sciences*. 2009;112(2):344-53.

De Oliveira J. Chadili E. Piccini B. Turies C. Maillot-Marechal E. Palluel O. Pardon P. Budzinski H. Cousin X. Brion F. et Hinfray N. Refinement of an oecd test guideline for evaluating the effects of endocrine disrupting chemicals on aromatase gene expression and reproduction using novel transgenic cyp19a1a-egfp zebrafish. *Aquatic Toxicology*. 2020;220.

Grech A. Tebby C. Brochot C. Bois FY. et Beaudouin R. Generic physiologically-based toxicokinetic modelling for fish: Integration of environmental factors and species variability. *Science of the Total Environment*. 2019;651:516-31.

Tu-Ky LY*(1), Julie DE OLIVEIRA(1, 2), Karyn LE MENACH(3), Edith CHADILI(1), Hélène BUDZINSKI(3), Nathalie HINFRAY(1), Rémy BEAUDOUIN(1)

(1) Ineris, Rue Jacques Taffanel, 60550 Verneuil-en-Halatte, France

(2) Ecomundo, 195 Rue Jean Jacques Rousseau, 92130 Issy-les-Moulineaux

(3) Univ Bordeaux, CNRS, UMR805 EPOC LPTC, 351 Cours Liberat, F-33400 Talence, France

Contact e-mail :

tu-ky.ly@ineris.fr



ÉVALUATION DU TRANSFERT ET DE LA TOXICITE DES MICROPLASTIQUES CHEZ LES LARVES DE *CHIRONOMUS RIPARIUS*.

Avec près de 10 milliards de tonnes de plastique produit à ce jour, les fragments s'accumulent dangereusement dans les écosystèmes (Geyer et al., 2017). Moins visibles que les gros débris, les microplastiques (MP, <1 mm) sont néanmoins plus préoccupants dans la mesure où leur petite taille facilite leur transfert dans les organismes. Dans les écosystèmes aquatiques et bien que les sédiments soient principalement concernés par les dépôts de MP, la plupart des études ont été conduites sur des organismes invertébrés filtreurs ou des vertébrés (Wang et al., 2019). L'objectif de notre étude est donc d'évaluer le transfert et la toxicité des micro et nano plastiques vis-à-vis des larves de *Chironomus riparius*, macroinvertébrés les plus abondants dans les écosystèmes benthiques d'eau douce. D'un point de vue opérationnel, des larves de stade 2 (5 jours post-éclosion) ont été exposées à des sédiments artificiels contaminés par des nano- et microparticules de polystyrène (PS) de tailles variables à une concentration environnementalement réaliste (0,01%, m/m). Différentes réponses seront suivies au cours d'un mois d'exposition. A l'échelle individuelle, il s'agira de la mortalité, de la croissance, des déviations phénotypiques des pièces buccales des larves et de l'émergence des adultes. A l'échelle tissulaire, la bioaccumulation des particules sera estimée par deux approches : via des dosages ICP-MS pour les nano-PS (0,1 µm et marquées à l'Eu) et via des observations microscopiques pour les micro-PS (1, 10, 20, 40 et 80 µm colorées en rouge). Enfin, à l'échelle moléculaire, des analyses de l'expression d'une quinzaine de gènes biomarqueurs seront également conduites. Notre principale hypothèse est une accentuation des effets observés avec la diminution de la taille des particules. En effet, des travaux préliminaires n'ont pas mis en évidence d'effet sur la survie et la croissance de larves de *C. riparius* exposées à des microbilles de PS de 80 µm (Perrier et al., 2022). Néanmoins, des données de la littérature montrent que de telles tailles de particules peuvent engendrer des déformations au niveau des pièces buccales (Stankovic and al, 2020). Ce sont généralement les tailles plus faibles (< 35 µm) qui ont pu provoquer des inhibitions de croissance (Mouchet and al, 2022) ainsi que des modifications de l'expression génique chez *C. riparius*. (Kalman and al, 2023). De plus, la bioaccumulation du PS dans les tissus des organismes vivants n'a été décelée que pour des particules de petites tailles, < 10 µm (Hwang and al, 2020). Nos résultats devraient ainsi permettre de mieux identifier les effets des nano- et microplastiques vis-à-vis des invertébrés benthiques et contribuer à une meilleure compréhension des risques associés à la contamination des écosystèmes aquatiques par ces particules.

Elsa SCHMIDT(1),
Cloé ROUX (1),
Rebecca BEAUVAIS (2),
Benoît J.D. FERRARI (2),
Frédéric GIMBERT*(1)

(1) Chrono-environnement
UMR6249, CNRS Université de
Franche-Comté, F-25000,
Besançon, France

(2) Centre Suisse
d'écotoxicologie appliquée,
EPFL-ENAC-II-E-GE, Station 2, CH-
1015 Lausanne

Contact e-mail :
frederic.gimbert@univ-fcomte.fr

Mots clés

Polystyrène, Microplastiques, Nanoplastiques, chironomes, croissance, émergence, gènes.

Remerciements

Les auteurs remercient la plateforme PEA²t (Chrono-environnement, UBFC) qui gère et maintient les équipements analytiques utilisés dans cette étude.

Références

- PERRIER, Manon, SCHMIDT, Elsa, GIMBERT, Frédéric et al. Evaluation des effets combinés des microplastiques et du mercure sur les larves de *Chironomus riparius*, SEFA, 2022
- HWANG, Jangsun, CHOI, Daheui, HAN, Seora, et al. Potential toxicity of polystyrene microplastic particles. *Scientific reports*, 2020, vol. 10, no 1, p. 1-12.
- GEYER, Roland, JAMBECK, Jenna R., et LAW, Kara Lavender. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science advances*, 2017, vol. 3, no 7, p. e1700782.
- KALMAN, Judit, MUÑOZ-GONZÁLEZ, Ana-Belén, GARCÍA, María-Ángeles, et al. *Chironomus riparius* molecular response to polystyrene primary microplastics. *Science of The Total Environment*, 2023, p. 161540.
- MOUCHET, Florence, ROWENCZYK, Laura, MINET, Antoine, et al. Ecotoxicity of Heteroaggregates of Polystyrene Nanospheres in Chironomidae and Amphibian. *Nanomaterials*, 2022, vol. 12, no 15, p. 2730.
- STANKOVIĆ, Jelena, MILOŠEVIĆ, Djuradj, SAVIĆ-ZDRAKOVIĆ, Dimitrija, et al. Exposure to a microplastic mixture is altering the life traits and is causing deformities in the non-biting midge *Chironomus riparius* Meigen (1804). *Environmental Pollution*, 2020, vol. 262, p. 114248.
- WANG, Wenfeng, GAO, Hui, JIN, Shuaichen, et al. The ecotoxicological effects of microplastics on aquatic food web, from primary producer to human: A review. *Ecotoxicology and environmental safety*, 2019, vol. 173, p. 110-117.



EFFETS SUB-LETHAUX DU TRITIUM SOUS FORME ORGANIQUE CHEZ LES EMBRYONS ET LARVES DE POISSON ZEBRE

Les populations naturelles d'organismes aquatiques sont exposées à des radionucléides émetteurs de différents types de rayonnements (α , β , γ) [1]. Ces expositions peuvent mener à l'apparition d'effets délétères qui dépendent de plusieurs facteurs tels que le type de rayonnement, la dose absorbée, le temps d'exposition et la répartition subcellulaire du radionucléide dans l'organisme. Deux études ont entre autres mis en avant que l'exposition du poisson zèbre au tritium libre pendant son développement entraîne une modification de l'expression de certains gènes et une augmentation du taux de dommages à l'ADN menant à des altérations musculaires et à une modification du comportement natatoire des larves [2,3].

Cette étude se concentre sur le tritium sous forme organique, plus spécifiquement la thymidine tritiée. Des expériences préliminaires ont permis de mettre en place des expositions à ce polluant, réalisées dans le but d'étudier différents effets sub-léthaux. Des embryons de poisson zèbre ont été exposés à trois différentes activités de thymidine tritiée (7,5; 40 et 110 kBq/mL) pendant 4 jours et différents effets ont été étudiés sur les individus exposés. Le développement a été étudié par le biais d'un suivi de la cinétique d'éclosion, mais également par le biais de la mesure de différentes caractéristiques développementales (longueur de la larve, diamètre de l'oeuf, diamètre de l'oeil). L'activité spontanée dans le chorion et du rythme cardiaque après 1 et 3 jours d'exposition ont également été mesurés, tout comme le comportement natatoire des larves après 4 jours d'exposition. Après 1 et 4 jours, le test des comètes a également été réalisé afin de vérifier si une dégradation de l'ADN était observable. Les résultats expérimentaux ont mis en avant un ralentissement du développement, avec une éclosion retardée chez les individus exposés aux deux plus fortes activités. Aux deux plus faibles activités, des différences significatives ont été observées sur différents marqueurs de développement, mais ces différences étaient réversibles, avec une absence de différence significative au quatrième jour de développement. Le comportement natatoire a également été impacté, avec une vitesse de nage plus élevée chez les individus exposés à l'activité intermédiaire de tritium, mais aussi avec des réactions différenciées aux stress tactiles et lumineux après exposition au tritium. Pour finir, une augmentation des dommages à l'ADN a été observée après exposition à toutes les activités, et ce aux deux stades de développement. D'autres marqueurs tels que γ -H2AX, l'état des muscles des larves, et l'expression de différents gènes d'intérêt sont encore en cours d'étude. Ces effets, compilés avec ceux déjà connus du tritium libre, permettront d'améliorer les connaissances déjà acquises sur les mécanismes de toxicité du tritium.

Mots clés

Thymidine tritiée, tritium, poisson zèbre, comportement, dommages à l'ADN, développement, éclosion

Remerciements

Nous remercions l'IRSN pour le financement de cette étude et les membres du LECO pour leur aide au cours des expériences.

Références

- [1] CEA, 2002. Livret la radioactivité : définition, origines et applications.
- [2] Arcanjo C., Adam-Guillermin C., Murat El Houdigui S., Loro G., Della-Vedova C., Cavalié I., Camilleri V., Floriani M. et Gagnaire B. 2020. Effects of tritiated water on locomotion of zebrafish larvae: a new insight in tritium toxic effects on a vertebrate model species.
- [3] Arcanjo C., Armant O., Floriani M., Cavalié I., Camilleri V., Simon O., Orjollet D., Adam-Guillermin C., Gagnaire B. 2018, Tritiated water exposure disrupts myofibril structure and induces mis-regulation of eye opacity and DNA repair genes in zebrafish early life stages.

Magali SCHIANO DI LOMBO*(1),
Virginie CAMILLERI (1), Isabelle
CAVALIE (1), Jérôme CACHOT (2)
Yann PERROT (3), Béatrice
GAGNAIRE (1)

(1) IRSN/PSE-ENV/SRTE/LECO, Centre
de Cadarache, B.P.3 - Bat 183, 13115
Saint Paul lez Durance, France (2)
UMR CNRS 5805 EPOC - OASU,
Université de Bordeaux, Bâtiment B2,
33405 Talence Cedex, France
(3) IRSN/PSE-SANTE/SDOS/LDRI,
B.P.17, 31 avenue de la Division
Leclerc, 92262 Fontenay-aux-Roses
CEDEX, France
Contact e-mail :
magali.schianodilombo@irsn.fr



EFFETS DE LA CBZ ET DU MEHG DANS LES GONADES MALES DE DREISSENA POLYMORPHA

La moule zébrée *Dreissena polymorpha* est une espèce prometteuse pour la biosurveillance des milieux dulcicoles. Néanmoins, les connaissances lacunaires sur sa physiologie limitent son utilisation. La carbamazépine (CBZ) et le méthyl-mercure (MeHg) sont des polluants soupçonnés de reprotoxicité, mais leurs voies de toxicité moléculaire restent méconnues dans les gonades de bivalves. Nous avons exposé 24h des mâles de dreissènes (en février – prolifération des gamètes, et en juin – maturation des gamètes) à la CBZ ($6,6 \pm 0,3$ et $10,2 \pm 0,9$ $\mu\text{g/L}$) et au MeHg (304 ± 61 et 212 ± 63 ng/L), seuls et co-exposés. Pour déterminer les voies de toxicité des polluants, la génotoxicité, le niveau d'expression relative de gènes du stress oxydant et du métabolisme énergétique, et une approche non-ciblée de protéogénomique ont été menées. En février, les polluants seuls et co-exposés augmentaient 1,7 à 2,3x les dommages à l'ADN comparé au témoin, suggérant un effet génotoxique. CBZ seule réprimait l'expression des gènes *cat* (2,4x), *gst* (1,7x) et *sod* (1,8x), alors que la co-exposition sur-exprimait le gène *cat* (1,7x), suggérant une production d'espèces réactives de l'oxygène. CBZ seule réprimait l'expression du gène codant pour le citrate synthase (2,4x), suggérant une altération du métabolisme énergétique. La protéogénomique indiquait que l'ensemble des conditions modulaient l'abondance de protéines impliquées dans le renouvellement protéique, le développement cellulaire, le métabolisme des lipides, la réponse au stress et la spermatogénèse. En juin, avec une bioaccumulation 1,5x plus élevée pour la CBZ par rapport à février, les polluants seuls et co-exposés n'augmentaient pas les dommages à l'ADN, et ne modulaient pas les transcrits ciblés comparé au témoin. Toutefois, CBZ et MeHg seuls et co-exposés modulaient des protéines impliquées dans le métabolisme énergétique, le renouvellement protéique, la réponse au stress, et la spermatogénèse. Cette dernière approche a mis en évidence des voies de toxicité moléculaire impliquées dans la prolifération et maturation de gamètes, *e.g.* voies AMPc, PPAR et Wnt. En particulier, la galectine, impliquée dans la spermatogénèse, était modulée par les polluants seuls et co-exposés aux deux dates. En comparant les valeurs aux deux dates chez les témoins, les niveaux de dommage à l'ADN étaient 2,8x plus élevés en juin, alors que les gènes codant pour la *mt*, *ampk* et *aox* étaient surexprimés en juin vs février. Au niveau du protéome, il était mesuré une plus faible abondance de protéines impliquées dans la réparation de l'ADN et la réponse au stress, et une plus forte abondance de protéines impliquées dans le métabolisme énergétique en juin vs février. Ainsi, les différences de résultats entre les deux dates pourraient s'expliquer par un statut physiologique différent, *i.e.* un état de stress basal plus élevé en juin, masquant ainsi la réponse aux polluants. Ces résultats soulignent l'importance du statut physiologique, *i.e.* le stade de maturité sexuelle, de *D. polymorpha* en écotoxicologie et en biosurveillance puisqu'il semble jouer un rôle de facteur confondant dans la réponse mesurée. Toutefois, ces résultats suggèrent une potentielle reprotoxicité des polluants aux deux dates ; il serait pertinent de déterminer et caractériser les conséquences à long terme de ces effets à l'échelle moléculaire. Enfin, l'approche de protéogénomique apparaît comme sensible et robuste pour identifier de nouveaux biomarqueurs.

Clément BARATANGE*(1), Tainá ROCHA DE ALMEIDA (1), Clémence CAROUGE (1), Mélodie KIELBASA (2), Isabelle BONNARD (1), Marc BONNARD (1), Elise DAVID (1), Laurence DELAHAUT (1), Véronique GAILLET (1), Emmanuel GUILLON (4), Kilian KAVANAGH (3), Jean-Luc LOIZEAU (3), Nicolas MAURIN (4), Stéphanie SAYEN (4), Jean ARMENGAUD (2), Claudia COSIO (4).

(1) UMR-I 02 SEBIO, URCA, 51687 Reims Cedex 2

(2) DMTS, Université Paris-Saclay, CEA, INRAE, 30200 Bagnols-sur-Cèze

(3) DEFSE, Université de Genève, 1211 Genève 4, SUISSE

(4) UMR CNRS 7312 ICMR, URCA, 51687 Reims Cedex 2

Contact e-mail :

clement.baratange@univ-nantes.fr

Mots clés : Dreissène, protéogénomique, stade de maturité sexuelle, reprotoxicité, facteur confondant

Remerciements : Les auteurs remercient les financeurs : Grand Reims (chaire Aquasurv), et le programme de recherche national EC2CO à travers le projet CARMA. Les auteurs remercient également la plateforme Mobicyte à l'URCA, Nicolas Borie pour son aide technique et Maxime Leprêtre pour ses conseils analytiques.



REPERCUSSIONS DES DOMMAGES A L'ADN SPERMATIQUE SUR LE DEVELOPPEMENT EMBRYO-LARVAIRE CHEZ LA CREVETTE BOUQUET, PALAEMON SERRATUS

L'altération de la qualité spermatique par l'exposition aux contaminants constitue une problématique d'intérêt au regard des répercussions potentielles sur les capacités de reproduction des espèces et, in fine, sur le maintien des populations. Si certains auteurs ont rapporté des liens de causalité évidents entre la dégradation de l'ADN spermatique et l'augmentation d'anomalie dans le développement embryon-larvaire de poissons ou de crustacés (Lacaze et al. 2011 ; Devaux et al. 2015), Erraud et al. (2019) n'ont observé aucune conséquence sur les taux de fertilisation et le développement embryonnaire de la descendance après une exposition des mâles de la crevette bouquet *Palaemon serratus* au méthanesulfonate de méthyle (MMS), en dépit de niveaux de dommages à l'ADN spermatique extrêmement élevés. Repartant de ce constat, l'objectif de cette étude était de vérifier ces résultats et de poursuivre les investigations en évaluant les conséquences de la dégradation de l'ADN spermatique de *P. serratus* sur le développement embryon-larvaire des descendants produits. Pour cela, des mâles ont été exposés à 0, 10 et 100 μM de MMS afin d'induire des niveaux de dommages à l'ADN spermatique contrastés. Un taux d'endommagement très élevé a été observé à la plus haute concentration de MMS, avec 72 % de noyaux présentant un taux d'endommagement de l'ADN supérieur à 85 %. Les descendants issus des géniteurs pré-exposés et mis à accoupler avec des femelles saines ont été suivis durant leur développement embryonnaire et larvaire. Aucun effet sur le développement embryonnaire (i.e. durée du développement, occurrence d'anomalies morphologiques) n'a été détecté. En revanche, des taux de survie significativement plus faibles ont été observés au sein d'embryons issus des mâles exposés à 100 μM de MMS, avec une forte mortalité dans les 48 h pré-éclosion. Un constat relativement identique a été rapporté durant la phase larvaire, avec une forte mortalité observée durant les premiers stades des larves issues des mâles exposés. Ces résultats confirment les travaux de Erraud et al. (2019), tout en démontrant par de nouvelles approches zootechniques, qu'un effet significatif pouvait s'exprimer en termes de survie, au cours des deux phases de développement, pour des niveaux de dommages extrêmes. Il en reste néanmoins remarquable que de tels taux d'endommagement spermatique autorisent un tel succès dans les phases de fertilisation, d'éclosion et de métamorphose à l'état juvénile, sans altérer le développement embryon-larvaire pourtant très plastique chez cette espèce.

Marc ROLLIN (1), Aurélie DUFLOT (1), Romain COULAUD (1), Marc BONNARD (2), Bulle ALBERTO (1), Jean-Baptiste BAUDET (1), Benoit XUEREB (1)

(1) Le Havre Normandie Université, UMR-I 02 SEBIO, 25 rue Philippe Le Bon - 76600 Le Havre.

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

Contact e-mail : marc.rollin@univ-lehavre.fr

Mots clés

Crustacés, Comet, Développement embryon-larvaire, Dommages à l'ADN, Effets trans-générationnels, Palaemon.

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier l'ensemble des collaborateurs ainsi que le Fonds Européen pour les Affaires Maritimes et la Pêche (FEAMP) qui a financé le projet GeDuBouq (Action 28 : Partenariat pêcheurs / scientifiques) dans lequel se sont inscrits ces activités de recherche.

Références

- Devaux A., Fiat L., Gillet C. et Bony S. 2011. Reproduction impairment following parental genotoxin exposure in brown trout (*Salmo trutta*) and Arctic charr (*Salvelinus alpinus*).
- Lacaze E., Geffard O., Goyet D., Bony S. et Devaux A. 2011. Linking genotoxic responses in *Gammarus fossarum* germ cells with reproduction impairment, using the Comet assay.
- Erraud A., Bonnard M., Geffard O., Coulaud R., Poret A., Duflot A., Forget-Leray J., Geffard A. et Xuereb B. 2019. Signification of DNA integrity in sperm of *Palaemon serratus* (Pennant 1777): kinetic responses and reproduction impairment.



EFFETS DU DI-N-BUTYL PHTALATE (DBP) SUR LES TRAITS D'HISTOIRE DE VIE DE DAPHNIA MAGNA : COMPARAISON DE DEUX FENETRES D'EXPOSITION

Les phtalates sont des composés utilisés en tant qu'additifs dans la synthèse des plastiques pour accroître leur flexibilité et leur résistance. On compte parmi eux le phtalate de di-n-butyle (DBP), décrit comme perturbateur endocrinien en mesure d'engendrer des effets reprotoxiques chez des mammifères.

Bien que le DBP soit détecté de manière omniprésente dans les milieux dulçaquicoles à des concentrations de l'ordre de la dizaine de ng/L au µg/L, il reste peu étudié en écotoxicologie. À ce jour, les quelques études portant sur des effets du DBP chez la daphnie font l'impasse sur les effets potentiels d'une exposition à de faibles concentrations (< mg/L) et en l'absence de solvant.

Nos travaux s'intéressent aux effets chroniques, doses- et temps-dépendants du DBP sur les traits d'histoire de vie (survie, croissance, reproduction) de l'espèce modèle d'eau douce *Daphnia magna* (Crustacea). Les organismes ont été exposés selon deux fenêtres d'exposition : I) dès le début du développement embryonnaire ou II) au stade adulte à partir de la troisième ponte des individus, lorsque la plupart des investissements énergétiques dans la croissance sont terminés. Notre plan expérimental a inclus neuf concentrations d'exposition : 0, 0.5, 1, 10, 100, 280, 500, 1000 et 2000 µg/L. Les résultats obtenus permettent de mettre en évidence que la fenêtre d'exposition au DBP est un paramètre essentiel dans l'étude des effets du contaminant sur les traits d'histoire de vie (survie, croissance, reproduction). Aucune réponse significative n'a été observée chez les organismes exposés au stade adulte, tandis que des perturbations de la survie, la croissance et la reproduction ont été observés dès 100 µg/L chez les organismes exposés dès le début du développement embryonnaire. Les résultats démontrent également que l'exposition à un gradient de concentration de DBP mène à des profils dose-réponses différents selon les traits d'histoire de vie mesurés. L'exposition dès le début du développement embryonnaire a entraîné des impacts inattendus sur la survie. La relation dose-réponse observée est non monotone, avec une mortalité juvénile plus importante aux concentrations intermédiaires (100, 280 et 500 µg/L) qu'aux plus fortes concentrations (1000 et 2000 µg/L). Quant aux effets sur la croissance et la reproduction, les réponses des organismes présentent des relations dose-réponse monotones classiques.

Ces données sont essentielles pour évaluer et modéliser les effets délétères potentiels du DBP sur les traits d'histoire de vie, la fitness des individus et la dynamique des populations de daphnies. Elles permettront également un ancrage phénotypique pour la caractérisation et la compréhension des effets temps- et dose-dépendants du DBP au niveau transcriptionnel, qui constitueront notre prochain objectif.

Mots clés

Traits d'histoire de vie/fitness, phtalate, exposition chronique, fenêtre d'exposition, exposition embryonnaire

Remerciements

Ce travail a été réalisé grâce au soutien financier de l'ANR dans le cadre du projet JCJC Chroco (ANR-21-CE34-0003)

Ce travail a été réalisé en partie grâce aux ressources du Pôle de compétences en biologie environnementale ANATELO, laboratoire LIEC, UMR 7360 CNRS - Université de Lorraine

Jérémie OHANESSIAN ^{*(1)}, Sophie PRUD'HOMME (1), Vincent FELTEN (1), Elise BILLOIR (1)

(1) LIEC Laboratoire Interdisciplinaire des Environnements Continentaux
LIEC - UMR 7360 CNRS Université de Lorraine - UFR Sci FA

Contact e-mail :
jeremie.science@gmail.com



EFFETS DE LA BMAA A DES CONCENTRATIONS ENVIRONNEMENTALES, SEULE OU EN MELANGE AVEC SES ISOMERES SUR LES LARVES DE POISSONS ZEBRES

La BMAA (bêta-méthylamino L-alanine) est une toxine produite principalement par des cyanobactéries qui fait l'objet de plusieurs hypothèses suggérant un lien avec la sclérose latérale amyotrophique (SLA). Elle a été historiquement retrouvée dans les racines de cycas, consommées de diverses manières par les Chamorros, sur l'île de Guam où il y a eu une incidence de SLA nettement supérieur à la moyenne mondiale. D'autres clusters ont également été pointés par la communauté scientifique (Spencer et al., 2019). Malgré qu'un lien direct entre BMAA et SLA ne soit pas encore démontré, plusieurs études ont mis en évidence des multiples mécanismes de toxicité de cette molécule (Courtier et al., 2022).

En France, dans la région Occitanie, la BMAA et ses isomères : DAB et AEG ont été détectés à l'étang de Thau. Ces toxines ont été retrouvées dans les bivalves (Réveillon et al., 2015) et, en fonction de la période de l'année, dans certains échantillons d'eau et/ou d'air (Thèse Courtier., 2022). D'autres études au niveau mondiale montrent une possible présence des toxines dans l'environnement à des faibles concentrations (ng/L) (Abbes et al., 2022). Comme mis en évidence par le rapport de l'ANSES de 2017, des informations sur les effets des concentrations environnementales restent à compléter. Nous avons donc testé les concentrations 1-10-100 ng/L et 1-500 µg/L de molécules seules et en mélange sur des larves de poisson zèbre, un modèle largement utilisé dans les études de toxicologie. Une analyse morphologique a été développée (e.g. œdèmes, scoliose, hémorragie), ainsi que des tests permettant d'évaluer un potentiel effet sur le délai d'éclosion. Les larves ont été exposées aux toxines pour une période total de 72 heures. Les résultats nous indiquent des effets même aux plus faibles concentrations. Il a été également observé dans certains cas une rémission des larves atteintes par des malformations entre 48 et 72 heures d'exposition, ce qui souligne l'importance des observations répétées dans le temps. De plus, ces données indiquent une relation dose-réponse non linéaire, confirmant l'intérêt de ces études à des concentrations environnementales. A notre connaissance, il s'agit de la première étude qui se focalise sur des concentrations si faibles. Des tests complémentaires sont en cours (analyse comportementale et qPCR), ainsi que des études sur un autre modèle (*Artemia Salina*) et seront prochainement présentés.

Mots clés

BMAA - AEG - DAB - Poisson zèbre - Analyse morphologique

Remerciements

Boyer Julien - VBIC - Bacterial Virulence and Chronic Infections INSERM, Université de Montpellier

Références

- Spencer PS., Lagrange E., Camu W. 2019. ALS and environmental: Clues from spatial clustering? *Rev Neurol*
- Courtier A., Potheret D., Giannoni P. 2022. Environmental bacteria as triggers to brain disease: possible mechanisms of toxicity and associated human risk. *Life Sci*.
- Reveillon D., Abadie E., Séchet V., Masseret E., Hess P., Amzil Z. 2015. BMAA and isomers: Distribution in different food web compartments of Thau lagoon, French mediterranean sea. *Mar Environ res*.
- Courtier A., 2022. Thèse "Développement d'une stratégie d'évaluation du risque lié à la présence de micropolluants autour de l'étang de Thau (Occitanie)". Université de Nîmes.
- Abbes S., [...], Sauvé S. 2022. Occurrence of BMAA isomers in bloom-impacted lakes and reservoirs of Brazil, Canada, France, Mexico, and the United Kingdom. *Toxins*.

Jeanne LICHTFOUSE *(1), Audrey COURTIER (1), Annette VERGUNST (2), Patrizia GIANNONI (1)

(1) Université de Nîmes UPR Chrome

(2) Université de Montpellier VBIC -

Bacterial Virulence and Chronic

Infections INSERM

Contact e-mail :

jllichtfouse@gmail.com



EFFETS D'UN STRESS CADMIQUE SUR LE DÉVELOPPEMENT PRÉCOCE

De nombreuses populations animales sont, depuis plusieurs années, fortement en déclin. Parmi celles-ci, les amphibiens représentent le groupe le plus touché. En 2020, 40 % des espèces connues d'amphibiens étaient classées par l'IUCN dans les statuts « en danger critique », « en danger » ou encore « vulnérable ». Cette forte sensibilité des amphibiens est due à leur cycle de vie essentiellement, voire même exclusivement, aquatique. Une des causes de cette perte de biodiversité est la contamination du milieu. Le milieu aquatique est d'ailleurs considéré comme le réceptacle final des pollutions. Les autres causes de cette crise étant la fragmentation des habitats, le réchauffement climatique, l'introduction d'espèces invasives ou encore la surexploitation des milieux. C'est pourquoi, il convient de mieux comprendre les effets des contaminants dès les stades précoces du développement. Parmi l'ensemble des polluants, le cadmium est référencé comme un élément trace métallique lourd à surveiller prioritairement dans plusieurs listes d'éléments chimiques établies par des organisations gouvernementales et institutionnelles. Sa source principale d'émission reste les activités humaines telles que la sidérurgie, l'utilisation de ressources et combustibles fossiles et l'utilisation d'engrais minéraux. Dans la littérature scientifique peu de données existent quant aux effets produits par le cadmium sur le développement embryonnaire, mais elles suggèrent un rôle tératogène. Chez l'adulte, plusieurs études montrent des effets toxiques à faible concentration sur le système nerveux central en induisant des dysfonctionnements majeurs. Lors de cette étude, notre modèle *Xenopus laevis*, bien connu en biologie, a été utilisé pour identifier des cibles potentielles du cadmium au cours du développement précoce et plus notamment du système nerveux. Des têtards sont exposés au cadmium, ou non, depuis la fécondation jusqu'au stade 45 du développement. Dans un premier temps, nous avons utilisé des approches moléculaires afin d'étudier l'impact du cadmium entre les stades 1 et 45 du développement sur l'expression d'une molécule d'adhésion des cellules neurales : NCAM. Cette molécule est impliquée dans l'adhésion des cellules, la croissance des neurites, la formation des jonctions neuromusculaires, la plasticité synaptique, l'apprentissage et la mémoire. Et aussi étudier s'il y a modification de la polysialylation qui est une modification post-traductionnelle unique des NCAM. Puis dans un deuxième temps, nous avons utilisé des approches physiologique (rythme cardiaque), biométrique (écart oculaire) et comportementale (distance, vitesse de nage). Nos résultats montrent une variation d'expression des NCAM dans un contexte exposé au cadmium et également une augmentation de la polysialylation. Ces modifications moléculaires s'accompagnent de modifications biométrique, physiologique et au niveau du comportement. Ce travail met en évidence l'importance d'étudier les stades précoces du développement comme étant des fenêtres d'exposition essentielle, et doit permettre d'identifier de nouvelles signatures d'exposition.

Guillaume MARCHAND* (1),
Ingrid FLINIAUX (1), Pauline
TITRAN (1), Jean-François
BODART (1), Katia CAILLIAU (1),
Matthieu MARIN (1)

(1) Univ. Lille, CNRS, UMR 8576-UGSF-
Unité de Glycobiologie Structurale et
Fonctionnelle, F-59000 Lille
Contact e-mail :
guillaume.marchand@univ-lille.fr

Mots clés

Xenopus laevis, développement embryonnaire, système nerveux, cadmium, comportement, NCAM, polysialylation



IMPACTS DE LA POLLUTION LUMINEUSE NOCTURNE ET CHIMIQUE SUR LE BIOFILM AQUATIQUE

Les écosystèmes aquatiques urbains sont soumis à une multitude de stress anthropiques et hébergent des communautés fragilisées. La lumière artificielle nocturne (ALAN : Artificial light at night) provoque de nombreux dommages sur les écosystèmes aquatiques (Gaston et al. 2014) : changement dans la composition des communautés végétales (Grubisic et al. 2017), perturbation des cycles photosynthétiques (Maggi et al. 2020), changement des interactions entre les espèces (Moore et al. 2000). Alors que la littérature concernant les impacts de l'illumination nocturne sur la biodiversité urbaine se développe, les impacts combinés avec d'autres types de stress urbains, en particulier la contamination chimique, sur les producteurs primaires aquatiques restent inexplorés. Dans ce contexte, une approche expérimentale en conditions contrôlées a été mise en place pour comprendre les effets singuliers et combinés de deux perturbations spécifiques du milieu urbain (ALAN et contamination chimique par le chlorure de dodécylbenzyltriméthylammonium BAC12) sur les biofilms aquatiques. En effet, le BAC12 est un biocide utilisé dans plus de la moitié des produits virucides recommandés par l'US EPA (Environmental Protection Agency) contre le SARS-CoV-2 (US EPA 2020). A forte concentration, le BAC12 provoque une diminution de l'activité photosynthétique dans les biofilms aquatiques (Vrba 2021).

La bioaccumulation du BAC12 dans les biofilms exposés ou non à ALAN, et la réponse de ces derniers en termes de biomasse, composition taxonomique, activité photosynthétique, et composition en acides gras (dont essentiels) ont été étudiés au cours d'une expérimentation d'un mois. Les premiers résultats semblent indiquer que ALAN et le BAC12 à concentration environnementale, seuls, n'ont pas d'effet physiologique sur les biofilms. Cependant, lorsque ces deux stress s'exercent simultanément, ils diminuent l'activité photosynthétique des biofilms, pouvant ensuite provoquer un déséquilibre dans la chaîne trophique, et impacter les niveaux supérieurs tels que les poissons brouteurs.

Mots clés

Stress urbains, écosystèmes aquatiques, Biofilm, ALAN, BAC12

Remerciements

Ces travaux ont reçu l'appui financier du département Aqua de INRAE et de la Direction de la Nature de Bordeaux Métropole, dans le cadre de la convention de recherche et développement partagés relative au plan d'action Biodiver'Cité.

Références

- Gaston K. J., Duffy J.P., Gaston S., Bennie J. et Davies T.W. 2014. Human Alteration of Natural Light Cycles: Causes and Ecological Consequences
- Grubisic M., Singer G., Bruno C.M., van Grunsven R.H.A., Manfrin A., Monaghan M.T. et Hölker F. 2017. Artificial Light at Night Decreases Biomass and Alters Community Composition of Benthic Primary Producers in a Sub-Alpine Stream: ALAN Affects Stream Periphyton
- Maggi E., Bertocci I. et Benedetti-Cecchi L. 2020. Light Pollution Enhances Temporal Variability of Photosynthetic Activity in Mature and Developing Biofilm
- Moore M.V., Pierce S.M., Walsh H.M., Kvalvik S.K., et Lim J.D. 2000. Urban Light Pollution Alters the Diel Vertical Migration of *Daphnia*
- US EPA, OA. 2020. Disinfectant Use and Coronavirus (COVID-19)
- Vrba R. 2021. Effets interactifs du chlorure de benzalkonium et de la lumière nocturne sur les biofilms aquatiques.

Caroline ROUX *(1), Cassandre MADRU (1), Gwilherm JAN (1), Nicolas MAZZELLA (1), Aurélie MOREIRA (1), Jacky VEDRENNE (1), Laure CARASSOU (1), Soizic MORIN (1)

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

Contact e-mail :
caroline.roux@inrae.fr



METHODOLOGIE D'INTERPRETATION BIOLOGIQUE DE LA MODELISATION DOSE- REPONSE DE DONNEES OMIQUES

Les outils d'étude moléculaires globaux et sans a priori (outils « omiques ») sont d'un intérêt majeur dans l'exploration des mécanismes moléculaires et physiologiques à l'origine de l'effet toxique de contaminants. L'interprétation biologique de ces données reste cependant souvent partielle, en se concentrant sur une portion limitée des informations biologiques contenues dans le jeu de données. Celle-ci est majoritairement basée sur une approche par « enrichissement fonctionnel » effectué sur l'ensemble des items (transcrits, protéines ou métabolites) identifiés comme affectés par un contaminant. En plus de souffrir de nombreux mésusages¹, cette approche mène souvent à des listes de voies/fonctions biologiques trop larges et diverses pour être exploitées dans leur intégralité, ou au contraire à nombre de voies représentant une proportion très limitée des items affectés. Ce constat est d'autant plus prégnant lorsque l'on considère des études incluant des plans d'expérience complexes, comme par exemple les données en dose-réponse. L'objectif de nos travaux est de proposer une démarche rationnelle et reproductible permettant une interprétation plus complète de ce type de données, en se basant sur diverses sources d'information biologique à l'échelle moléculaire. Cela permet de maximiser la pertinence des hypothèses de mode d'action, d'effets directs du contaminant et de mécanismes de réponse. Nous avons utilisé, comme cas d'étude, un jeu de données transcriptomiques en dose-réponse mesuré chez le poisson zèbre suite à une exposition embryonnaire au di-n-butyl phtalate (DBP) et analysé avec l'outil DRomics². La méthodologie d'interprétation de données transcriptomiques conçue combine (1) les interactions protéine-protéine issues de la base de données STRING³ (2) les données de voies biologiques (e.g. KEGG⁴ & Wikipathways⁵) et (3) les fonctions de régulation transcriptionnelle (AnimalTFDB⁶). Cela aboutit à l'identification de clusters de transcrits affectés regroupant des protéines interactives et/ou appartenant à une même voie biologique. Ces clusters forment des unités d'étude permettant notamment d'investiguer le partage de tendances de réponse le long du gradient de concentration ou de seuils de sensibilité des items de chaque cluster et les fonctions biologiques associées, ou encore la présence de régulateurs transcriptionnels associés à ces clusters. La méthodologie d'interprétation proposée a été implémentée sous R, et est applicable à tout jeu de données transcriptomiques ou protéomiques provenant d'une espèce intégrée à la base de données STRING (14094 espèces) et pour lequel des annotations fonctionnelles sont disponibles. Travailler à l'amélioration de la fiabilité et la pertinence des hypothèses biologiques tirées des données omiques permet de prioriser les efforts expérimentaux visant à valider ces hypothèses et favoriser l'identification de modes d'action ou d'effets encore non décrits.

Ellis FRANKLIN (1), Elise BILLOIR (1), Marie Laure DELIGNETTE-MULLER (2), Sophie PRUD'HOMME *(1)

(1) Laboratoire Interdisciplinaire des Environnements Continentaux CNRS : UMR7360, University of Lorraine

(2) Laboratoire de Biométrie et Biologie Evolutive - UMR 5558 Université Claude Bernard Lyon 1, Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique, VetAgro Sup - Institut national d'enseignement supérieur et de recherche en alimentation, santé animale, sciences agronomiques et de l'environnement, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5558
Contact e-mail : sophie.prud-homme@univ-lorraine.fr

Mots clés

Transcriptomique, mRNAseq, Modélisation dose-réponse, DRomics, Mécanismes moléculaires

Remerciements

Ce travail a été réalisé grâce au soutien financier de l'ANR dans le cadre du projet JCJC Chroco (ANR-21-CE34-0003) et du pôle Otelo (projet Otelo JC DBP_dose), Université de Lorraine.

Références

1Wijesooriya, Kaumadi, Sameer A. Jadaan, Kaushalya L. Perera, Tanuveer Kaur, et Mark Ziemann. 2022. « Urgent Need for Consistent Standards in Functional Enrichment Analysis ». PLOS Computational Biology 18 (3): e1009935.

2 lbbe.univ-lyon1.fr/fr/dromics

3 string-db.org

4 www.genome.jp/kegg/pathway.html

5 www.wikipathways.org

6 bioinfo.life.hust.edu.cn/AnimalTFDB4/#/



CHANGEMENT DE COULEUR PHYSIOLOGIQUE SUR DES EXPLANTS DE PEAU DE SEICHE : UN OUTIL INNOVANT POUR L'EVALUATION DES RISQUES LIES AUX CONTAMINANTS

Le changement de couleur est une capacité très répandue chez les animaux, connue pour remplir une série de fonctions biologiques : thermorégulation, protection contre les UV, cryptisme ou encore communication. Il est permis soit par la production, la dégradation ou la modification de structures pigmentées (changement de couleur morphologique), soit par des changements de leur distribution intracellulaire (changement de couleur physiologique). Selon les taxons, les mécanismes de changement de couleur physiologique peuvent être contrôlés par des voies nerveuses et/ou hormonales, avec lesquelles de nombreux contaminants environnementaux pourraient interférer. Par conséquent, les approches quantitatives du changement de couleur physiologique peuvent offrir de nouvelles possibilités d'évaluation des risques toxicologiques. En outre, les céphalopodes constituent des modèles bien étudiés pour leurs capacités de changement de couleur. Leur peau est constituée d'une variété de chromatophores (cellules pigmentées jaunes, rouges et brunes) posés sur des leucophores et des iridophores, réfléchissant la lumière. Les changements dynamiques de couleur pigmentaire impliquent principalement l'action mécanique de structures neuromusculaires associées aux chromatophores, qui entraîne la dispersion ou la concentration des organites pigmentés. Nous avons donc mis au point un bioessai combinant le développement (1) d'un protocole standardisé et reproductible pour la préparation d'explants de peau de seiche commune (*Sepia officinalis*) et l'acquisition d'images et (2) d'un logiciel capable de quantifier l'activité des chromatophores en réponse à l'application de contaminants. Les méthodes d'analyse d'image existantes, basées sur la segmentation, ne permettant pas de résoudre certains problèmes liés aux mouvements de la peau et à l'individualisation des chromatophores chevauchants, nous avons développé une méthode utilisant du deep learning. Ses performances sont illustrées ici par l'analyse des réponses aux inhibiteurs sélectifs de la recapture de la sérotonine (ISRS-antidépresseurs) et à des perturbateurs endocriniens potentiels.

Mots clés

intelligence artificielle, chromatophore, céphalopode, mollusque, invertébré

Remerciements

Nous adressons nos remerciements au fond européen de développement régional (FEDER) et Interreg France (manche) Angleterre pour le financement du projet RedPol (Réduction de la pollution des perturbateurs endocriniens à la source : Mise à disposition d'outils innovants).

Cécile BELLANGER (1)(2), Anaïd
GOUVENEUX*(1)(2)(3),
Mamoudou SANO (4), Nicolas
ELIE (4)

(1) Normandie Univ, Unicaen, CNRS,
EthoS, 14000 Caen, France

(2) Univ Rennes, CNRS, EthoS
(Éthologie animale et humaine) - UMR
6552, F-35000 Rennes, France

(3) Normandie Université,
UNILEHAVRE, UMR-I02, Stress
environnementaux et biosurveillance
des milieux aquatiques (SEBIO), 76600
Le Havre, France

(4) Normandie Université, UNICAEN
Centre de microscopie appliquée à la
biologie (CMABio), 14032 Caen,
France

* Contact e-mail

cecile.bellanger@unicaen.fr

SEFA
LE HAVRE
2023



POSTERS HIGHLIGHT



EXPOSITION DES MOLLUSQUES DREISSENA POLYMORPHA A UN AGENT DE CONTRASTE IODE : ETUDE DE L'ACCUMULATION ET DES CHANGEMENTS METABOLOMIQUES INDUITS, PAR ANALYSE LC-HRMS NON CIBLEE

Notre étude propose d'évaluer l'impact d'un agent de contraste iodé régulièrement détecté dans les eaux, l'acide diatrizoïque (DTZ), sur une espèce modèle de nos rivières : le mollusque bivalve, *Dreissena polymorpha*.

Dans un premier temps la cinétique d'accumulation de ce composé a été étudiée dans la dreissène entière et dans les glandes digestives d'individus exposés en laboratoire à des concentrations de 0, 10, 100 et 1000 µg/L pendant 21 jours suivis de 4 jours de dépuración, par couplage de la chromatographie liquide à la spectrométrie de masse en tandem (LC-MS/MS). Bien que les facteurs de bioaccumulation soient faibles (inférieurs à 1), les résultats montrent que le DTZ pénètre dans les bivalves, qui peuvent alors l'utiliser comme source d'iode (Daniele et al., 2023).

Ainsi dans un second temps, nous avons étudié l'impact d'une exposition chronique au DTZ sur le métabolisme de la dreissène mâle par une approche métabolomique non-ciblée par couplage de la chromatographie liquide à la spectrométrie de masse haute résolution (LC-HRMS). Après quelques jours d'acclimatation, les moules ont été exposées en laboratoire pendant 14 jours à 0 (groupe "témoin") et 100 µg/L (groupe "exposé") de DTZ, suivis de 3 jours de dépuración. Les glandes digestives ont été disséquées et leurs empreintes métaboliques acquises après extraction et injection en LC-HRMS. L'utilisation d'outils de traitement du signal puis d'outils statistiques a permis de faire ressortir des signaux discriminants entre les deux groupes. L'annotation de ces signaux modulés suite à l'exposition a permis de mettre en évidence, pour la première fois, des perturbations aux niveaux de plusieurs métabolites, générant ainsi des premières réponses quant aux voies métaboliques impactées par une exposition chronique au DTZ chez ces organismes.

Gaëlle Daniele (1), Laura Fuster (1), Florent Lafay (1), Alain Geffard (2), Christelle Bonnefoy (1), Carine Arnaudguilhem (3), Sandra Mounicou (3), Aurélie Fildier (1), Odile Dedourge-Geffard (2), and Emmanuelle Vulliet (1)

(1) Institut des Sciences Analytiques – Centre National de la Recherche Scientifique UMR5280 – France

(2) Stress Environnementaux et BIOSurveillance des milieux aquatiques – Université de Reims Champagne-Ardenne – France

(3) Institut des sciences analytiques et de physico-chimie pour l'environnement et les matériaux – Université de Pau et des Pays de l'Adour, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5254 – France

Contact e-mail :
gaëlle.daniele@isa-lyon.fr

Mots clés

Agent de contraste iodé, mollusque, métabolomique, LC-MS/MS, LC-HRMS, accumulation

Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet ACTIONS (financement ANSES, PNR EST 2018/1/222) et de l'EUR H2O'Lyon (ANR-17-EURE-0018) de l'Université de Lyon (UdL), au sein du programme "Investissements d'Avenir" de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR).

Références

Daniele G., Lafay F., Arnaudguilhem C., Mounicou S., Geffard A., I. Bonnard, Dedourge Geffard O., Bonnefoy C., Vulliet E. 2023. Evaluation of the accumulation of the iodinated contrast agents diatrizoic acid and iohexol in *Dreissena polymorpha* mollusks



EFFETS ECOTOXICOLOGIQUES DES EAUX D'UN RUISSEAU DE TETE DE BASSIN ULTRAMAFIQUE (PLUHUV BOR, TCHEQUIE) SUR L'INVERTEBRE AQUATIQUE DAPHNIA MAGNA

Les milieux ultramafiques sont naturellement riches en certains éléments traces métalliques, en particulier en nickel (Ni) et en chrome (Cr). Dans ces milieux, les concentrations aqueuses de Ni et Cr peuvent dépasser les valeurs de leurs seuils écotoxiques suite à l'altération naturelle des substrats ou à leur exploitation minière (Kierczak et al., 2021). Or, les effets des mélanges de ces métaux sont encore mal connus. Ceci justifie la réalisation d'une étude détaillée de la spéciation du Ni et du Cr dans les eaux ultramafiques, ainsi que leurs potentiels effets écotoxicologiques.

L'étude a été réalisée dans un bassin hydrographique (Pluhuv Bor – PLB, République Tchèque) reposant sur un sol ultramafique de serpentinite et situé dans une zone paysagère naturelle à l'écart de sources de pollutions anthropiques, à l'exception de dépôts atmosphériques (Kram et al., 2009). Les analyses chimiques et les tests écotoxicologiques ont été effectués sur des échantillons d'eau prélevés en condition de faible débit (PLB-L) et lors d'une crue (PLB-H). Les teneurs en Ni et en Cr ont été analysées par ICP-MS pour les eaux filtrées (0,22 µm) et ultrafiltrées (3kDa). En parallèle, des DGT (Diffusive Gradients in Thin Films) ont été installées in situ afin de déterminer la fraction labile des métaux ainsi que l'abondance relative du Cr(III) et du Cr(VI).

Les concentrations de Ni et de Cr mesurées dans les eaux filtrées sont proches des valeurs des CE50 pouvant être trouvées dans la littérature pour des tests chroniques sur *Daphnia magna* (Pane et al., 2004 ; Ponti et al., 2014). Un test chronique réalisé en exposant des daphnies aux échantillons d'eaux PLB-L et PLB-H a mis en évidence une diminution de la longueur des daphnies et une diminution de leur survie pour PLB-H. En revanche, aucun effet n'a été observé concernant le nombre total de juvéniles pondus et le nombre de juvéniles pondus par mère au terme de l'expérience. Les concentrations obtenues par DGT sont comparables avec celles mesurées dans les eaux ultrafiltrées et indiquent que la majorité du Ni (70–80%) et du Cr (environ 90%) se trouvent sous forme de complexes colloïdaux. Ceci pourrait limiter leur biodisponibilité pour les organismes. De plus, les algues utilisées comme nourriture ont recouvert les appendices de certaines daphnies exposées aux eaux naturelles (particulièrement pour PLB-H), ce qui pourrait avoir contribué aux effets observés. Il est donc nécessaire d'effectuer des investigations supplémentaires pour appréhender correctement les effets des mélanges Ni et Cr typiques des milieux ultramafiques afin de permettre une exploitation minière responsable de ce type de substrats.

Carla FRONGIA (1), Pavel KRAM (2), Julie ERBAN KOCHERGINA (2), Carole LEGUILLE (1), Céline SIMON (1), Maximilien BEURET (1), Hervé MARMIER (3), Elsa SALLES (1), Vincent NORMANT (1), Davide A.L. VIGNATI* (1)

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

(2) CZECH GEOLOGICAL SURVEY, DIVISION OF GEOCHEMISTRY and LABORATORIES, 15200 PRAGUE 5, République Tchèque

(3) UNIVERSITE de LORRAINE, CNRS, LIEC, F-54000 Nancy, France

Contact e-mail : david-anselmo.vignati@univ-lorraine.fr

Mots clés

Milieux ultramafiques, *Daphnia magna*, Nickel, Chrome, Spéciation des métaux

Remerciements

Nous remercions le CNRS (projets EC2CO B-Rex-Ist et IEA GeoChemTox) et le LabexR21 pour leur support financier. Cette étude a été partiellement réalisée avec les ressources des pôles de compétences en Biologie Environnementale et en Chimie Analytique Environnementale ANATELO, laboratoire LIEC, UMR 7360, CNRS – Université de Lorraine.

Références

- Kierczak, J., Pietranik, A., Pędziwiatr, A., 2021. Ultramafic geoecosystems as a natural source of Ni, Cr, and Co to the environment: A review. *Science of The Total Environment* 755, 142620.
- Krám, P., Oulehle, F., Štědrá, V., Hruška, J., Shanley, J.B., Minocha, R., Traister, E., 2009. Geoecology of a Forest Watershed Underlain by Serpentine in Central Europe. *Northeastern Naturalist* 16, 309–328.
- Pane, E.F., Mcgeer, J.C., Wood, C.M., 2004. Effects of chronic waterborne nickel exposure on two successive generations of *Daphnia magna*. *Environmental Toxicology and Chemistry* 23, 1051–1056. <https://doi.org/10.1897/03-208>
- Ponti, B., Bettinetti, R., Dossi, C., Vignati, D.A.L., 2014. How reliable are data for the ecotoxicity of trivalent chromium to *Daphnia magna*? *Environmental Toxicology and Chemistry* 33, 2280–2287. <https://doi.org/10.1002/etc.2672>



EVALUATION DES EFFETS DE LA CONTAMINATION RADIOACTIVE SUR LES ABEILLES : PROJETS BEERAD ET BEECONNECT

L'intensification des activités humaines a des conséquences de plus en plus marquées sur la biodiversité et les services écosystémiques. L'évaluation des risques liés à la radiocontamination de l'environnement après un accident nucléaire est un enjeu écologique majeur, mais reste entourée de résultats et de conclusions controversés sur l'impact réel de tels événements sur la flore et la faune habitant les zones affectées. De plus, les éventuels mécanismes sous-jacents des actions des rayonnements ionisants sont peu connus. Il paraît donc primordial d'acquérir des données sur les potentiels effets de la contamination radioactive sur les écosystèmes, à la fois dans des conditions expérimentales et réalistes, selon une approche comparative.

L'objectif de ces projets pluridisciplinaires est d'approfondir la connaissance des effets et des mécanismes d'action de la contamination radioactive sur la physiologie, la cognition et les populations d'insectes pollinisateurs dans le cadre d'une exposition chronique (i.e. exposition d'une durée significative par rapport à la durée de vie des organismes exposés) et à de faibles débits de dose (écotoxicité sublétales) dans des conditions réalistes de terrain et au laboratoire.

Les objectifs principaux du projet BEERAD (ANR-21-CE34-0002) sont : (1) définir les conditions d'exposition à la fois au laboratoire et sur le terrain (afin de comparer les résultats obtenus entre ces deux approches) et mesurer les débits de doses externes (micro-dosimètres) et internes, pour donner une estimation plus précise des débits de dose totale absorbés par les abeilles ; (2) mesurer les effets physiologiques et toxico-pathologiques induits par les rayonnements ionisants (RI) aux niveaux sub-individuels (molécule, cellule, tissu), particulièrement en réponse à un agent infectieux ; (3) mesurer les effets induits par les RI aux niveaux des individus/populations par les impacts sur la reproduction/développement et les processus cognitifs ; (4) comparer les deux types d'exposition, intégrer les réponses et extrapoler à d'autres organismes (autres espèces d'abeilles, autres insectes pollinisateurs) par la modélisation pour conclure sur les effets des RI sur les abeilles.

L'objectif du projet BEECONNECT (AAP 2023 CNRS-IRSN) est d'étudier les effets d'une radio-contamination sur les insectes pollinisateurs à l'aide de tests cognitifs automatisés, basés sur un dispositif récemment validé en laboratoire : la fleur connectée. Ce dispositif sera déployé sur le terrain le long d'un gradient de radio-contamination dans la région de Fukushima, sur les sites définis dans le projet BEERAD. Le projet se focalisera sur les abeilles domestiques (espèce modèle), mais l'analyse sera également étendue aux autres pollinisateurs sauvages afin d'estimer l'impact sur le service de pollinisation. Ce projet interdisciplinaire (regroupant écotoxicologues, éthologues, écologues, informaticiens, apiculteurs) sera la première tentative pour étudier l'effet des radiations sur le comportement des abeilles, et plus généralement le premier déploiement d'un test cognitif automatisé pour étudier des invertébrés. Il s'agira d'une preuve de concept pour une utilisation future de capteurs cognitifs à plus large échelles et sur un plus grand nombre d'espèces.

La présentation fera le bilan des 18 premiers mois du projet BEERAD et du démarrage du projet BEECONNECT.

Mots clés

Rayonnements ionisants, insectes pollinisateurs, Apis mellifera, physiologie, biomarqueurs, cognition animale

Remerciements

Les auteurs remercient l'ANR, le CNRS, l'IRSN et ERAN (Environmental Radioactivity Research Network Center, Japan) pour les financements de ces projets.

Béatrice GAGNAIRE*(1), Mathieu LIHOREAU (2), Jean-Marc BONZOM**(1), Kenji NANBA (3), Jean-Luc BRUNET (4), Maxime CAUCHOIX (5), Margot CREVET (1), Nicolas DUBOURG (1), Arnaud ELGER (5), Hiroko ISHINIWA (3), Hiroko NAGATA (3), Michel PELISSIER (4), Luc BELZUNCES (4)

(1) IRSN/PSE-ENV/SRTE/LECO, Saint Paul lez Durance, France

(2) CNRS UMR5169/CRCA/CBI, Toulouse, France

(3) IER, Fukushima, Japan

(4) INRAE / A&E - LTE, Avignon, France

(5) CNRS UMR5245/LEFE, Toulouse, France

*Contact BEERAD:

beatrice.gagnaire@irsn.fr

**Contact BEECONNECT: jean-

marc.bonzom@irsn.fr



PREMIERS RESULTATS DU PROJET ECOPHYTO TEPOT - EVALUATION DES EFFETS TOXICOLOGIQUES ET ECOTOXICOLOGIQUES DES PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES UTILISES EN CULTURE DE POMME DE TERRE

Deux laboratoires régionaux des Hauts de France, de l'Université de Lille et de JUNIA, se sont associés à la Chambre Régionale d'Agriculture des Hauts de France et au Pôle Légumes Région Nord pour étudier les effets de l'utilisation de produits phytosanitaires (PP) sur la culture de pomme de terre. Dans ce projet dont l'acronyme est TEPoT, des recherches pluridisciplinaires ont été et sont menées successivement à trois échelles : au champ, sur des placettes expérimentales et au laboratoire.

Leurs objectifs sont d'établir un état des lieux des pratiques culturales et d'étudier les effets écologiques, écotoxicologiques et toxicologiques des PP, sur la qualité des sols, leur fonctionnement, la qualité des récoltes et différents modèles végétaux et animaux. Dans cette présentation, nous présenterons la stratégie globale de ce projet puis nous détaillerons certains résultats obtenus à ce jour.

La phase 1 du projet portait sur 16 parcelles en culture de pomme de terre : 8 en agriculture conventionnelle, 8 en agriculture biologique, et situées en région Hauts de France, dans deux contextes distincts (grande culture ou péri-urbain). Sur chacune, il a été réalisé une analyse des usages et des pratiques culturales ; la reconnaissance et l'échantillonnage des sols ; la caractérisation de l'état sanitaire des cultures et des récoltes (rendement, qualité) ; la mesure des concentrations en phytosanitaires dans les tubercules de pomme de terre ; le relevé des adventices et l'analyse de la biodiversité des parcelles au regard d'indicateurs (nématodes, collembolés...); et l'évaluation de l'imprégnation de lichens déposés aux alentours des parcelles (biosurveillance atmosphérique). La phase 2 portait sur des cultures de pommes de terre sur une parcelle du Pôle Légumes Région Nord en conditions mieux contrôlées (sols, ITK, nature et doses des phytosanitaires). Le suivi a été comparable à celui de la phase 1. Enfin la phase 3 initiée en 2023, utilise le sol des placettes cultivées en phase 2 et une partie de la récolte pour réaliser divers essais destinés à évaluer les effets écotoxicologiques et toxicologiques liés à l'utilisation de PP pendant la saison culturale sur la dégradation de matière organique et quatre modèles biologiques classiquement utilisés au laboratoire, à savoir le ver de terre, le trèfle, le chou et la souris.

Les résultats obtenus pour l'instant font apparaître des sols contaminés par de faibles doses de PP, contamination qui peut être ancienne, consécutive à la culture ou aux traitements de cultures avoisinantes ; un état écologique des parcelles cultivées plutôt limité ; des approches complémentaires et pertinentes pour la surveillance des usages de PP en plein champ. Au laboratoire, nos travaux préciseront les effets écotoxicologiques et toxicologiques des éventuelles contaminations résiduelles des sols et tubercules. A terme, ce projet contribuera aux réflexions vers des pratiques agricoles plus respectueuses de la santé et de l'environnement.

Mots clés

Produits phytosanitaires, multi-échelle, écotoxicologie, toxicologie, productions agricoles, contamination

Remerciements

Action pilotée par les Ministères de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire (MASA), de la Transition écologique et de la Cohésion des Territoires (MTECT), de la Santé et de la Prévention (MSP) et de l'Enseignement supérieur et de la Recherche (MESR), avec l'appui financier de l'Office Français de la Biodiversité, dans le cadre de l'APR « Produits phytopharmaceutiques : de l'exposition aux impacts sur la santé humaine et les écosystèmes », grâce aux crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan Écophyto II+

Sébastien. LEMIERE*(1), Brice. LOUVEL (1), Benoît. HOUILLEZ (2)
Anca. LUCAU (3), Ali. SIAH (4),
Rozenn. RAVALLEC (3), Céline.
PERNIN (1), Annabelle. DERAM
(1), Damien. CUNY (1)

(1) Univ. Lille, IMT Lille Douai, Univ. Artois, JUNIA, ULR 4515 - LGCgE, Laboratoire de Génie Civil et géo-Environnement, F-59000 LILLE

(2) Pôle Légumes Région Nord, Chambre régionale d'agriculture des Hauts-de-France, Route d'Estaires, F-62840 LORGIES

(3) Univ. Lille, UMRT BioEcoAgro 1158, F-59000 LILLE

(3) JUNIA, UMRT BioEcoAgro 1158, F-59000 LILLE

Contact e-mail :

sebastien.lemiere@univ-lille.fr



RENDONS-NOUS LES MOULES ZEBREES HEUREUSES EN LES EXPOSANT A DES MEDICAMENTS PSYCHOACTIFS ? ETUDE DES EFFETS SUBLETAUX DE LA SERTRALINE.

La consommation d'antidépresseurs a augmenté de plus de 60% au cours de la dernière décennie. Ils sont relargués dans les écosystèmes d'eau douce via les effluents en raison de l'élimination incomplète de ces composés dans les stations de traitement des eaux usées. Leur étude permettrait donc d'améliorer l'évaluation des risques environnementaux ainsi que d'élaborer et mettre en œuvre des mesures de gestion plus ciblées. La sertraline, un antidépresseur de type "Inhibiteur sélectif de la recapture de la sérotonine (ISRS)", s'avère être un composé de choix dans ce contexte. Les effets secondaires de cet antidépresseur sont connus chez l'Homme, il peut entraîner une perturbation du fonctionnement des cellules neuro-immunitaires, des processus inflammatoires, du stress oxydatif, mais également déclencher des phénomènes d'apoptose et de perturbation neuroendocrinienne. Des différences de réponses au traitement par des antidépresseurs ont également été observées entre les hommes et les femmes. Certaines de leurs cibles moléculaires étant bien conservées au cours de l'évolution, la sertraline est donc susceptible d'interagir avec les mêmes transporteurs et récepteurs chez les organismes non-cibles et impacter leurs fonctions physiologiques. Des propriétés physico-chimiques de la sertraline justifient également l'intérêt d'étudier ses impacts sur les organismes non-cibles. Son log Kow étant supérieur à 3, il est interprété comme rendant ce composé potentiellement bioaccumulable chez les organismes aquatiques. Lamichhane et al (2014) ont par exemple retrouvé jusqu'à 545 ng/g de sertraline dans les organismes aquatiques. Dans ce contexte, les organismes filtreurs risquent d'être particulièrement impactés par la sertraline du fait de ses propriétés de bioaccumulation. Nous avons donc choisi pour cette étude un bivalve dulcicole, *Dreissena polymorpha*, bien connue et utilisée dans les études écotoxicologiques notamment pour ses grandes capacités de filtration. Les antidépresseurs sont également connus pour impacter la reproduction de certains bivalves dulcicoles, en induisant leur ponte, même à de faibles concentrations (Fong, 1998). De ce fait, il est intéressant d'étudier cet organisme au cours de sa période de reproduction. D'autre part, la plupart des études sur l'exposition de mollusques à des produits pharmaceutiques se basent sur des durées d'exposition à court terme (une semaine au plus). Il paraît important d'exposer sur du plus long-terme, afin d'apporter de nouvelles connaissances sur leur comportement et réponses biologiques. L'objectif de notre étude a donc été d'étudier l'impact de faibles concentrations de sertraline (0,05 - 0,5 - 1 - 5 µg/L) sur les réponses biologiques de *Dreissena polymorpha* au moment de sa période de reproduction, pendant une période de 28 jours. Un ensemble ciblé de biomarqueurs ont été choisis dans le but d'étudier les mêmes mécanismes étant connus comme impactés par la consommation d'antidépresseurs chez l'Homme. Des paramètres relatifs au fonctionnement du système neuroendocrinien et, des systèmes de défenses antioxydantes, au métabolisme énergétique, à l'osmolalité ainsi qu'au rôle écologique des bivalves (tels que la filtration, la consommation en oxygène) ont été mesurés. Les résultats obtenus montrent des différences de réponses biologiques entre les mâles et femelles. Les activités du système neuroendocrinien et certaines activités relatives au métabolisme énergétique montrent également des niveaux significativement plus importants chez les mâles que chez les femelles. Il y a une tendance à l'augmentation de certains marqueurs du système neuroendocrinien et de défenses antioxydantes à la plus faible concentration en sertraline. Cependant, aucun effet dose-réponse significatif n'a été observée. Cette étude permet d'apporter de nouvelles connaissances sur les effets sublétaux de la sertraline sur des temps d'exposition plus longs. La reproduction de cette espèce risquant potentiellement d'être perturbée par la présence d'antidépresseurs dans le milieu, ces connaissances sont donc nécessaires afin d'appréhender au mieux les approches d'évaluation des risques dans le contexte d'invasion biologique de cette espèce. Il serait intéressant de s'intéresser aux variabilités saisonnières qui peuvent se traduire dans les réponses biologiques étudiés chez *Dreissena polymorpha*, en effet hors de sa période de reproduction, l'effet du genre devrait être moins marqué, cependant cela reste à démontrer.

Clara Baldacci*(1), Laure Giamberini (1), Marie Zaffino (1), Céline Simon (1), Fanny Louis (1), Vincent Felten (1), and Laetitia Minguez (1)

(1) Laboratoire Interdisciplinaire des Environnements Continentaux, Institut Ecologie et Environnement, France

Mots clés

Ecopharmacovigilance, Produits pharmaceutiques, Bivalves dulcicoles, Biomarqueurs, Evaluation du risque

Remerciements

Ce travail a été soutenu par l'ANR française dans le cadre du projet Pharma CARE (ANR- 21-CE34-0009) et réalisé grâce aux ressources du Pôle de compétences en biologie environnementale ANATELo, LIEC, UMR 7360 CNRS - Université de Lorraine.

Références

Fong, P. P. (1998). Zebra mussel spawning is induced in low concentrations of putative serotonin reuptake inhibitors. In *The Biological Bulletin*.

Lamichhane, K., Garcia, S. N., Huggett, D. B., DeAngelis, D. L., & La Point, T. W. (2014). Exposures to a selective serotonin reuptake inhibitor (SSRI), sertraline hydrochloride, over multiple generations: Changes in life history traits in *Ceriodaphnia dubia*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 101(1), 124–130.



TRANSFORMATION DES PCB PAR DES MICROORGANISMES FONGIQUES ET BACTERIENS

Les polychlorobiphényles (PCB) sont des polluants organiques persistants. Leur dépollution est un enjeu environnemental et sanitaire important puisque les PCB sont reconnus comme étant perturbateurs endocriniens (axes gonadotropes et thyroïdiques), cancérigènes, embryotoxiques, immunotoxiques, neurotoxiques, bioaccumulables et se transférant par bioamplification dans les chaînes alimentaires. Outre le classique stockage des terres contaminées en centre de stockage pour déchets dangereux, les techniques pour décontaminer les matrices polluées par les PCB sont assez peu efficaces et impliquent le plus souvent des méthodes physico-chimiques techniquement très exigeantes, onéreuses et elles-mêmes parfois polluantes. Or, il a été montré que les PCB pouvaient être dégradés par certains microorganismes du sol suggérant que la bio-remédiation des sites pollués est très probablement possible et peut constituer un moyen efficace, plus écologique et plus économique pour éliminer ces polluants. Toutefois, si certaines souches microbiennes dégradent efficacement ces polluants au laboratoire en culture pure, on observe souvent qu'elles ne sont pas efficaces si appliquées seules sur le terrain. Par ailleurs, les produits de dégradation des PCB et leur toxicité sont rarement analysés.

Nous voulons tester l'hypothèse scientifique que les microorganismes ont besoin d'agir et d'être appliqués en consortia pour dégrader efficacement les PCB sur site. Au laboratoire, nous avons isolé 29 champignons et 17 bactéries capables de transformer l'Aroclor in vitro. Ce travail rapporte pour la première fois les capacités de transformation des PCB de champignons affiliés aux genres *Didymella*, *Dothioria*, *Ilyonectria*, *Naganishia*, *Rhodoturula*, *Solicocozyma*, *Thelebolus* et *Truncatella* et des bactéries affiliées aux espèces *Peribacillus frigitolerans*, *Peribacillus muralis*, *Bacillus mycoides*, *Bacillus cereus*, *Bacillus toyonensis*, *Pseudarthrobacter* sp., *Pseudomonas chlororaphis*, *Erwinia aphidicola* et *Chryseobacterium defluvii*. La toxicité de leurs produits de dégradation générés après transformation de l'Aroclor par ces microorganismes est actuellement en cours d'étude (phytotoxicité, embryotoxicité, essais de croissance, de reproduction, génotoxicité, biodisponibilité). En vue d'appliquer ces isolats en consortia dans le sol, des tests d'interactions entre certains d'entre eux ont permis d'exclure les interactions délétères. In fine, ces microorganismes, capables d'être appliqués en consortia, pourront ainsi être testés dans le cadre de bioremédiation de milieux terrestres pollués par des PCB.

Mots clés

Polychlorobiphényles, Bioremédiation, Microorganismes du sol

Remerciements

Ce travail de recherche est effectué en collaboration avec le living lab sur les sols de la SCIC CRISALID.

Flavien MAUCOURT (1,2),
Thibault LE GRATIET (1), David
CHAPULLIOT (1), Thomas CURIE
(2), Sylvie NAZARET (1), Maxime
LOUZON (2), Laurence
FRAISSINET-TACHET (1)

(1) Université de Lyon, UMR CNRS
5557 INRA 1418, Laboratoire
d'Ecologie Microbienne, F-69622 Lyon,
France

(2) Ecosystem department, ENVISOL, 2
rue Hector Berlioz, 38110 La Tour du
Pin, France

contact e-mail: laurence.fraissinet-
tachet@univ-lyon.fr



ZONES TAMPONS HUMIDES ARTIFICIELLES EN MILIEU AGRICOLE : REFUGES OU PIEGES ECOLOGIQUES ?

Une partie des contaminants agricoles (pesticides, azote) épandus sur les sols cultivés atteint l'hydrosphère via notamment le drainage agricole (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 des réservoirs potentiels de contaminants susceptibles d'impacter les espèces sauvages qu'elles abritent en agissant comme des pièges écologiques. Dans ce contexte, la ZTHA de Rampillon (Seine-et- Marne) intercepte les eaux drainage et de ruissellement d'un bassin agricole. La biocénose aquatique qui y vit étant potentiellement exposée aux effets de la pollution agricole, un enjeu majeur est donc de déterminer si les ZTHA constituent des refuges ou au contraire des pièges écologiques. Pour répondre à cette question, la présente étude vise à évaluer les réponses biologiques à l'exposition aux contaminants par des campagnes de mesures et de suivis multi-taxa (amphibiens, macro-invertébrés benthiques) à différents niveaux d'organisation (individus, populations, communautés), sur la base de comparaisons temporelles et inter-sites des réponses. Les sites de comparaison sélectionnés suivent un gradient de contamination aux polluants agricoles. Sont évalués : (i) l'intégrité structurelle de la biodiversité aquatique de la ZTHA via l'analyse de tendances d'indices de biodiversité, (ii) la réponse fonctionnelle de la communauté de macro-invertébrés benthiques via l'analyse des niveaux de dégradation de la litière et (iii) les effets écotoxicologiques et fonctionnels des pesticides sur une espèce d'invertébrés *Gammarus* sp. suivie en mésocosme. Nos premiers résultats, issus d'une période de recensement de février à juillet 2023, indiquent que la ZTHA est caractérisée par un fort niveau de biodiversité d'amphibiens comparativement aux sites contrôles exposés et non exposés. La dégradation de la litière est similaire entre les sites soumis à des pressions pesticides différentes et le site le plus contaminé semble être plus riche en espèces d'invertébrés polluo-résistantes. Ce résultat pourrait être lié aux effets néfastes des pesticides sur les populations d'espèces sensibles. La majorité des fonctions mesurées de *Gammarus* sp. ne semblent pas répondre au cocktail de pesticides. Toutefois, le taux d'excitation des gammars exposés au cocktail semble plus élevé que celui des contrôles, confirmant un effet stressant du cocktail. Ces travaux permettent de mieux comprendre le rôle des zones tampons humides artificielles dans les dynamiques de la biodiversité aquatique en milieu agricole.

Alexandre Michel*(1), Aliénor Jeliakov (1), Jérémie Lebrun (1), Cédric Chaumont (1), Virginie Archaimbault (1), Mathieu Girondin (1), Fatima Joly (1), and Julien Tournebize (1)

(1) Hydrosystèmes continentaux anthropisés : ressources, risques, restauration, Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement, France

Mots clés

Ecologie, Ecotoxicologie, Zone tampon humide artificielle, Pesticides, Amphibiens, Macro-invertébrés aquatiques, Biosurveillance, Fonction écosystémique.

Remerciements

Les auteurs remercient l'Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement (INRAE), l'Office Français de la Biodiversité (OFB) et l'Agence de l'Eau Seine-Normandie pour leur appui financier (Bourse doctorale et appui des suivis de terrain).

Références

- (1) Tournebize J., Chaumont C., Mander U., 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) Schafer RB, von der Ohe PC, Rasmussen J, Kefford BJ, Beketov MA, Schulz R, Liess M, 2012. Thresholds for the Effects of Pesticides on Invertebrate Communities and Leaf Breakdown in Stream Ecosystems. *Environ. Sci. Technol.* 46, 5134-5142.



NEUROTOXICITY OF A NEONICOTINOID INSECTICIDE, IMIDACLOPRID, TO NON-TARGET ORGANISM, PLANARIAN

Neonicotinoids are one of the most commercialized group of pesticide worldwide. With a structure similar to nicotine, neonicotinoids act as agonists at the insect nicotinic acetylcholine receptors (nAChR) in the nervous system. In agriculture, they are used to control pests through a systemic mode of action which is not specific to target species. Our study aims to evaluate the neurotoxicity of Imidacloprid, a major neonicotinoid on a non-target species, freshwater planarians. Freshwater planarian, an invertebrate flatworm, have shown to be a promising alternative model to assess chemicals that may end up in aquatic environment. Their small size allows medium to high-throughput in vivo screening of toxicity. Their nervous system share the same neuronal subpopulations and neurotransmitters as the mammalian brain, making them potential screening tools for predicting pollutant toxicity for mammals. We first investigated neurotoxic responses through multiple behavioural endpoints, by quantifying stereotypies, locomotion and response to light stimulation of planarians exposed to sublethal concentrations of Imidacloprid (0.01 to 3 μ M) for 24h. Then, the expression of 12 related nAChR genes have been analysed by RT-qPCR. Planarians exposed to Imidacloprid have elicited screw-like hyperkinesia in a dose-dependent manner. Thus, our approach aims to establish a link between observed behavioural responses and gene expression variation.

Keywords

Neonicotinoid, nAChRs, planaria, stereotypies, locomotion, nicotine

Acknowledgements

We would like to thank the Occitanie region and the Institut National Universitaire Champollion for funding Lucia Rejo's PhD and Marie Ksen's Master's internship respectively.

Lucia. REJO*(1), Marie. KSEN (1), Jean-Luc. CARAYON (1), Jean-Michel. MALGOUYRES (1), Elsa BONNAFE (1), Caroline VIGNET (1)

(1) Biochimie et Toxicologie des Substances Bioactives, EA-7417 Institut National Universitaire Champollion, 81000, Albi, France
Contact e-mail :

*lucia.rejo@univ-jfc.fr



ANALYSE DE LA REPONSE PROTEOMIQUE DE DEUX ESPECES DU GENRE DREISSENA EXPOSEES AU CADMIUM

Les lanthanides (Ln) sont un groupe de 15 éléments qui incluent le gadolinium (Gd) et le lanthane (La). En raison de leur demande croissante dans les technologies contemporaines, les Ln sont désormais considérés comme des polluants émergents, ce qui rend urgent l'étude de leurs effets sur les organismes aquatiques, tels que *Daphnia magna*. Les modèles d'effets mécanistiques tels que le modèle de toxicocinétique et toxicodynamique (TKTD) permettent une évaluation plus précise des potentiels effets des contaminants sur les écosystèmes aquatiques. Bien que les modèles TKTD soient couramment développés pour de nombreux métaux, ils sont encore peu disponibles pour les Ln et se limitent pour le moment aux organismes terrestres (Huang et al., 2020; Gong et al., 2021). Par conséquent, l'objectif de cette étude est d'examiner les effets subchroniques de La et Gd sur *D. magna* en utilisant un modèle réduit TKTD issu du modèle GUTS (General Unified Threshold models of Survival) en supposant que la sensibilité de chaque individu au stress métallique est comparable (GUTS-RED-SD) (Jager et al., 2011).

Pour cette étude, trois répliques de cinq nouveaux nés (<24h) ont été exposés dans 50mL de milieu contaminé aux La ou Gd à différentes concentrations nominales (0, 0.5, 0.75, 1, 1.25, 1.75, 2.5 et 5 mg/L) pendant 7 jours et ont été nourris quotidiennement avec 8×10^6 cellules jour⁻¹ de *Raphidocelis subcapitata*. La mortalité des daphnies a été surveillée quotidiennement pendant 7 jours et la concentration de La et Gd dissous a été mesurée par ICP-MS à la fin du test. Les paramètres estimés (la constante de taux toxicocinétique dominante, la concentration sans effet et le taux de mortalité) par le modèle TKTD sont significativement différents selon les concentrations utilisées (concentration nominale ou dissoute après 7 jours d'exposition). Cependant, quelle que soit la concentration utilisée, les valeurs de LC50 pour Gd sont constamment inférieures à celles de La, indiquant une toxicité plus élevée pour Gd.

Pour plus d'information sur la toxicocinétique de La and Gd dans *D. magna*, la biodistribution des métaux dans les organismes a été étudiée par nano-imagerie par fluorescence X sur la ligne de lumière NANOSCOPIUM au synchrotron SOLEIL (Paris). Ces résultats indiquent que le tractus intestinal est le principal site d'accumulation du Gd et du La chez *Daphnia magna*. Les microalgues sont connues pour être des biosorbants efficaces pour les métaux peuvent potentiellement absorber des métaux dissous avant d'être ingérées par les daphnies tout comme des précipités et des particules métalliques en suspension, ce qui expliquerait la forte accumulation de métaux dans le système digestif des animaux. Cette étude a révélé que le principal mécanisme d'accumulation, même à des concentrations létales, est l'ingestion de précipités métalliques, qui n'est pas pris en compte dans le modèle basé sur la concentration dissoute.

Mots clés

Lanthanides, Terres Rares, modèle TKTD, GUTS, biodistribution, synchrotron, fluorescence de rayons X

Références

Gong, B., He E., Van Gestel C. A. M., Tang Y., Yang W., Yang J., Li Y. and Qiu H. (2021). "Dynamic interaction processes of rare earth metal mixtures in terrestrial organisms interpreted by toxicokinetic and toxicodynamic model." *Journal of Hazardous Materials* 418: 126281.

Huang, X., He E., Qiu H., Zhang L., Tang Y.-T., Zhao C., Li M., Xiao X. and Qiu R. (2020). "Do toxicokinetic and toxicodynamic processes hold the same for light and heavy rare earth elements in terrestrial organism *Enchytraeus crypticus*?" *Environmental Pollution*: 114234.

Jager, T., Albert C., Preuss T. G. and Ashauer R. (2011). "General unified threshold model of survival-a toxicokinetic-toxicodynamic framework for ecotoxicology." *Environmental science & technology* 45(7): 2529-2540.

Marion REVEL*(1, 2), Edith PADILLA SUAREZ (3), Kadda MEDJOUBI (4), Andrew HURSTHOUSE (2), Susanne HEISE (1)

(1) Life Sciences, Hamburg University of Applied Science, Ulmenliet 20. D-21033 Hamburg, Germany

(2) University of the West of Scotland, Paisley, PA1 2BE, UK

(3) University of Naples Federico II, C.so Umberto I, 40, 80138 Napoli NA, Italy

(4) SOLEIL synchrotron, L'Orme des Merisiers, Dptale 128, 91190 Saint-Aubin, France

Contact e-mail :

marion.revel@haw-hamburg.de

SEFA
LE HAVRE
2023



POSTERS



ESTIMATION DU COEFFICIENT D'ADSORPTION DES PESTICIDES ORGANOPHOSPHORES DANS LE SOL PAR MODELISATION QSPR SUR UNE PLATEFORME WEB GRATUITE

L'évaluation des risques environnementaux associés aux composés organophosphorés nécessite la détermination de leur coefficient d'adsorption dans le sol (Koc), une étape qui est à la fois coûteuse et longue. Dans ce travail, nous avons utilisé une plateforme en ligne gratuite pour développer des modèles de prédiction du Koc des pesticides organophosphorés. Nous avons effectué une analyse complète de la structure moléculaire et des propriétés pour générer plusieurs modèles QSPR. Ensuite, en examinant différentes combinaisons optimales de modèles, nous avons consolidé ces modèles en un modèle de consensus. Tous les modèles, les données et les calculs sont partagés gratuitement sur la plateforme. Cette approche offre un moyen rapide de détermination du Koc des composés organophosphorés, ce qui permet une évaluation plus efficace des risques associés à ces substances dans l'environnement.

Mazari AITKACI ^{*(1,2)}, A.
BERREBAH ALIOUA (1), K.
BENTAYEB (3) F. BELHOUCINE (1),
Y. ABISMAIL (1)

(1) Lates, Dép. vivant et
environnement, Faculté SNV,
Université des sciences et de la
Technologie Mohamed Boudiaf, Oran,
Algérie

(2) Université Akli Mohand Oulhadj
Bouira, Algérie

(3) LIPE, Université des sciences et de
la Technologie Mohamed Boudiaf,
Oran, Algérie

Contact e-mail:
mazariaitkaci@gmail.com

Mots clés

Pesticide, évaluation des risques environnementaux, Koc, QSPR



CHANGEMENTS GLOBAUX ET ECOTOXICOLOGIE : LA FORTE INFLUENCE DES FACTEURS CONFONDANTS

Le concept de limites planétaires a été initié en 2009, proposant une mesure quantitative des processus qui régulent la stabilité et la résilience du système Terre. Parmi les 9 limites planétaires définies, cinq d'entre elles ont déjà été dépassées de manière irréversible, dont celles du changement climatique et de la pollution chimique. L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements extrêmes est observée depuis plusieurs dizaines d'années [1-2] et les conclusions du récent rapport du GIEC tendent vers une accentuation de ces derniers au cours du siècle. Les organismes ectothermes, dont l'activité métabolique dépend de la température environnante, peuvent avoir des capacités de dispersion limitées et ne peuvent donc s'échapper vers des milieux plus cléments (ex. bivalves). Ces organismes pourraient ainsi ne pas être en mesure de gérer des variations de température excessives répétées et associées à une contamination permanente [3]. La plupart des masses d'eau est soumise à une contamination chronique à différents degrés d'intensité. La plupart des études combinant un stress thermique et une contamination chimique se sont souvent concentrées sur l'impact du déplacement des températures moyennes en présence d'un contaminant [4-6]. Cependant, l'amplitude et la fréquence des changements de température semblent également exercer une pression de sélection capable de modifier la fitness des organismes [7-12], pouvant ainsi exacerber les effets de la pollution. L'objectif de cette étude était d'évaluer les effets de vagues de chaleur répétées combinées à un stress multi-métallique sur le bivalve modèle d'eau douce, *Dreissena polymorpha*. Les bivalves ont été respectivement exposés 40 jours à 20 et 5 µg/L de nickel et de chrome et des vagues de chaleur hebdomadaires d'une amplitude de 15°C ont été simulées pendant 24h. Des marqueurs sub-individuels (osmolalité, dommages cellulaires, stress oxydatif, métabolisme énergétique) et individuels (allocation énergétique à la croissance et à la reproduction) ont été suivis chaque semaine. Un effet significatif du sexe a été observé au printemps ainsi qu'une sensibilité différente face aux stress en fonction du niveau d'organisation biologique ciblé. Le cycle de reproduction est un facteur confondant connu en écotoxicologie. L'allocation énergétique pour la reproduction diffère entre les mâles et les femelles impliquant des compromis énergétiques pouvant aboutir à une moindre quantité d'énergie disponible pour les mécanismes de défense. Afin de mesurer cet effet confondant, l'expérimentation a été renouvelée en période de repos, en automne, sur la même population de moules. Le facteur saisonnier représentait 43% de la variabilité totale du jeu de données. L'influence du genre observée en période de reproduction n'a pas été significative en période de repos. Les réponses mesurées ont montré des réponses inversées en fonction de la saison avec des effets plus marqués chez les dreissènes exposées en automne. Les nombreuses pressions présentes simultanément dans les milieux naturels nous pousse vers des approches multi-stress et multi-marqueurs en laboratoire pour mieux comprendre et appréhender les effets des changements globaux. En plus de la complexité des jeux de données acquis, les facteurs confondants modulent considérablement les réponses mesurées. Cette étude a mis en avant des réponses contrastées en fonction (1) du sexe, (2) de la saison et (3) du niveau d'organisation biologique ciblé. Bien que l'effet des vagues de chaleur combinées au stress métallique a été plus marqué en période de repos d'après les réponses ciblées, les compromis énergétiques mis en place par les moules au printemps peuvent avoir des conséquences à long terme sur les populations notamment à travers les processus de reproduction.

Fanny LOUIS*, Vincent FELTEN,
Sandrine PAIN-DEVIN, Simon
DEVIN et Laure GIAMBERINI

Université de Lorraine, CNRS, LIEC, F-
57000 Metz, France

Contact e-mail :
fanny.louis@univ-lorraine.fr

Mots clés

Facteurs confondants, vague de chaleur, métaux, bivalves

Remerciements

Ce travail a été soutenu par le LABEX Ressources 21.

Références

- [1] IPCC, 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- [2] Drijfhout, S., Bathiany, S., Beaulieu, C., Brovkin, V., Claussen, M., Huntingford, C., Scheffer, M., Sgubin, G., Swingedouw, D., 2015. Catalogue of abrupt shifts in Intergovernmental Panel on Climate Change climate models. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 112, E5777–E5786.
- [3] Pletterbauer F., Melcher A., Graf W. (2018) Climate Change Impacts in Riverine Ecosystems. In: Schmutz S., Sendzimir J. (eds) *Riverine Ecosystem Management. Aquatic Ecology Series*, vol 8. Springer, Cham.
- [4] Lannig, G., Cherkasov, A.S., Sokolova, I.M., 2006. Temperature-dependent effects of cadmium on mitochondrial and whole-organism bioenergetics of oysters (*Crassostrea virginica*). *Mar. Environ. Res.* 62, S79–S82.
- [5] Sokolova, I.M., Frederich, M., Bagwe, R., Lannig, G., Sukhotin, A.A., 2012. Energy homeostasis as an integrative tool for assessing limits of environmental stress tolerance in aquatic invertebrates. *Mar. Environ. Res.* 79, 1–15.
- [6] Wieser, W., 1973. Temperature Relations of Ectotherms: A Speculative Review, in: Wieser, W. (Ed.), *Effects of Temperature on Ectothermic Organisms: Ecological Implications and Mechanisms of Compensation*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 1–23.
- [7] Bozinovic, F., Catalán, T.P., Estay, S.A., Sabat Kirkwood, A.P., 2013. Acclimation to daily thermal variability drives the metabolic performance curve. *Evol. Ecol. Res.*
- [8] Clavijo-Baquet, S., Boher, F., Ziegler, L., Martel, S.I., Estay, S.A., Bozinovic, F., 2014. Differential responses to thermal variation between fitness metrics. *Sci. Rep.* 4, 5349.
- [9] Marrot, P., Charmantier, A., Blondel, J., Garant, D., 2018. Current Spring Warming as a Driver of Selection on Reproductive Timing in a Wild Passerine. *J. Anim. Ecol.* 87, 754–764.
- [10] Pörtner, H.-O., Knust, R., 2007. Climate Change Affects Marine Fishes Through the Oxygen Limitation of Thermal Tolerance. *Science* 315, 95–7.
- [11] Uiterwaal, S.F., Lagerstrom, I.T., Luhring, T.M., Salsbery, M.E., DeLong, J.P., 2020. Trade-offs between morphology and thermal niches mediate adaptation in response to competing selective pressures. *Ecol. Evol.* 10, 1368–1377.
- [12] Vasseur, D.A., DeLong, J.P., Gilbert, B., Greig, H.S., Harley, C.D.G., McCann, K.S., Savage, V., Tunney, T.D., O'Connor, M.I., 2014. Increased temperature variation poses a greater risk to species than climate warming. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 281, 20132612.



ETUDE DES EFFETS D'UNE CONTAMINATION AUX MICROPLASTIQUES ENVIRONNEMENTAUX SUR LE CRUSTACE MARIN PORCELLANA PLATYCHELES (DECAPODA)

Les microplastiques (MPs) sont des polluants omniprésents en mer. Les études portant sur leurs abondance et accumulation au sein de divers modèles animal assurant des fonctions écologiques distinctes (filtreur, prédateur...) sont communes et démontrent leur accumulation dans les divers tissus (systèmes circulatoire, digestif, respiratoire...). Toutefois, les travaux portant sur l'étude de leurs effets au niveau des réponses précoces moléculaires et enzymatiques sont plus restreintes. Notre étude porte sur l'estimation des réponses enzymatiques antioxydantes (Catalase, GPx, SOD), de l'acétylcholinestérase (AChE) et du phénomène de la peroxydation lipidique (MDA) lors de contaminations expérimentales par balnéation (Durées : 5 et 10 jours) à des concentrations de MPs environnementales [10 µg/L (estuaire), 100 µg/L (gyre océanique)] chez l'anomure *Porcellana platycheles* (Porcellanidae). Cette espèce est commune au niveau de l'étage infralittoral du Sud de la Norvège au Portugal. Elle présente un mode d'alimentation suspensivore en filtrant les particules grâce ce à ses 3èmes maxillipèdes. Les expériences de contamination ont été réalisées en utilisant des macroplastiques collectés sur le terrain et transformés en MPs en laboratoire. Nos analyses révèlent un effet hormétique des MPs sur le crustacé et ce, aux deux concentrations, aux deux durées d'exposition et sur les divers biomarqueurs montrant donc une activité moindre des enzymes lors des contaminations. Cet effet hormétique est en accord avec ce qui a été observé sur divers modèles animal (Sun et al., 2021). Une atténuation significative des réponses enzymatiques est également observée entre les deux temps d'exposition (5, 10 jours). De plus, un effet neurotoxique est observé par une inhibition de l'activité de l'acétylcholinestérase. Ces résultats préliminaires suggèrent un effet des plastiques mais probablement aussi des additifs associés.

Mots clés

Microplastiques, *Porcellana platycheles*, enzymes antioxydantes, peroxydation lipidique, hormone

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier le Dr Fabienne Lagarde (Lab. IMMM, Le Mans Université) pour avoir fourni les microplastiques.

Références

Sun T., Zhan J., Li F., Ji C. et Wu H. 2021. Effect of microplastics on aquatic biota: a hormetic perspective. *Environmental Pollution*. 285: 117206.

Clément Baracchini (1), Philippe Stocker (1), Amélie Châtel (2), Vincent Leignel (1)

(1) Lab. BIOSSE, Avenue Olivier Messiaen, 72000 Le Mans

(2) Lab. BIOSSE, Université Catholique de l'Ouest, F-49000, Angers, France

Contact e-mail : vincent.leignel@univ-lemans.fr



IMPACT DE LA CAFÉINE (CONTAMINANT EMERGENT EN MER) SUR LE GASTÉROPODE MARIN, LITTORINA LITTOREA

La caféine (CAS number : 58-08-2) est un composé issu majoritairement de la torréfaction des graines de deux espèces de caféiers (*Coffea arabica*, *C. canephora*) originaires d'Afrique. La teneur en caféine dans un café dépend de la méthode de production allant de 580 mg/L pour un America press à 4210 mg/L pour un Ristretto italien. Le corps humain métabolise facilement la caféine néanmoins 0,5 à 10% sont excrétés par les urines sous forme primaire ou métabolisée. La demi-vie de la caféine dans l'eau est de 100-240 jours (Vieira et al., 2022) Le traitement des eaux usées permet de retirer en moyenne 99,5% de la caféine présente mais en fonction des méthodes utilisées ce pourcentage peut varier de 70 à 95% (Quadra et al., 2020). La solubilité de la caféine dans l'eau est élevée puisqu'elle est de 10 et 50 mg/ml à 25°C. Des concentrations importantes de caféine (5-11 µg/L) ont été trouvées en mer dans divers océans (Vieira et al., 2022). En Europe les concentrations mesurées de caféine en milieu marin sont du Nord au Sud de : 4,9-677 ng/L en mer du Nord (Allemagne, Hollande, Norvège, Suède), 4-804 ng/L en océan Atlantique (France, Portugal), 4,5-3068 ng/L en mer méditerranéenne (Grèce, Turquie), 8,2-1110 ng/L en mer adriatique (Italie) (Vieira et al., 2022). Ce composé est donc considéré actuellement comme un contaminant émergent en milieu aquatique (Li et al., 2020).

Les effets de ce composé ont été évalués sur divers modèles animal marin (annélide, bivalve, crabe, poisson) indiquant un stress oxydant et parfois des dommages à l'ADN (Li et al., 2020). Aucune étude n'avait à ce jour évalué l'impact de la caféine sur les gastéropodes marins. Pourtant ces organismes sont fortement diversifiés en mer et assurent différentes fonctions écologiques (brouteur, kleptoplastie, prédateur, détritivore). En revanche, il a été montré un effet molluscicide sur les escargots terrestres (Hollingsworth et al., 2003).

Nous présentons une étude portant sur l'incidence de la caféine sur l'espèce *Littorina littorea* (Coenogastropoda), reconnue comme sentinelle en écotoxicologie (Noventa et al., 2011). Ces contaminations ont été effectuées sur deux lapses de temps [96 heures, contamination aigue ; 14 jours, contamination subchronique]. Les concentrations testées ont été respectivement de 5 µg/L, 10 µg/L et 50 µg/L pendant 96h ; 5 µg/L et 10 µg/L pendant 14 jours.

Les résultats obtenus ont clairement montré que dès 96h une augmentation de l'activité de la SOD est notée à 10 µg/L et 50 µg/L ; ainsi qu'un taux plus important de peroxydation lipidique pour les lots contaminés à 5 µg/L et 50 µg/L. Ceci vient confirmer les effets publiés sur les bivalves marins (Cruz et al., 2016). Notre approche en contamination subaiguë (14 jours) a montré des augmentations encore plus importantes des réponses antioxydantes puisque les activités enzymatiques ont été supérieures au lot contrôle dans les conditions suivantes : Catalase (5 µg/L, 10 µg/L), GPx (5 µg/L), SOD (10 µg/L). La peroxydation lipidique a également été plus forte dans les lots 5 µg/L et 10 µg/L par rapport au contrôle. En parallèle, cette étude confirme que l'espèce *Littorina littorea* se révèle être une nouvelle fois une espèce sentinelle intéressante pour évaluer la qualité de son environnement.

Clément Baracchini, Hélène Froppier, Philippe Stocker, Vincent Leignel

Lab. BIOSSE, Avenue Olivier Messiaen, 72000 Le Mans

Contact e-mail : vincent.leignel@univ-lemans.fr

Mots clés

Caféine, *Littorina littorea*, enzymes antioxydantes, peroxydation lipidique

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier le Dr Fabienne Lagarde (Lab. IMMM, Le Mans Université) pour avoir fourni les microplastiques.

Références

- Cruz D., Almeida A., Calisto V., Esteves V., Schneider R.J., Wrona F.J., Soares A.M.V.M., Figuiera E. et Freitas R. 2016. Caffeine impacts in the clam *Ruditapes philippinarum*: Alterations on energy reserves, metabolic activity and oxidative stress biomarkers. *Chemosphere*. 160: 95-103.
- Hollingsworth R.G., Armstrong J.W. et Campbell E. 2003. Caffeine as a novel toxicant for slugs and snails. *Annals of Applied Biology*. 142(1): 91-97.
- Li S., He B., Wang J., Liu J. et Hu X. 2020. Risks of caffeine residues in the environment: necessity for a targeted ecopharmacovigilance program. *Chemosphere*. 243: 125343.
- Noventa S., Pavoni B. et Galloway T.S. 2011. Periwinkle (*Littorina littorea*) as a sentinel species: a field study integrating chemical and biological analyses. *Environmental Science & Technology*. 45(7): 2634-2640.
- Quadra G.R., Paranaíba J.R., Vilas-Boas J., Roland F., Armado A.M., Barros N., Dias R.J.P. et Cardoso S.J. 2020. A global trend of caffeine consumption over time and related-environmental impacts. *Environmental Pollution*. 256: 113343.
- Vieira L.R., Soares A.M.V.M. et Freitas R. 2022. Caffeine as a contaminant of concern: a review on concentrations and impacts in marine coastal systems.



CHANGEMENT DE COULEUR PHYSIOLOGIQUE SUR DES EXPLANTS DE PEAU DE SEICHE : UN OUTIL INNOVANT POUR L'ÉVALUATION DES RISQUES LIÉS AUX CONTAMINANTS

Le changement de couleur est une capacité très répandue chez les animaux, connue pour remplir une série de fonctions biologiques : thermorégulation, protection contre les UV, cryptisme ou encore communication. Il est permis soit par la production, la dégradation ou la modification de structures pigmentées (changement de couleur morphologique), soit par des changements de leur distribution intracellulaire (changement de couleur physiologique). Selon les taxons, les mécanismes de changement de couleur physiologique peuvent être contrôlés par des voies nerveuses et/ou hormonales, avec lesquelles de nombreux contaminants environnementaux pourraient interférer. Par conséquent, les approches quantitatives du changement de couleur physiologique peuvent offrir de nouvelles possibilités d'évaluation des risques toxicologiques. En outre, les céphalopodes constituent des modèles bien étudiés pour leurs capacités de changement de couleur. Leur peau est constituée d'une variété de chromatophores (cellules pigmentées jaunes, rouges et brunes) posés sur des leucophores et des iridophores, réfléchissant la lumière. Les changements dynamiques de couleur pigmentaire impliquent principalement l'action mécanique de structures neuromusculaires associées aux chromatophores, qui entraîne la dispersion ou la concentration des organites pigmentés. Nous avons donc mis au point un bioessai combinant le développement (1) d'un protocole standardisé et reproductible pour la préparation d'explants de peau de seiche commune (*Sepia officinalis*) et l'acquisition d'images et (2) d'un logiciel capable de quantifier l'activité des chromatophores en réponse à l'application de contaminants. Les méthodes d'analyse d'image existantes, basées sur la segmentation, ne permettant pas de résoudre certains problèmes liés aux mouvements de la peau et à l'individualisation des chromatophores chevauchants, nous avons développé une méthode utilisant du deep learning. Ses performances sont illustrées ici par l'analyse des réponses aux inhibiteurs sélectifs de la recapture de la sérotonine (ISRS-antidépresseurs) et à des perturbateurs endocriniens potentiels.

Cécile Bellanger* (1),(2), Anaïd Gouveneaux (2),(3),(4), Mamoudou Sano (5), and Nicolas Elie (5)

(1) Normandie Univ, Unicaen, CNRS, EthoS, 14000 Caen, Normandie Univ, UNICAEN, CNRS : UMR6552, France

(2) Univ Rennes, CNRS, EthoS (Ethologie animale et humaine) - UMR 6552, F-35000 Rennes, France, CNRS, France

(3) Normandie Univ, Unicaen, CNRS, EthoS, 14000 Caen, Normandie Univ, UNICAEN, CNRS : UMR6552, Univ Rennes, CNRS, Normandie Univ, EthoS - UMR 6552, 35000 Rennes, Normandie Univ, Univ Le Havre, UMR-I 02 SEBIO - Stress Environnementaux et BIOSurveillance des milieux aquatiques 76600 Le Havre, France

(4) Normandie Université, UNILEHAVRE, UMR-I02, Stress environnementaux et biosurveillance des milieux aquatiques (SEBIO), 76600 Le Havre, France, université Le Havre Normandie, France

(5) Normandie Université, UNICAEN Centre de microscopie appliquée à la biologie (CMABio), 14032 Caen, France, Normandie Univ, UNICAEN, France



PROJET MICROTOOL : L'EMPREINTE DU MICROBIOTE COMME UN OUTIL NON INVASIF POUR LA BIOSURVEILLANCE

Le besoin d'évaluation des risques sur la santé des écosystèmes s'accroît avec l'émergence constante de nouveaux contaminants. Néanmoins, la recherche de biomarqueurs s'appuie souvent sur des procédures invasives voire létales.

Dans un souci de démarche expérimentale plus responsable, le projet MICROTOOL propose d'explorer une nouvelle approche exploitant le microbiote en tant qu'outil non invasif pouvant refléter l'état de santé des organismes.

L'objectif principal du projet MICROTOOL est d'évaluer la modulation du microbiote associé à l'hémolymphe chez la moule *Mytilus edulis* et du microbiote associé au mucus cutané chez le bar *Dicentrarchus labrax* après une exposition à deux contaminants émergents. MICROTOOL vise à répondre à trois questionnements scientifiques :

- 1) Le microbiote de l'hémolymphe chez les moules et le microbiote du mucus cutané chez le bar peuvent-ils être modulés par les xénobiotiques ?
- 2) Peut-on identifier des empreintes spécifiques du microbiote en réponse à la contamination ?
- 3) Peut-on établir un lien entre la modulation du microbiote et l'état de santé de nos organismes ?

In fine, le projet MICROTOOL permettra de développer un outil de surveillance des risques d'exposition liées à la qualité des eaux avec des approches non invasives plus respectueuses du bien-être animal.

Mots clés

Moule bleue, bar, microbiome, biomarqueurs, contaminants émergents

Remerciements

Ce projet est financé par la région de Normandie

Yosra BEN CHEIKH*(1), Florence BULTELE (1), Béatrice ROCHER (1), Frank LE FOLL (1), Carlos CANCHAYA (2), Gersende MAUGARS (1), Stéphanie OLIVIER (1), Agnès PORET (1), Nathalie GIUSTI (1), Corentine GUILLOTON (1), Salima AROUA (1)

(1) UMR I02 SEBIO ULH, 25 rue Philippe Lebon, 76600 le Havre

(2) CINBIO université de Vigo, Estrada de Marcosende, 36310 Vigo, Pontevedra, Espagne

Contact e-mail :

yosra.ben-cheikh@univ-lehavre.fr



APPROCHE METABOLOMIQUE SEMI-CIBLEE POUR L'IDENTIFICATION DE BIOMARQUEURS LIPIDIQUES ASSOCIES AU GENRE, A LA CROISSANCE ET A LA MORTALITE CHEZ LA MOULE MYTILUS EDULIS

Suite à différents épisodes de mortalité majeurs observés chez les moules (*Mytilus edulis*) sauvages et d'élevages du littoral Atlantique depuis 2014, et à l'absence de connaissance sur les facteurs de risques liés, une approche métabolomique semi-ciblée pour l'étude des profils lipidiques de moules a été développée. L'étude s'est concentrée sur la recherche de biomarqueurs lipidiques permettant de caractériser le genre et la croissance des individus puis d'identifier les perturbations du lipidome liés aux facteurs de mortalité. Pour ce faire, cinq sites d'étude ont été sélectionnés selon la présence ou l'absence de surmortalités. Des prélèvements mensuels des moules ($n = 10$) sur chaque site ont été réalisés de septembre 2017 à juin 2018, provenant de naissains du printemps 2017. Le profilage des lipides a été réalisé avec des techniques de Spectrométrie de Masse en Haute Résolution (HRMS) couplé ou non à système de séparation, soit respectivement en Chromatographie Liquide (HPLC) et en Flow Injection Analysis (FIA). Les biomarqueurs d'intérêts sélectionnés par diverses analyses multivariées ont été caractérisés à l'aide de fragmentation MS². Afin d'évaluer la variabilité naturelle, l'étude des données s'est, dans un premier temps, concentrée sur le lipidome des individus provenant des sites considérés comme peu impactés par des phénomènes de surmortalités ($n=178$). Les résultats obtenus ont montré une stabilité du taux de lipides au cours du cycle de croissance. Après un pré-traitement des données, les empreintes lipidiques sont composées de 783 ions, correspondant à 596 ions positifs et 187 négatifs. Une influence marquée de la croissance et du genre est observée sur ce lipidome, majoritairement de février à juin. A l'aide d'une analyse supervisée (Multiblock Partial Least Squares Discriminant analysis), 56 ions, dont les variations sont associées uniquement à la croissance, ont pu être isolés et identifiés. Cette étude confirme que l'analyse du lipidome permet de mettre en évidence des marqueurs de croissance de la moule commune, ceux-ci pouvant varier selon le genre et l'âge de celles-ci. Il serait intéressant d'évaluer si ces lipides peuvent être perturbés en conditions de stress, dans le cadre d'une étude en écotoxicologie. Plus globalement, cette étude montre l'intérêt de l'approche métabolomique semi-ciblée pour mettre en évidence des modifications métaboliques liées à l'âge, le sexe ou le lieu de croissance des bivalves.

S. BERTRAND (1), C.
BARATANGE (1), Y. BRUNATO
(1), K. BARREAU (1), A.
ZALOUK-VERGNOUX (1), P.
GLIZE (2), L. POIRIER (1)

(1) UR 2160 ISOMer, Nantes
Université, 44322 NANTES
(2) SMIDAP, 3 rue Célestin Freinet,
44200 NANTES

Contact e-mail :
laurence.poirier@univ-nantes.fr

Mots clés

Lipidomique, profilage lipidique, FIA-HRMS, biomarqueurs, croissance, moule bleue

Remerciements

Les auteurs remercient La région Pays de la Loire et le SMIDAP pour le financement de cette étude, ainsi que pour la réalisation de l'échantillonnage.



EFFET DE LA TAILLE DES PARTICULES DE MICROPLASTIQUE EN POLYETHYLENE SUR LA FAUNE DU SOL

Les microplastiques (MP) sont devenus une préoccupation émergente pour les écosystèmes terrestres en raison de leur présence ubiquiste dans les sols. Les études récentes des impacts des MP sur les propriétés du sol mettent en évidence des effets directs comme une diminution du pH ou encore de la capacité de rétention en eau. Sur la faune du sol, les études font état d'effets négatifs observés comme une diminution de la croissance et de la survie chez les vers de terre. Les activités enzymatiques associées aux communautés bactériennes sont également affectées de manière négative. Cependant ces effets dépendent du type de sol, du type de plastique ou encore du type d'organisme et de son exposition, de sorte qu'il est encore difficile de

prédire des effets, même à court ou moyen terme. En particulier, la taille des particules représente un paramètre qui induit des variations sur les effets observés chez les individus. De manière générale, plus les particules sont petites, et plus les effets observés sont importants. Cependant, les résultats actuellement disponibles nous renseignent sur l'effet taille sur un organisme unique, et non des organismes en interaction, souvent exposé à des concentrations en contaminants nettement supérieures aux concentrations environnementales[i].

Dans cette étude, notre objectif était d'évaluer les effets de la taille des particules de plastique chez deux espèces d'annélides oligochètes de même fonction écologique mais qui diffèrent par leur taille : 'Enchytraeus albidus' et 'Aporrectodea caliginosa'. Nous avons choisi d'étudier le polyéthylène faible densité (LDPE) car c'est un des MP les plus fréquemment retrouvé dans l'environnement, et dans le cadre de cette étude il a pu être fabriqué par le Centre des Matériaux Armines-CEMEF en collaboration avec l'Institut de Chimie de Nice.

Nous avons exposé pendant deux mois des enchytréides et des vers, isolés ou en interaction, à un sol témoin, contaminé au LDPE maintenu humide dans des pots. Ces sols ont été contaminés par des particules de tailles différentes : 20µm ; 250µm ou mélange de particules de tailles comprises entre 20 et 300µm avec des concentrations en MP proches des niveaux de contamination retrouvés dans l'environnement. Nous avons choisi d'étudier les impacts sur la biomasse des individus, la survie et la reproduction. Notre hypothèse, basée sur le fait que les deux organismes sont exposés différemment aux particules est que les deux organismes sont sensibles à des particules de taille différente, avec une réponse des organismes plus importante pour les particules de petite taille.

Après les deux mois d'incubation, les organismes ont été comptés et analysés. Les résultats ont été exploités en comparant les différentes modalités entre-elles. Ils sont discutés pour comparer les effets induits par les différentes tailles de particules entre les deux organismes, mais aussi mettre en évidence l'effet des interactions entre organismes sur leur réponse à la présence de MP dans les sols.

Mots clés

Polyéthylène faible densité, écotoxicologie, sol agricole, contamination, interaction, expositions, annélides, mésocosme

Remerciements

Cette étude s'intègre dans le Projet e-DIP, financé par l'Agence Nationale de la Recherche Française dans le cadre de l'appel général 2020 (ANR-21-CE34-0017) Méta-programme INRAe BIOSEFAIR. Les auteurs remercient le Laboratoire d'Ecologie Microbienne - Université Claude Bernard Lyon 1 pour leur aide dans les expérimentations

Références

Wei et al., « Meta-Analysis Reveals Differential Impacts of Microplastics on Soil Biota ». *Ecotoxicology and Environmental Safety* 230 (jan 2022): 113150, <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.113150>.

Adrien Blanchard (1), Isabelle Lamy (1), Agnès Richaume-Jolion (2), Amélie Cantarel (2), Juliette Faburé (1)

(1) Ecologie fonctionnelle et écotoxicologie des agroécosystèmes AgroParisTech, Université Paris-Saclay, Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement

(2) Laboratoire d'Ecologie Microbienne - UMR 5557 Université Claude Bernard Lyon 1, Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon, VetAgro Sup - Institut national d'enseignement supérieur et de recherche en alimentation, santé animale, sciences agronomiques et de l'environnement, Centre National de la Recherche Scientifique, Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement

Contact e-mail :

adrien.blanchard@inrae.fr



ANALYSE DE LA REPONSE PROTEOMIQUE DE DEUX ESPECES DU GENRE DREISSENA EXPOSEES AU CADMIUM

La moule zébrée est largement utilisée comme espèce sentinelle dans la biosurveillance des eaux douces. Plus récemment, la moule quagga, également originaire de la région ponto-caspienne (Europe de l'Est), a colonisé l'Europe occidentale et l'Amérique du Nord. Ce bivalve entre en compétition avec la moule zébrée pour les habitats et, dans certaines régions, l'a même complètement remplacée. La moule quagga est actuellement utilisée comme espèce sentinelle au même titre que la moule zébrée mais cette utilisation nécessite de mieux comprendre les mécanismes impliqués dans sa réponse au stress. Une comparaison avec ceux de la moule zébrée, mieux caractérisés, est possible. Dans cette optique, une exposition des deux espèces à un contaminant classique a été réalisée (100 µg/L de cadmium pendant 7 jours) et les profils de réponses ont été comparés par protéomique. Après extraction, les protéines branchiales ont été séparées par électrophorèse bidimensionnelle et les protéoformes d'abondance variable ont été identifiées par spectrométrie de masse. L'analyse fonctionnelle de ces résultats révèle des processus communs aux deux espèces, en particulier des modifications du métabolisme calcique et du cytosquelette. Inversement, une partie de la réponse est clairement espèce spécifique avec des signatures différentes du métabolisme énergétique et des chaperons moléculaires. Ces résultats soulignent des physiologies différentes des deux espèces sympatriques susceptibles d'impacter différemment leur réponse aux contaminants.

Mots clés

Ecotoxicologie, Dreissena polymorpha, Dreissena rostriformis bugensis

Remerciements

Aimie Le Saux a bénéficié d'une bourse du ministère français de la Recherche. Ce travail a reçu le soutien financier de la Fondation Rovaltain (programme PolQua, AO RT2E) et de la Fédération SCALE CNRS 3730 - Région Normandie.

Florence BULTELE*(1), Aimie LE SAUX (1), Philippe CHAN (2,3), David VAUDRY (3), Fanny LOUIS (4), Romain PEDEN (4), Stéphanie OLIVIER (1), Agnès PORET (1), Laurence DELAHAUT (4), Odile DEDOURGE-GEFFARD (4), Arnaud TANGUY (5), Simon DEVIN (6), Sandrine PAIN-DEVIN (6), Frank LE FOLL (1), Elise DAVID (4), Béatrice ROCHER (1)

(1) UMR-I 02 Stress

Environnementaux et BIOSurveillance des milieux (SEBIO), FR CNRS 3730 SCALE, Université Le Havre Normandie, Le Havre, France

(2) Plate-Forme de Protéomique PISSARO, Université de Rouen Normandie, IRIB Haute-Normandie – Rouen, France

(3) Institute for Research and Innovation in Biomedicine (IRIB), Université de Rouen Normandie - Rouen, France

(4) UMR-I 02 Stress Environnementaux et BIOSurveillance des milieux (SEBIO), FR CNRS 3417, Université de Reims Champagne-Ardenne, Reims, France

(5) Station Biologique de Roscoff, Adaptation et Diversité en Milieu Marin, équipe ABICE, FR CNRS 2424, Sorbonne Universités, Roscoff, France

(6) Laboratoire Interdisciplinaire des Environnements Continentaux (LIEC) – CNRS : UMR 7360, Université de Lorraine, Metz, France

Contact e-mail :

florence.bultelle@univ-lehavre.fr



INTEGRATED BIOMARKER RESPONSES – THRESHOLD (IBR-T) : UN INDICE BIOMARQUEURS OPERATIONNEL POUR LE DIAGNOSTIC DE LA QUALITE DES MASSES D’EAU

Afin de réaliser un diagnostic de la qualité des masses d'eau à l'aide d'approches multibiomarqueurs, l'Indice de la Réponse Intégrée des Biomarqueurs (Integrated Biomarker Response, IBR) est l'un des indices les plus utilisés en biosurveillance, en particulier l'IBRv2 (Sanchez et al., 2013). Cet indice représente la somme des différences entre les niveaux de biomarqueurs mesurés pour un site/une condition d'exposition avec un niveau de référence. Il intègre l'ensemble des résultats d'une approche multibiomarqueurs dans une seule figure et une note finale pour un site d'étude ou une condition d'exposition. Plus la note finale est élevée, plus les organismes présentent de fortes modulations des biomarqueurs. Cependant, certaines limites subsistent pour une utilisation généralisée à grande échelle. L'IBRv2 est proportionnel au nombre total de biomarqueurs mesurés, dépend de la nature de ces biomarqueurs et prend en compte toutes les modulations, même faibles et non significatives sur le plan biologique. De plus, l'IBRv2 repose sur des valeurs de référence souvent propre à chaque étude, ce qui rend difficile la comparaison des résultats entre les études et/ou les campagnes.

Pour surmonter ces limites, un nouvel indice appelé IBR-T est proposé ("Integrated Biomarker response - Threshold") qui modifie le calcul de l'IBRv2 pour intégrer des valeurs de référence génériques ainsi que des valeurs seuils calculées sur la base d'un grand jeu de données (Leprêtre et al., 2022). L'indice IBR-T ne prend ainsi en compte que les biomarqueurs dont les modulations sont considérées comme biologiquement pertinentes et significatives. Les IBRv2 et IBR-T ont été calculés pour chaque site étudié dans le cadre de quatre campagnes de biosurveillance active utilisant la moule zébrée (*Dreissena polymorpha*) comme espèce sentinelle (Catteau et Le Guernic et al. submitted).

La comparaison entre les indices a démontré que l'IBR-T présente une meilleure corrélation ($r^2 = 0,882$) avec le pourcentage de biomarqueurs significativement modulés comparé à l'IBRv2 ($r^2 = 0,545$). De plus, la corrélation montre qu'en l'absence de modulation significative des biomarqueurs, l'IBR-T peut atteindre une valeur égale à 0 alors que ce n'est pas le cas de l'IBRv2. Le classement final des sites était différent entre les deux indices et le classement à partir des IBR-T tend à être plus écologiquement pertinent que le classement obtenu à partir des IBRv2. Cet IBR-T montre un intérêt indéniable pour la biosurveillance et pourrait être utilisé par les gestionnaires de l'environnement pour simplifier l'interprétation de grands ensembles de données, interpréter directement toxicité/écotoxicité du site, l'utiliser pour la prise de décision, et enfin communiquer facilement les résultats des études de biosurveillance au grand public.

Mots clés

Biosurveillance, Indice Biomarqueurs, Diagnostic, *Dreissena polymorpha*, engagement

Remerciements

Les données ont été collectées dans le cadre de différents projets soutenus par l'Agence de l'Eau Artois-Picardie (projet MAQUEREAU), le Programme Interreg France-Wallonie-Vlaanderen (projet DIADeM) et l'Agence de l'Eau Seine-Normandie (projet BIOSURVEILLANCE). Les auteurs remercient tous ces contributeurs financiers

Références

- Leprêtre, M., Geffard, A., Palos Ladeiro, M., Dedourge-Geffard, O., David, E., Delahaut, L., Bonnard, I., Barjhoux, I., Nicolai M., Noury, P., Espeyte, A., Chaumot, A., Degli-Esposti, D., Geffard, O., Lopes, C., 2022. Determination of biomarkers threshold values and illustration of their use for the diagnostic in large-scale freshwater biomonitoring surveys. *Environmental Sciences Europe* 34, 115. <https://doi.org/10.1186/s12302-022-00692-2>
- Sanchez, W., Burgeot, T., Porcher, J.-M., 2013. A novel "Integrated Biomarker Response" calculation based on reference deviation concept. *Environ Sci Pollut Res* 20, 2721–2725. <https://doi.org/10.1007/s11356-012-1359-1>
- Catteau, A., Le Guernic, A., Palos Ladeiro, M., Dedourge-Geffard, O., Bonnard, M., Bonnard, I., Delahaut, L., Bado-Nilles, A., Porcher, J.-M., Lopes, C., Geffard, O., Geffard, A. Integrative Biomarker Response - Threshold (IBR-T): refinement of IBRv2 to consider the reference and threshold values of biomarkers. *Journal of Environmental Management* (submitted)

Audrey CATTEAU (1) et Antoine LE GUERNIC (1), Mélissa PALOS LADEIRO (1), Odile DEDOURGE-GEFFARD (1), Marc BONNARD (1), Isabelle BONNARD (1), Laurence DELAHAUT (1), Anne BADO-NILLES (2), Jean-Marc PORCHER (2), Christelle LOPES (3), Olivier GEFFARD (4), Alain GEFFARD (1)

(1) Université de Reims Champagne-Ardenne, UMR-I 02 SEBIO, 51100 Reims

(2) Institut National de l'Environnement et des Risques, UMR-I 02 SEBIO, 60550 Verneuil-en-Halatte

(3) Université Lyon 1, CNRS, Laboratoire de Biométrie et Biologie Evolutive UMR 5558, 69622 Villeurbanne

(4) Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement, Laboratoire d'écotoxicologie, 69622 Villeurbanne

Contact e-mail :
audrey.catteau@univ-reims.fr



EVALUATION DE L'ECOTOXICITE DES MELANGES AVEC UNE APPROCHE DE MODELISATION "COMPONENT-BASED" (CBA) INTEGRANT BIOESSAIS ET ANALYSE MULTI-BIOMARQUEURS

Il est généralement reconnu que l'évaluation des substances chimiques sur une base individuelle ne reflète pas les conditions de l'environnement. En effet, les écosystèmes sont généralement exposés à des substances en mélange plus ou moins complexe, et à des concentrations variables, entraînant des effets écotoxicologiques inconnus lorsque celles-ci sont combinées. Dans ce contexte, l'approche "component-based" (CBA) peut être utilisée lorsque les composants d'un mélange sont clairement définis (Rider et al., 2018). Elle consiste à prédire les effets d'une combinaison de substances à partir des données de toxicité individuelle de chaque composé présent dans le mélange en utilisant un modèle d'additivité (addition des concentrations). Parmi les organismes utilisés pour l'évaluation des risques des substances, les microalgues, à la base de la chaîne trophique, sont souvent utilisés dans les études écotoxicologiques, l'inhibition de la croissance étant un critère souvent évalué. L'ajout de la cytométrie en flux (FCM) pour évaluer les effets des substances seules et en mélange sur la physiologie et la morphologie des microalgues pourrait permettre d'investiguer les mécanismes d'action sous-jacents de la toxicité et d'expliquer la présence ou l'absence d'interaction (additivité, synergie ou antagonisme). Par conséquent, le présent travail vise à évaluer la toxicité conjointe de plusieurs sous-produits de désinfection (SPD) chlorés en mélanges binaires sur *Raphidocelis subcapitata*, à travers l'évaluation de l'inhibition de la croissance algale couplée à une approche de FCM pour les effets sublétaux conduisant à la détermination de potentielles interactions par comparaison avec un modèle d'additivité. Pour chaque combinaison de substances testée, trois ratios de concentrations différents basés sur la CE50 (25%/75%, 50%/50% et 75%/25%) ont été réalisés pour permettre d'être plus représentatif des variations de concentrations se produisant dans l'environnement et généraliser l'interaction observée (Dou et al., 2011). Les résultats obtenus pour une partie des mélanges binaires seront présentés.

Théo CICCIA *(1), Pascal PANDARD, Nastassia URIEN, Anne BADO-NILLES, Léo LAFAY, Philippe CIFFROY

(1) Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement (LNHE) EDF Recherche et Développement

Contact e-mail : theo.ciccia@edf.fr



EVALUATION DES EFFETS DES RAYONNEMENTS IONISANTS SUR APIS MELLIFERA : PREMIERES EXPERIMENTATIONS DU PROJET BEERAD.

La radiocontamination de l'environnement est un enjeu écologique majeur. Afin, d'avoir une meilleure anticipation des conséquences d'accidents nucléaires tels que ceux de Tchernobyl et de Fukushima, il est nécessaire d'améliorer les connaissances sur les impacts et les risques environnementaux des rayonnements ionisants.

Les abeilles domestiques et sauvages contribuent à la pollinisation de nombreuses espèces de plantes à fleurs. En particulier, l'abeille domestique est un insecte d'importance économique, agro-environnemental et sociétal. Par conséquent, dans le contexte de mon projet de doctorat, l'abeille domestique, *Apis mellifera*, a été choisie comme modèle pour étudier les effets des rayonnements ionisants aux niveaux moléculaire, cellulaire et tissulaire, mais également aux niveaux de l'individu et de la population. Très peu de choses sont connus sur les effets des rayonnements ionisants sur les abeilles.

Mon projet de doctorat s'inscrit dans le projet ANR BEERAD piloté par le laboratoire d'écotoxicologie et d'écologie (LECO) de l'IRSN à Cadarache et le laboratoire de toxicologie environnementale (LTE) de l'INRAE d'Avignon. Le projet général est détaillé dans le résumé " Evaluation des effets de la contamination radioactive sur les abeilles : projets BEERAD et BEECONNECT" présenté par Béatrice Gagnaire. Dans la partie détaillée ici, les premières expérimentations de laboratoire sont présentées.

Des irradiations externes ont été réalisées sur des abeilles lors d'expériences en conditions contrôlées, en utilisant des débits de doses pour certains proches de la contamination environnementale de Fukushima. Le but de cette première expérimentation était de déterminer les effets toxicopathologiques des rayonnements ionisants, en utilisant le pathogène *Nosema ceranae*, afin d'identifier les possibles conséquences de l'interaction entre ce pathogène et l'exposition aux rayonnements ionisants. Pour cela, des analyses physiologiques (enzymes de lutte contre le stress oxydant, enzyme de l'activité neurale, enzymes de l'immunité, enzymes du métabolisme, protéines), de survie, de consommation de nourriture et de charges pathogènes ont été réalisées sur des abeilles irradiées. Il est prévu en mai 2023 une deuxième expérimentation qui se concentrera sur les effets populationnels : des colonies d'abeilles contenues dans des ruchettes seront placées dans des cages de vol et irradiées intégralement. Comme la première expérimentation, les paramètres physiologiques seront analysés ; l'émergence des abeilles sera également étudiée. Puisque les abeilles vont se déplacer dans la cage de vol, le débit de dose externe réellement absorbé par les abeilles sera mesuré à l'aide de microdosimètres collés sur les thorax des butineuses.

Ce projet contribuera à améliorer les connaissances sur les effets et les mécanismes d'action des rayonnements ionisants sur les abeilles domestiques et pourrait permettre de prévoir des conséquences plus globales sur les pollinisateurs responsables d'une grande partie de la biodiversité végétale.

Mots clés

Rayonnements ionisants, *Apis mellifera*, Biomarqueurs, Individus, Population, Laboratoire

Remerciements

Les auteurs remercient l'ANR, l'IRSN et l'ERAN (Environmental Radioactivity Research Network Center, Japan) pour le financement de ce projet.

Margot CREVET (1), Béatrice GAGNAIRE (1), Jean-Luc BRUNET (2), Jean-Marc BONZOM (1), Nicolas DUBOURG (1), Michel PELISSIER (2), Fabrice DAIAN (3), Gabriel BON (3), Luc BELZUNCES (2)

(1) IRSN/PSE-ENV/SRTE/LECO, Saint Paul lez Durance, France

(2) INRAE/A&E - LTE, Avignon, France

(3) AMU/IBDM, Marseille, France

Contact e-mail : margot.crevet@irsn.fr



SUIVI DE *DREISSENA POLYMORPHA* ET *DREISSENA ROSTRIFORMIS BUGENSIS* DANS LA MOSELLE : REPONSES PHYSIOLOGIQUES ET DYNAMIQUE DE POPULATION

La préservation de l'environnement est un enjeu majeur dans nos sociétés actuelles. Parmi les préoccupations, celle de la contamination des milieux aquatiques d'eau douce reste prégnante parce que ces milieux fournissent des services écosystémiques essentiels aux humains et parce que ce sont les habitats de nombreuses espèces animales et végétales qu'il est nécessaire de préserver. Dans ce contexte, la surveillance de l'état des masses d'eau est nécessaire afin d'anticiper au mieux les risques liés à la contamination d'origine anthropique. L'évaluation et le suivi biologique de la contamination des milieux aquatiques reposent en général sur l'utilisation d'espèces reconnues comme sentinelles (Pain-Devin et al., 2014). *Dreissena polymorpha* et *Dreissena r. bugensis* sont considérées comme de bons biomoniteurs de pollutions, dans la mesure où la quantité de polluants qu'elles accumulent suit généralement le gradient de contamination auquel elles sont soumises, permettant un suivi spatio-temporel des cours d'eau (Evariste et al., 2018). Notre étude s'inscrit dans le contexte du déploiement de la biosurveillance sur le terrain et vise à proposer une double approche couplant des paramètres biodémographiques et physiologiques (biomarqueurs) chez les deux espèces de moules d'eau douces sentinelles, permettant d'enrichir les grilles d'interprétation des biomarqueurs. L'approfondissement des connaissances sur les paramètres biodémographiques des deux espèces de dreissènes a permis d'amorcer l'élaboration d'un modèle matriciel permettant une meilleure compréhension des dynamiques de populations. L'acquisition de données physiologiques au cours du temps via une approche multi-marqueurs a confirmé l'existence d'une variabilité interspécifique entre *Dreissena polymorpha* et *Dreissena r. bugensis*, mais aussi l'existence de différences inter-sites et de différences entre les organes (glande digestive / branchies). Ces travaux devraient permettre d'établir un lien entre les paramètres biodémographiques et les paramètres physiologiques dans une perspective de biosurveillance. Des différences démographiques, liées par exemple à l'historique de colonisation des deux espèces ou à la contamination des sites, pourraient, soit expliquer, soit être expliquées par les paramètres physiologiques mesurés.

Mots clés

Dreissènes, *Dreissena polymorpha*, *Dreissena r. bugensis*, biosurveillance, approche multi-biomarqueurs, biodémographie, taux de croissance

Remerciements

Cette étude a été réalisée dans le cadre des travaux de l'Observatoire MoRIS financé par le pôle scientifique OTElo de l'Université de Lorraine.

Références

- Evariste L., David E., Cloutier P-L., Brousseau P., Auffret M., Desrosiers M., Groleau P-E., Fournier M., et Betoulle S. 2018. Field biomonitoring using the zebra mussel *Dreissena polymorpha* and the quagga mussel *Dreissena bugensis* following immunotoxic responses. Is there a need to separate the two species? *Environmental Pollution*. Vol. 238, pp. 706-716.
- Pain-Devin S., Cossu-Leguille C., Geffard A., Giambérini L., Jouenne T., Minguez L., Naudin B., Parant M., Rodius F., Rousselle P., Tarnowska K., Daguin-Thiébaud C., Viard F., Devin S. 2014. Towards a better understanding of biomarker response in field survey: A case study in eight populations of zebra mussels. *Aquatic Toxicology* 155, 52-61.

Chloé DE VERNISY (1), Manon BAIN (1), Marie ZAFFINO (1), Danièle PAULY (1), Amandine ZAHM (1), Clément BOJIC (1), Lucas GUALANDI (1), Jérémy MOITROT (1), Simon DEVIN (1), Sandrine PAIN-DEVIN (1)

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

Contact e-mail :

chloe.de-vernisy2@etu.univ-lorraine.fr

sandrine.devin@univ-lorraine.fr



ETUDE EN MICROCOSMES DE L'EVOLUTION DE LA DIVERSITE GENETIQUE ET PHENOTYPIQUE D'UNE COMMUNAUTE MICROBIENNE MARINE EXPOSEE A DIFFERENTS POLLUANTS

La préservation des océans est un enjeu majeur du 21^{ème} siècle. En 2000, la Directive Cadre sur l'Eau a harmonisé les réglementations européennes concernant la gestion de l'eau afin de protéger et de restaurer le bon état des écosystèmes aquatiques, y compris le milieu marin et le littoral [1]. Pour effectuer un diagnostic et compléter les analyses physico-chimiques, les mesures de toxicité sont effectuées avec une approche biologique. Pour cela, des bioindicateurs sont utilisés pour évaluer les effets d'une exposition à un toxique sur le vivant [2]. En l'occurrence, les tests bactériens semblent être pertinents [3][4]. Toutefois, les tests proposés aujourd'hui ne permettent de déterminer la toxicité globale uniquement via la réponse d'un seul et unique organisme bactérien. Cela sous-entend que la réponse d'un organisme suite à une exposition donnée est extrapolée et généralisée pour une communauté bactérienne beaucoup plus complexe. Il y a alors un réel manque de représentativité des impacts de pollution sur la communauté microbienne autochtone.

Nous nous sommes donc posés la question de l'évolution de la diversité génétique et phénotypique d'une communauté microbienne marine issue de la Station Biologique de Roscoff (Finistère, France) exposée à différents toxiques. Durant 30 jours, la communauté microbienne a été exposée à différents polluants caractéristiques de l'écosystème marin, à savoir l'anthracène, le benzène, le chlorure de cuivre, le chlorpyrifos et l'acide perfluorooctanoïque (PFOA) [5][6] grâce à la mise en place d'une expérimentation en microcosmes. L'évolution de la diversité génétique a été étudiée grâce à un protocole de séquençage de nouvelle génération comprenant l'amplification des régions V4-V5 du 16S avec les amorces 515F/806R selon le protocole de Parada et al. (2016)[7]. Pour la détection taxonomique, les OTU ont été comparées avec la base SILVA en utilisant l'outil BLAST. Les OTU ont été classées selon le critère d'abondance en considérant la diversité alpha et beta. Puis l'évolution phénotypique de l'inoculum environnemental et des différentes conditions est étudiée grâce à la technologie Phenotype Microarrays for Microbial Cells de Biolog[®]. Ainsi, il est possible de mettre en évidence une perte quant à l'expression phénotypique de l'inoculum environnemental initial sur les cycles biogéochimiques (métabolisation du carbone, de l'azote, du phosphore) suite à une exposition polluante et donc de supposer à une modification de l'équilibre de la communauté autochtone.

Mots clés

Evolution génétique, évolution phénotypique, eau de mer, communauté microbienne, surveillance environnementale

Remerciements

Nous remercions tout particulièrement la Station Biologique de Roscoff pour notre collaboration. Merci à l'Agence Nationale de la Recherche et au programme MarTERA de soutenir ce projet

Références

- [1] Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Journal Officiel du 22 décembre 2000, p.1-73.
- [2] M. H. Depledge et M. C. Fossi, "The role of biomarkers in environmental assessment (2). Invertebrates", *Ecotoxicology*, vol.3, no 3, p.161- 172, sept.1994, doi: 10.1007/BF00117081
- [3] S. Jouanneau, M.J.Durand, A.Assaf, M.Bittel, G. Thouand, "Bacterial Bioreporter Applications in Ecotoxicology: Concepts and Practical Approach", *Microbial Ecotoxicology*, C. Cravi-Laureau, C. Cagnon, B.Lauga, R. Duran Ed. Cham: Springer International Publishing, 2017, p.283-311. Doi: 10.1007/978-3-319-61795-4_12

Eva DELAUNAY*(1), Sulivan JOUANNEAU (1), Marie-José DURAND THOUAND (1), Gérald THOUAND (1)

(1) Nantes Université, Laboratoire GEPEA UMR CNRS 6144
18 Bd Gaston Defferre
85000 La Roche sur Yon

Contacts e-mail : eva.delaunay@univ-nantes.fr

sulivan.jouanneau@univ-nantes.fr

marie-jose.durand-thouand@univ-nantes.fr

gerald.thouand@univ-nantes.fr

- [4] V. Kokkali et W. van Delft, « Overview of commercially available bioassays for assessing chemical toxicity in aqueous samples », *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, vol. 61, p. 133 - 155, oct. 2014, doi: 10.1016/j.trac.2014.08.001
- [5] Vikas, M., Vikas, M., & Dwarakish, G. S. (2015). Coastal Pollution: A Review. *Aquatic Procedia*, 4, 381 - 388. doi: 10.1016/j.aqpro.2015.02.051
- [6] Waldichuk, M. (1977). Control of marine pollution: An essay review. *Ocean Development & International Law*, 4(3), 269 - 296. doi: 10.1080/00908327709545594
- [7] A. E. Parada, D. M. Needham, J. A. Fuhrman, "Every base matters: assessing small subunit rRNA primers for marine microbiomes with mock communities, time series and global field samples: Primers fir marine microbiome studies", *Environ Microbiol*, vol.18, no 5, p.1403-1414, mai 2016, doi: 10.1111/1462-2920.13023



ÉCOTOXICITE DES SUBSTANCES PERFLUOROALKYLES (PFOS ET PFOA), SEULES ET EN MELANGE DANS LES SOLS POUR LE VERS DE TERRE APORRECTODEA CALIGINOSA

Les substances per et polyfluoroalkyles (PFAS) sont des composés persistants qui sont massivement utilisés dans l'industrie, les biens de consommation et les mousses anti-incendie. La contamination des sols par les PFAS est une préoccupation environnementale majeure, et il existe un manque de connaissances à la fois sur leurs mécanismes d'actions écotoxicologiques et sur les concentrations qui induisent des effets néfastes notamment vis-à-vis des organismes non-cibles, en particulier dans le cas de mélanges de PFAS. Les objectifs de cette étude sont de contribuer à combler ces lacunes en évaluant les effets d'une exposition chronique d'une espèce de vers de terre endogée (*Aporrectodea caliginosa*) à deux PFAS à doses environnementales (PFOS et PFOA seuls et en mélange) à différents niveaux d'organisation biologique. L'étude a révélé des effets écotoxicologiques significatifs des PFAS sur la survie des vers de terre, leur intégrité tégumentaire, leur croissance, le temps pour atteindre la maturité sexuelle et la stabilité génomique, notamment avec l'induction de cassures de l'ADN sans lésions oxydatives de l'ADN. Certains de ces effets significatifs ont été mis en évidence à des doses faibles (0,3 mg kg⁻¹) et des effets additifs du mélange PFOS et PFOA ont été observés. Compte tenu des enjeux liés à la pollution des milieux et notamment des sols par les PFAS, cette étude participe à une meilleure compréhension de leurs effets écotoxicologiques sur une espèce de vers de terre très répandue dans les sols tempérés. Elle donne également des informations sur les mécanismes de cancérogénicité des PFAS en démontrant à faible dose l'absence de stress oxydatif à l'origine des cassures de l'ADN pour les PFOS dans les coelomocytes. Cela suggère une génotoxicité induite potentiellement par d'autres mécanismes, comme par exemple une inhibition des capacités de réparation des brins d'ADN suite à une cassure ou des altérations épigénétiques (hypométhylation et relaxation de la chromatine).

Louise DELOR (1), Maxime LOUZON (2), Céline PELOSI (3), Eric MICHEL (3), Géraldine MAILLET (4), Gaël PLASSART (2), Jérôme COUTEAU (4), Hugo CARRONNIER (2)*

(1) VALGO, 47 rue de Ponthieu, 75008 Paris, France

(2) Ecosystem department, ENVISOL, 2 rue Hector Berlioz, 38110 La Tour du Pin, France

(3) UMR INRAE/Avignon Université EMMAH (Environnement Méditerranéen et Modélisation des Agrohydro-systèmes), 228 route de l'Aérodrome, 84000 Avignon, France

(4) TOXEM, 12 rue des Quatre Saisons, 76290 Montivilliers, France

Contact e-mail :
hugo.carronnier@valgo.com

Mots clés

Croissance, maturité sexuelle, Genotoxicité, Stress oxydant, vers de terre endogés, PFAS en mélange, effet cocktail

Remerciements

Les auteurs remercient l'ADEME pour le financement du projet GESIPOL IPANEMA (contrat n°C7475) et les différents instituts de recherche associés (UMR EMMAH de l'INRAE, le laboratoire LEE de l'Université Gustave Eiffel, la société CASC4DE, l'UMR Ecosys (INRAE) et l'UMR EPOC (CNRS))



INTÉGRATION DE LA STœCHIONIÉTRIE DANS LA MODÉLISATION DE LA DYNAMIQUE DE POPULATION DE *GAMMARUS FOSSARUM* ET CONSÉQUENCES SUR LA DISPONIBILITÉ DES RESSOURCES ÉLÉMENTAIRES

La disponibilité et la qualité des ressources alimentaires conditionnent non seulement la composition et la répartition des espèces dans les écosystèmes mais également la structure et la dynamique de leurs populations. L'amphipode détritivore d'eau douce *Gammarus fossarum* (Charron *et al.*, 2013) est couramment utilisée en écologie et en écotoxicologie aquatique en raison de son caractère ubiquiste, de son abondance, de sa facilité de manipulation et de son rôle central dans les flux de matière et d'énergie. En effet, outre son rôle fonctionnel de déchetueur essentiel dans la dégradation de la matière organique (feuilles, bois), cette espèce sert également de source de nourriture pour de nombreux prédateurs, représentant ainsi un puit pour différents éléments. Ainsi l'intégration de la stœchiométrie, renseignant sur la composition élémentaire (Carbone : C ; Azote : N ; Phosphore : P) à la dynamique de population de cet amphipode, représente un intérêt majeur dans la compréhension du fonctionnement des écosystèmes (réseaux trophiques, cycles biogéochimiques). L'hypothèse du taux de croissance (GRH, « growth rate hypothesis », Elser *et al.*, 1996) postule que l'ARN ribosomal constitue le principal besoin de phosphore cellulaire chez les invertébrés. Le phosphore jouant ainsi un rôle majeur dans la synthèse des protéines - essentielles pour la croissance des organismes -, nous pouvons ainsi poser l'hypothèse que les juvéniles devraient être plus riches en phosphore que les adultes. Nous avons analysé la disponibilité des ressources élémentaires que représentent les gammares, *via* une modélisation de la structure et de la dynamique de sa population, et estimé les modifications engendrées par un stress chimique (type contamination métallique). Pour cela, nous nous sommes appuyés sur le formalisme d'un modèle matriciel de population basé sur des classes de taille, tel que décrit par Coulaud (2014). En parallèle, la composition élémentaire de *G. fossarum* a été estimée pour chaque classe de taille, suite à une campagne d'échantillonnage sur le terrain et des dosages C/N/P au laboratoire. L'acquisition de telles données stœchiométriques a confirmé que le taux de phosphore des individus juvéniles est supérieur à celui des adultes. Le modèle matriciel de dynamique de population a été combiné avec une matrice explicitant la stœchiométrie différentielle selon les classes, permettant de mieux comprendre comment la répartition des ressources élémentaires au sein des populations de cette espèce influence leur disponibilité pour les autres organismes des cours d'eau. Les effets d'un stress chimique ont également été intégrés à ce modèle à l'aide de données écotoxicologiques de la littérature et de bioessais *ad hoc*.

Titouan DIONET (1), Mehdi CHERIF (2), Elise BILLOIR (1), Vincent FELTEN (1), Romain COULAUD (3), Valérie GONCALVES (1), Michael DANGER (1)

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

(2) INRAE, UR EABX, F-33612 Cestas, France

(3) Université Le Havre Normandie, CNRS, UMR I-02 SEBIO, F-76600 Le Havre, France

Contact e-mail :
titouan.dionet1@etu.univ-lorraine.fr
michael.danger@univ-lorraine.fr

Mots clés

Gammares, *Gammarus fossarum*, dynamique de population, stœchiométrie écologique, contaminants, métaux

Remerciements

Les auteurs remercient l'Institut Universitaire de France pour le financement de ces travaux.

Références

- Charron, L., Geffard, O., Chaumot, A., Coulaud, R., Quéau, H., Geffard, A., & Dedourge-Geffard, O. (2013). Effect of water quality and confounding factors on digestive enzyme activities in *Gammarus fossarum*. *Environmental Science and Pollution Research*, 20(12), 9044-9056.
- Coulaud, R., Geffard, O., Coquillat, A., Quéau, H., Charles, S., & Chaumot, A. (2014). Ecological Modeling for the Extrapolation of Ecotoxicological Effects Measured during in Situ Assays in *Gammarus*. *Environmental Science & Technology*, 48(11), 6428-6436.
- Elser, J. J., Dobberfuhl, D. R., MacKay, N. A., & Schampel, J. H. (1996). Organism Size, Life History, and N:P Stoichiometry. *BioScience*, 46(9), 674-684.



A PHYSIOLOGICALLY BASED TOXICOKINETIC TOXICODYNAMIC MODEL (PBTK-TD) TO IMPROVE THE ASSESSMENT OF CHEMICALS ACTING ON BRAIN AROMATASE IN A ZEBRAFISH EMBRYO ASSAY

EASZY is a highly sensitive mechanism-based bioassay that uses transgenic (cyp19a1b:GFP) zebrafish eleutheroembryos (ZFE) and allows for a reliable quantification of the estrogenic activities of test chemicals by measuring GFP intensity driven by the ER-regulated brain aromatase cyp19a1b expression in radial glial cells. EASZY has been recently adopted as an OECD test guideline (TG N°250) and considered as a level 3 assay of the OECD conceptual framework for endocrine disruptors, thereby providing information of the mode of action of test chemicals on the endocrine system. However, there is a gap between quantification of estrogen-like substances using EASZY and informed risk assessment. Physiologically-based pharmacokinetic models (PBPK) can inform toxicological risk assessment by providing predictions of systemic and target organ concentrations. In this study, the time and concentration dependent effects of bisphenol A (BPA), used as an active substance in EASZY, were assessed by exposing ZFE at five different concentrations (from 0.625 to 5 mg/L) and by measuring GFP at four timepoints of the ZFE development (from 24 to 96 hpf). Using in vivo fluorescence imaging we showed that BPA significantly induced GFP in a time and concentration dependent manner showing that BPA rapidly disrupt the ER-signaling pathway in the developing brain. Using a previously developed PBTK model for ZFE the internal exposure concentrations to bisphenol A were predicted in different compartments of the ZFE (i.e. yolk, liver, skeleton, gut, eye, heart, skin, muscles, and the brain) while considering the major morphological and physiological changes (ontogenesis, growth, hatching) and the impact of environment conditions (light and temperature). The simulated concentrations in the brain were then used to predict the GFP activity related to the cyp19a1b expression using a dynamic toxicodynamic model calibrated using the data measured at each timepoint. The TD model includes two sub-parts: (i) a first predicts normal temporal evolution of the GFP activity during the ZFE development, and (ii) a second predicts the ratio of the GFP intensity at a given concentration as compared to control conditions. The effective concentrations (EC) derived were then compared between the PBTK-TD model and the classic concentration-response approach based on external concentrations. The PBTK-TD model developed herein will help to better understand the fate of EDs in the experimental assay will be used to predict other test chemicals acting on brain aromatase with the view to better use the data collected in the EASZY assay for the hazard and the risk of chemicals.

This project has received funding from the ANR 19-34-0005CE and from the European Union's Horizon Europe research and innovation program under Grant Agreement No 101057014 (The European Partnership for the Assessment of Risks from Chemicals; PARC).

Mots clés

Zebrafish Eleutheroembryos, PBTK-TD model, Endocrine Disruptor, brain aromatase

Références

- OCDE (2021), Test No. 250: EASZY assay - Detection of Endocrine Active Substances, acting through estrogen receptors, using transgenic tg(cyp19a1b:GFP) Zebrafish embryos, OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 2, Éditions OCDE, Paris
- Billat P.-A., Brochot C., Brion F., Beaudouin R., (2022), A PBPK model to evaluate zebrafish eleutheroembryos' actual exposure: bisphenol A and analogs' (AF, F, and S) case studies

R. DUSSAUCOY (1),
B. PICCINI (2,3), N. HINFRAY (2,3),
E. CHADILI (2,3), P.-A. BILLAT (1),
F. BRION (2,3), R. BEAUDOUIN
(1,3)

(1) INERIS, Experimental toxicology and modeling unit (TEAM), Parc ALATA BP2, Verneuil en Halatte, France

(2) INERIS, Ecotoxicology of substances and environments unit (ESMI), Parc ALATA BP2, Verneuil en Halatte, France

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

Contact e-mail :
remy.beaudouin@ineris.fr



DU DEVELOPPEMENT D'UN DOSAGE MULTIPLEXE DE BIOMARQUEURS PROTEIQUES A LA DEFINITION DE VALEURS DE REFERENCE : DEMONSTRATION CHEZ LE GAMMARE

Le développement d'outils pour la surveillance de la qualité chimique et toxique des milieux aquatiques doit lever différents verrous scientifiques pour permettre l'utilisation de biomarqueurs moléculaires à large échelle. Comme nous avons pu le démontrer par les travaux INRAE-OFB chez l'espèce sentinelle *Gammarus fossarum*, la mise en place d'une biosurveillance active basée sur l'encagement d'organismes calibrés permet de contrôler la variabilité biologique des organismes utilisés, facilitant ainsi l'interprétation des marqueurs biologiques suivis pour le diagnostic de la qualité environnementale. Récemment, les progrès technologiques en spectrométrie de masse ont fait émerger dans le domaine biomédical des méthodes de dosage MRM hautement multiplexées de biomarqueurs protéiques. Ces approches de protéomique ciblée offrent de nouvelles opportunités pour la quantification de plusieurs dizaines de protéines sur un même échantillon et en une seule analyse par spectrométrie de masse via le suivi de peptides spécifiques et biomarqueurs des protéines d'intérêt. Des premières études pilotes considérant grâce à ces méthodes plusieurs dizaines de biomarqueurs protéiques ont été réalisées chez *Gammarus fossarum* à petite échelle (une quinzaine de stations).

Les objectifs de cette étude ont été dans un premier temps de démontrer l'opérationnalité du dosage de ces biomarqueurs protéiques chez le gammare appliqué sur le terrain à l'échelle nationale française (65 stations du réseau de surveillance), pour dans un second temps permettre notamment la définition de valeurs de référence. Nous avons ainsi développé une méthode automatisée via l'utilisation d'un robot de préparation d'échantillons, une méthode quantitative multiplexée permettant le dosage de 38 peptides biomarqueurs représentatifs de 26 protéines aux fonctions biologiques variées, et une capacité d'acquisition haut-débit (325 échantillons analysés en moins de 2 mois). En suivant les niveaux de concentrations peptidiques sur un large panel d'échantillons, il a été possible de définir des valeurs de référence sur chaque biomarqueur (seuils d'induction et/ou seuils d'inhibition). Du fait que les profils observés de distribution des concentrations peptidiques étaient très similaires aux distributions obtenues pour les données de bioaccumulation ou de marqueurs de toxicité chez le gammare encagé, nous avons en effet appliqué les méthodes de définition de valeurs de référence mises en œuvre précédemment sur les données de biosurveillance gammare. N'ont été pris en compte parmi les 38 peptides quantifiés à l'aide de standards, que les peptides présentant un taux de quantification de plus de 70% sur l'ensemble de ces échantillons (25 peptides au final). En moyenne, 10% des individus analysés présentaient une induction pour chaque biomarqueur auxquels s'ajoutent 10% pour des inhibitions. Ceci souligne la sensibilité des biomarqueurs et la possibilité de discriminer des situations de perturbation lors d'exposition sur les sites du réseau RCS, représentatifs des conditions rencontrées sur les cours d'eau nationaux. Concernant la douzaine de peptides écartés de la procédure de calibration de valeurs de référence du fait de taux de quantification insuffisants, l'essentiel de ces peptides sont liés aux protéines de la vitellogénèse, souvent proposées comme biomarqueur de perturbation endocrinienne chez les mâles de différents taxons, ou alors des protéines en lien avec le contrôle hormonal de la mue. Chez les mâles exposés in situ, ces peptides ont tout de même été détectés de manière ponctuelle chez certains individus.

A. ESPEYTE*(1), M. LEPRÊTRE (1), J. FAUGERE(2), D. DEGLI ESPOSTI(1), C. LOPES (3), O. PERCEVAL (4), A. SALVADOR (2), O. GEFFARD (1), A. CHAUMOT (1)

(1) INRAE, UR RiverLy, laboratoire d'écotoxicologie, F-69625 Villeurbanne

(2) Université de Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, Institut des Sciences Analytiques, CNRS UMR 5280, F-69100 Villeurbanne

(3) Université de Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, LBBE, CNRS UMR 5558, F-69100 Villeurbanne

(4) OFB, DRAS F-94300 Vincennes
Contact e-mail :

anabelle.espeyte@inrae.fr

Mots clés

Biomarqueurs - biosurveillance - multiplexe - spectrométrie de masse - protéines - dosage - valeurs de référence



APPLICATION DE LA METHODE QUECHERS POUR L'ANALYSE DE LA CONTAMINATION PAR LES RESIDUS DE PESTICIDES DANS LES SEDIMENTS DE TROIS LAGUNES MAROCAINES

Les activités agricoles, industrielles et domestiques sont les principales sources responsables de la contamination des ressources naturelles. L'objectif de notre étude est d'évaluer le degré de contamination des sédiments par des polluants organiques dans trois lagunes marocaines (lagune de Moulay Bouselham, Oualidia et lagune de Khnifiss). L'analyse des pesticides a été effectuée par chromatographie en phase liquide (CPL) couplée à un spectromètre de masse (LC-MS/MS) à triple quadripôle en mode « Multiple Reaction Monitoring » (MRM) pour l'analyse des groupes (organophosphorés, carbamates, urée et ses dérivés, et autre ...) et par chromatographie en phase gazeuse (CPG) couplée à un spectromètre de masse (GC-MS/MS) pour analyser le groupe des organochlorés, précédée par un type d'extraction en phase solide dispersive (dSPE) : QuEChERS. Les quinze (15) matières actives détectées appartiennent aux familles chimiques des Organochlorés, des Organophosphorés, des Carbamates, des Urées, des Pyréthrinoïdes et autres. En effet, trois matières actives ont été identifiées, connues par leurs toxicités accrues (Carbendazim, Malathion et Chlorpyrifos) surtout dans les milieux aquatiques. Concernant la molécule d'Heptachlore (famille des organochlorés) et malgré son interdiction au Maroc il persiste encore dans les sédiments des lagunes de Oualidia et de Khenifiss. Devant le danger que peut causer ces pesticides surtout pour la santé des êtres vivants, les responsables sont appelés à introduire de nouvelles techniques de traitements.

Rachida FEGROUCHE*(1), Hicham DAHAK (1), Taha EL KAMELI (2), Mohammed OUSSEKOUR (3) Saida ZAZA (3)

(1) LABORATOIRE DE BIODIVERSITE, ECOLOGIE ET GENOME (BioEcoGen), Faculté des Sciences, B.P. 1014, Centre de recherche en biotechnologies végétales et microbiennes, biodiversité et environnement (Biobio), Université Mohammed V à Rabat, Maroc.

(2) INSTITUT AGRONOMIQUE ET VETERINAIRE HASSAN II DE RABAT, Laboratoire de Contrôle Antidopage. Madinat al Irfane, B.P. 10000 Rabat, Maroc.

(3) Laboratoire d'analyses des micropolluants organiques. L'Office National de l'Electricité et de l'Eau Potable. Avenue Belhassan El Ouazzani B.P. Rabat-Chellah 10002 Rabat, Maroc.

Contact e-mail :
r.fegrouche@um5r.ac.ma

Mots clés

Sédiments, contamination organique, pesticides, lagunes, Maroc, extraction QuEChERS, LC-MS/MS, GC-MS/MS

Références

- Benbakhta B., Khallaf M., Fekhaoui M., El Abidi A., Dussauze J., & Yahyaoui A. 2014. Organochlorine pesticides in sediments from the atlantic coast of Morocco. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 6(4), 1129-1137
- Dara D., & Drabovich A. P. 2022. Assessment of risks, implications, and opportunities of waterborne neurotoxic pesticides. *Journal of Environmental Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2022.03.033>
- Koffi Simplicie Y. A. O., KOUAME K. V., Konan Marcel Y. A. O., ATSE B. C., TROKOUREY A., & TIDOU A. S. 2018. Contamination, distribution et évaluation des risques écologiques par les pesticides dans les sédiments de la lagune Ebrié, Côte d'Ivoire. *Afrique SCIENCE*, 14(6), 400-412
- Sharma A., Kumar V., Shahzad B., Tanveer M., Sidhu G. P. S., Handa N., & Thukral A. K. 2019. Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem. *SN Applied Sciences*, 1, 1-16
- Yun X., Yang Y., Liu M., Wang J. 2014. Distribution and ecological risk assessment of organochlorine pesticides in surface sediments from the East Lake, China. *Environmental Science and Pollution Research*, 21, 10368-10376



APPROFONDIR L'INTERPRETATION DES DONNEES TRANSCRIPTOMIQUES EN DOSE-REPONSE : CAS DE L'EXPOSITION EMBRYO-LARVAIRE DU POISSON ZEBRE AU DI-N-BUTYL PHTALATE (DBP)

L'intégration d'expérimentations en gradients de concentrations dans les études transcriptomiques ouvre de nouvelles opportunités dans l'exploration des mécanismes moléculaires impliqués dans l'effet des contaminants sur les organismes. Afin de décrypter les mécanismes moléculaires entraînés par l'exposition embryon-larvaire de poisson zèbre (*Danio rerio*) au di-n-butyl phtalate (DBP), un phtalate retrouvé de façon ubiquitaire dans les eaux de surface mondiales, nous avons récemment réalisé une étude transcriptomique (RNAseq) incluant un plan expérimental en dose-réponse (5 concentrations). Ces données ont été analysées à l'aide de l'outil DRomics1, et mettent en évidence la variation d'abondance de 2449 transcrits suite à une exposition au DBP. La méthode d'interprétation habituellement utilisées, consistant en un enrichissement fonctionnel effectué sur l'ensemble des transcrits identifiés comme affectés, montre cependant de nombreuses limites dans l'exploration et l'interprétation biologique de ces données. Nous avons ainsi conçu une démarche rationnelle et reproductible d'interprétation biologique pour ces données, visant à maximiser l'objectivité et la pertinence des hypothèses mécanistiques formulées. La démarche appliquée permet l'identification, parmi les transcrits affectés, de 35 clusters regroupant des protéines interactives et/ou appartenant à une même voie biologique. L'étude des typologies de réponse le long du gradient de concentration, de la sensibilité et des fonctions biologiques associées à chaque cluster permet d'établir des hypothèses inédites concernant l'ensemble d'événements moléculaires entraînés par l'exposition embryon-larvaire du poisson zèbre au DBP. L'exploration des différents clusters suggère notamment une forte sensibilité de la voie du métabolisme du rétinol et de la signalisation de l'acide rétinoïque, et ce dès des concentrations bien en deçà de la NOEC actuellement établie par l'ECHA pour le DBP (100 µg/L). La comparaison de la typologie des transcrits impliqués dans cette voie avec la typologie des autres transcrits affectés pourrait permettre de renseigner l'ensemble des gènes affectés par cette dérégulation de la signalisation par l'acide rétinoïque. Un autre cluster met en évidence une surproduction des transcrits codant pour les complexes protéiques impliquées dans la phosphorylation oxydative, pouvant suggérer une perturbation de la production d'énergie chez les larves exposées. Par ailleurs, plusieurs clusters mettent en évidence la surabondance de nombreux transcrits codant pour des protéines ribosomales, des facteurs d'élongation et des enzymes de biosynthèse des ARN de transferts, et à la perturbation de l'abondance de transcrits associés au contrôle et au processing des ARNm et des protéines. Cela suggère une orientation du transcriptome vers une réorganisation de la production et de la régulation protéique, suggérant la mise en œuvre de processus homéostatiques chez les larves exposées. De façon plus générale, les hypothèses de perturbations et de mécanismes formulées à partir de ces données constituent une base objective de travail pour prioriser de futures validations et explorations à des niveaux biologiques supérieurs.

Ellis Franklin*(1), Elise Billoir(1),
Marie Laure Delignette-Muller(2),
and Sophie Prud'homme(1)

(1) Laboratoire Interdisciplinaire des Environnements Continentaux, Institut Écologie et Environnement, Institut National des Sciences de l'Univers, Observatoire Terre et Environnement de Lorraine, France

(2) Département écologie évolutive [LBBE] – Laboratoire de Biométrie et Biologie Évolutive, UMR 5558, France

Mots clés

Transcriptomique, DRomics, dose-réponse, di-n-butylphtalate, benchmark doses, cluster sensitivity

Remerciements

Ce travail a été réalisé grâce au soutien financier de l'ANR dans le cadre du projet JCJC Chroco (ANR-21-CE34-0003) et du pôle Otelo (projet Otelo JC DBP dose), Université de Lorraine

Références

1 lbbe.univ-lyon1.fr/fr/dromics



INTERACTIONS ENTRE LES DIATOMÉES TOXIQUES DU GENRE PSEUDO-NITZSCHIA ET LES CONSOMMATEURS PRIMAIRES : ÉTUDE COMPORTIMENTALE CHEZ LE COPÉPODE TEMORA LONGICORNIS

Dans un contexte de changement global, il est important d'anticiper les conséquences potentielles sur le réseau trophique des bouleversements associés, notamment au sein des écosystèmes marins. Les diatomées du genre *Pseudo-nitzschia* (PN) sont des microalgues retrouvées dans de nombreux écosystèmes côtiers qui, lorsque les conditions environnementales sont favorables, entraînent des efflorescences (blooms). Ces organismes produisent une neurotoxine, l'acide domoïque (AD), capable de s'accumuler dans les mollusques qui, s'ils sont consommés, entraînent la survenue de phénomènes ASP (Amnesic Shellfish Poisoning ou intoxication amnésiante par les mollusques). Ce phénomène représente un danger à la fois pour les mammifères marins et les oiseaux (mortalités) et pour l'Homme (intoxications) [1] [2]. Outre leur impact écologique, les efflorescences de PN ont un impact économique puisque le dépassement du seuil réglementaire entraîne l'interdiction de la pêche à la coquille St-Jacques [3]. Il a été montré chez des espèces arctiques que les microcrustacés, en particulier les copépodes, jouaient un rôle crucial dans le transfert de la toxine vers les niveaux trophiques supérieurs et que leur présence pouvait stimuler la production d'AD [4]. Dans ce contexte, il nous est apparu important de mieux comprendre la relation entretenue entre les microalgues du genre PN et les copépodes, en particulier d'évaluer l'impact potentiel de l'AD sur la physiologie des copépodes. Pour cette étude, nous avons choisi des espèces emblématiques des côtes françaises i.e. *PN australis*, *PN fraudulenta* d'une part et le copépode marin *Temora longicornis* d'autre part. Sur la base d'une étude montrant une altération du comportement de fuite de copépodes arctiques exposés à PN sp, c'est l'effet sur le comportement de nage qui a été étudié [5]. Après une phase de développement méthodologique (e.g. mise au point d'un protocole de détection, choix des paramètres à étudier, induction d'un comportement de fuite en l'absence d'exposition), des analyses comportementales ont été réalisées après exposition de *T. longicornis* aux 2 espèces de PN produisant des niveaux variables d'acide domoïque. Une altération du comportement de nage des copépodes pourrait impacter la fitness des individus, puisqu'il conditionne directement la capacité de l'organisme à survivre, se développer et se reproduire et pourrait ainsi perturber l'équilibre écologique de l'écosystème marin.

C. GALINIER*(1,2), M. DESCHLER (1,2), C. ARCANJO (1), H. ROSSELLE (1), A. DUFLOT (1), J. FORGET-LERAY (1), J. FAUCHOT (2), C. BOULANGÉ-LECOMTE* (2)

(1) UMR-I02 SEBIO
Université Le Havre Normandie
25, rue Philippe Lebon BP1123
76063 Le Havre cedex
(2) UMR 8037 BOREA
Université Caen Normandie
Esplanade de la Paix CS 14032
14032 Caen Cedex 5

Contact e-mail :
corentin.galinier@etudiant.univ-reims.fr - celine.lecomte@univ-lehavre.fr

Mots clés

Acide domoïque, comportement, copépode, microalgues, toxicité

Remerciements

Ce projet est financé par la Région Normandie (Projet Incidence).

Références

- [1] Trainer, V. L.; Bates, S. S.; Lundholm, N.; Thessen, A. E.; Cochlan, W. P.; Adams, N. G.; Trick, C. G. *Pseudo-Nitzschia* Physiological Ecology, Phylogeny, Toxicity, Monitoring and Impacts on Ecosystem Health. *Harmful Algae* 2012, 14, 271–300
- [2] McCabe, R. M.; Hickey, B. M.; Kudela, R. M.; Lefebvre, K. A.; Adams, N. G.; Bill, B. D.; Gulland, F. M. D.; Thomson, R. E.; Cochlan, W. P.; Trainer, V. L. An Unprecedented Coastwide Toxic Algal Bloom Linked to Anomalous Ocean Conditions. *Geophysical Research Letters* 2016, 43 (19), 10,366–10,376
- [3] Thorel, M.; Claquin, P.; Schapira, M.; Le Gendre, R.; Riou, P.; Goux, D.; Le Roy, B.; Raimbault, V.; Deton-Cabanillas, A.-F.; Bazin, P.; Kientz-Bouchart, V.; Fauchot, J. Nutrient Ratios Influence Variability in *Pseudo-Nitzschia* Species Diversity and Particulate Domoic Acid Production in the Bay of Seine (France). *Harmful Algae* 2017, 68, 192–205.
- [4] Harðardóttir, S.; Pančić, M.; Tammilehto, A.; Krock, B.; Møller, E. F.; Nielsen, T. G.; Lundholm, N. Dangerous Relations in the Arctic Marine Food Web: Interactions between Toxin Producing *Pseudo-Nitzschia* Diatoms and *Calanus* Copepodites. *Marine Drugs* 2015, 13 (6), 3809–3835.
- [5] Harðardóttir, S.; Krock, B.; Wohlrab, S.; John, U.; Nielsen, T. G.; Lundholm, N. Can Domoic Acid Affect Escape Response in Copepods? *Harmful Algae* 2018, 79, 50–52



BACTERIES ENVIRONNEMENTALES ET MALADIES DU CERVEAU

Les maladies du cerveau sous leurs nombreuses formes, ont récemment démontré un grand impact socio-économique et représentent l'un des défis les plus difficiles de la recherche actuelle. Bien que chaque pathologie de ce groupe très hétérogène soit caractérisée par des traits individuels, un nombre croissant de mécanismes toxicologiques communs ont été mis en évidence. Nous nous sommes concentrés sur deux types émergents d'exposition et de lésions cérébrales d'origine bactérienne et avons spécifiquement traité des exemples représentatifs : i) des composés environnementaux d'origine bactérienne sous la forme de la toxine BMAA (β -N-méthylamino-L-alanine) et ses isomères DAB (acide 2,4-diaminobutyrique) et AEG (N-(2-aminoéthyl)glycine) et ii) la toxicité liée aux infections bactériennes sous la forme de la neuroborréliose de Lyme (LNB), déterminée par *Borrelia burgdorferi* (Bb). Définis comme des contaminants à effets pléiotropes, la toxine BMAA et la bactérie Bb agissent par de multiples voies toxicologiques, notamment l'inflammation, le stress oxydatif et l'excitotoxicité. De multiples investigations dans des modèles *in vitro* et *in vivo* ont mis en évidence les mécanismes d'action impliqués, mais des investigations supplémentaires sont nécessaires pour clarifier le rôle d'éventuels effets cocktail et souligner de nouvelles cibles d'intervention.

Les bactéries environnementales représentent des facteurs de risque émergents en raison des changements environnementaux, des activités anthropiques et des évolutions du mode de vie humain. Les orientations futures de la recherche seront visées à évaluer le risque humain et les voies possibles d'intervention et de prévention.

Mots clés

BMAA; DAB; AEG; Inflammation; Lyme neuroborréliose; Risque.

Références

- Courtier A., Potheret D., Giannoni P. 2022. Environmental bacteria as triggers to brain disease: possible mechanisms of toxicity and associated human risk. *Life Sci.* PMID: 35679915
- Reside AM., Gavarikar S., Laberge F., Bernier NJ. Behavior and brain size of larval zebrafish exposed to environmentally relevant concentrations of beta-methylamino-L-alanine (BMAA). *Toxicol Sci.* 2023. PMID: 36916757
- Burton B., Collins K., Brooks J., Marx K., Renner A., Wilcox K., Moore E., Osowski K., Riley J., Rowe J., Pawlus M. The biotoxin BMAA promotes dysfunction via distinct mechanisms in neuroblastoma and glioblastoma cells. *Plos One.* 2023. PMID: 36893156

Patrizia Giannoni* (1), Audrey Courtier (1), Damien Potheret (1), and Jeanne Lichtfouse (1)

(1) Université de Nîmes, PR Chrome, France



VARIABILITÉ INDIVIDUELLE DES TRAITS D'HISTOIRE DE VIE DE *APORRECTODEA CALIGINOSA* EXPOSÉ À UN SOL CONTAMINÉ PAR UN FONGICIDE

Devenus la référence en agriculture moderne, l'utilisation des produits phytopharmaceutiques (PPP) a engendré une contamination significative de l'environnement et en particulier des sols. Les PPP ont notamment été identifiés comme un des facteurs responsables du déclin de la biodiversité des vers de terre dans les champs en agriculture intensive (Smith et al., 2008). Des espèces persistent néanmoins, dont *Aporrectodea caliginosa*, espèce de vers de terre endogés considérée comme hautement représentative des sols agricoles et espèce référence pour les essais normalisés d'écotoxicité (ISO 11268-2:2023). Ceci suggère un phénomène d'adaptation chez certaines espèces vis-à-vis de cette contamination. Phénomène pouvant inclure des modifications d'allocation d'énergie et des traits d'histoire de vie des individus, eux-mêmes intimement liés aux nombreuses fonctions écologiques remplies par les vers de terre. Une altération de ces fonctions écologiques se traduirait également en une altération des services écosystémiques associés. L'étude de ces processus d'adaptation nécessite la prise en compte de la variabilité individuelle des traits d'histoire de vie, une composante souvent ignorée dans les tests écotoxicologiques standardisés (Jager, 2013).

La présente étude porte sur l'exposition d'*A. caliginosa* au Swing®Gold, un fongicide contenant de l'époxiconazole, un des pesticides les plus retrouvés dans les sols agricoles (Pelosi et al., 2021). Ce stress lié au fongicide est amené à induire des « coûts de tolérance » dus à l'allocation d'énergie supplémentaire nécessaire à sa gestion. Notre objectif est d'adapter les modèles mathématiques bioénergétiques pour mieux intégrer la variabilité individuelle dans la croissance des individus et leur tolérance aux fongicides (Bart et al., 2020). Pour cela, nous avons adopté une approche longitudinale en suivant la masse corporelle de deux cohortes de 30 individus : une cohorte d'individus de contrôle et une cohorte d'individus continuellement exposés à trois fois la dose recommandée en Swing®Gold. Ce suivi individuel de croissance est réalisé sur une durée de dix mois et cela dès les premiers jours de vie jusqu'à maturité avec pour objectif final d'évaluer les conséquences de l'exposition sur le taux de reproduction des individus. Ces résultats permettent de prendre en compte la variabilité individuelle dans un modèle bioénergétique et d'appréhender les conséquences de l'exposition de *A. caliginosa* au fongicide à l'échelle de la population et sur les dynamiques éco-évolutives entrant en jeu.

Mots clés

Adaptation, Croissance, Modélisation, Pesticides, Reproduction, Vers de terre

Remerciements

Je tiens à remercier l'UMR EcoSys de l'INRAE à Palaiseau pour son accueil et qui me permet d'effectuer ce stage dans de bonnes conditions. Je souhaite aussi remercier la fédération Île-de-France de recherche en environnement qui finance ce projet.

Références

- Bart, S., Pelosi, C., Néliu, S., Lamy, I., & Péry, A. R. R. (2020). An energy-based model to analyze growth data of earthworms exposed to two fungicides. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(1), 741-750. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06985-z>
- Pelosi, C., Bertrand, C., Daniele, G., Coeurdassier, M., Benoit, P., Néliu, 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. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107167>
- Smith, R., Mcswiney, C., Grandy, A., Suwanwaree, P., Snider, R., & Robertson, G. (2008). Diversity and abundance of earthworms across an agricultural land-use intensity gradient. *Soil and Tillage Research*, 100(1-2), 83-88. <https://doi.org/10.1016/j.still.2008.04.009>

Lisa GOLLOT*(1), Juliette FABURÉ (1), Jérôme MATHIEU (2), Raphaël ROYAUTE (1)

(1) UMR ECOSYS, INRAE, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 91120 Palaiseau, France

(2) IEES Sorbonne Université, 4 place Jussieu, 75 252 Paris

Contact e-mail : raphael.royaute@inrae.fr



EVALUATION D'UN NOUVEL AGENT ANTIFOULING, LA DEXMETETOMIDINE, PAR LA QUANTIFICATION DU CHANGEMENT DE COULEUR CHEZ LA SEICHE COMMUNE

Un nombre croissant de substances d'origine humaine, incluant de potentiels perturbateurs neuroendocriniens, pénètrent et persistent dans l'environnement. L'identification de ces composés doit reposer sur des méthodes d'évaluation fiables et éthiques, afin de faciliter leur régulation à la source (Browne et al. 2020).

Le champ d'action des perturbateurs neuroendocriniens est tel qu'il est crucial d'élargir le répertoire de tests actuellement utilisés, en diversifiant à la fois les méthodes d'évaluation, les critères d'effets toxicologiques et les organismes modèles. Dans ce cadre, la mesure des changements de couleur physiologiques chez des invertébrés est un critère d'évaluation sublégal particulièrement sensible et prometteur (Gouveneaux et al., 2023). Chez les céphalopodes, ces changements de couleurs sont permis par l'activation sélective des chromatophores, des organes pigmentés modulés par des neurotransmetteurs (principalement la sérotonine et le L-glutamate) qui constituent en effet une cible potentielle des perturbateurs neuroendocriniens.

Faisant suite à plusieurs travaux menés chez des nouveau-nés de seiche commune européenne (*Sepia officinalis*) (e.g., Chabenat et al. 2021, Di Poi et al. 2014, Minet 2022), nous présentons ici un test basé sur l'évaluation de l'efficacité de leur camouflage après une période d'exposition aux substances à tester de 72h. Celui-ci s'appuie sur la quantification des patrons de camouflage (uniforme et disruptif) adoptés par la seiche en fonction de son environnement visuel (Hanlon et Messenger 1988). La mise en œuvre et les performances du test sont illustrées par l'analyse de la dexmedetomidine, un puissant agoniste $\alpha 2$ -adrénergique utilisé comme sédatif vétérinaire et nouvel agent antifouling (de Campos 2022).

Mots clés

perturbateur neuroendocrinien, comportement, camouflage, céphalopode, mollusque, invertébré

Remerciements

Nous adressons nos remerciements au fond européen de développement régional (FEDER) et Interreg France (manche) Angleterre pour le financement du projet RedPol (Réduction de la pollution des perturbateurs endocriniens à la source : Mise à disposition d'outils innovants).

Références

- Browne, P., Van der wal, L. et Gourmelon, A. 2020. OECD approaches and considerations for regulatory evaluation of endocrine disruptors. *Molecular and Cellular Endocrinology*. Vol. 504, pp. 110675
- Chabenat, A., Bellanger, C. et Knigge, T. 2021. Effects of environmental antidepressants on colour change and locomotor behaviour in juvenile shore crabs, *Carcinus maenas*. *Aquatic Toxicology*, 234, 105808.
- de Campos, B. G., Figueiredo, J., Perina, F., Abessa, D. M. D. S., Loureiro, S. et Martins, R. 2022. Occurrence, effects and environmental risk of antifouling biocides (EU PT21): Are marine ecosystems threatened?. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 52(18), 3179-3210.
- Di Poi, C., Bidel, F., Dickel, L. et Bellanger, C. 2014. Cryptic and biochemical responses of young cuttlefish *Sepia officinalis* exposed to environmentally relevant concentrations of fluoxetine. *Aquatic toxicology*, 151, 36-45.
- Gouveneaux, A., Minet, A., Jozet-Alves, C., Knigge, T., Bustamante, P., Lacoue-Labarthe, T., & Bellanger, C. (2023). Cuttlefish color change as an emerging proxy for ecotoxicology. *Frontiers in Physiology*, 14.
- Hanlon, R. T. et Messenger, J. B. 1988. Adaptive coloration in young cuttlefish (*Sepia officinalis* L.): the morphology and development of body patterns and their relation to behaviour. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, 320(1200), 437-487.
- Minet, A. 2022. Bioaccumulation and effects of mercury in cuttlefish in the context of ocean acidification. PhD thesis. La Rochelle: La Rochelle Université.

Anaïd GOUVENEUX*(1, 2, 3),
Salomé BROUSSEAU (1, 2),
Thomas KNIGGE (3), Cécile
BELLANGER (1, 2)

(1) Normandie Univ, Unicaen, CNRS,
EthoS, 14000 Caen, France

(2) Univ Rennes, CNRS, EthoS
(Éthologie animale et humaine) - UMR
6552, F-35000 Rennes, France

(3) Normandie Université,
UNILEHAVRE, UMR-I02, Stress
environnementaux et biosurveillance
des milieux aquatiques (SEBIO), 76600
Le Havre, France

* Contact e-mail :

anaid.gouveneaux@unicaen.fr

anaid.gouveneaux@univ-lehavre.fr



EVALUATION DES EFFETS DE PERTURBATION ENDOCRINIENNE INDUITS PAR UN POLLUANT PHARMACEUTIQUE EMERGENT ET SES PRODUITS DE DEGRADATION CHEZ *DAPHNIA MAGNA*

En raison de leur élimination incomplète par les stations de traitement des eaux usées (STEU), un grand nombre de composés pharmaceutiques sont rejetés dans l'environnement. C'est le cas du furosémide (FUR), le diurétique de l'anse le plus largement prescrit en Europe depuis 1965, et ses produits de dégradation (PD) dont le pyridinium du furosémide (PYR) et la saluamine (SAL). Ils sont présents dans le milieu aquatique à des concentrations allant de quelques centaines de ng/L en rivière à plusieurs milliers de ng/L dans les eaux usées. La toxicité du FUR, du PYR et de la SAL à concentrations environnementales a récemment été démontrée chez différents organismes dont *Daphnia magna*. En revanche, il existe très peu de données sur leur effet perturbateur endocrinien (PE) potentiel. En effet, le FUR est suspecté par l'ECHA comme présentant une toxicité pour la reproduction, et des modélisations réalisées au laboratoire ont montré que le FUR, le PYR et la SAL, pourraient être des PE, en tant qu'antagonistes du récepteur à androgène humain, de même que l'hormone juvénile de *Daphnia magna* (le méthyl farnesoate). Ceci suggère que ces contaminants pourraient avoir un mécanisme d'action similaire à celui de cette hormone, qui est responsable de processus physiologiques majeurs, dont la croissance, la reproduction et la détermination du sexe. Ces micropolluants pourraient donc interférer avec la reproduction et le développement aussi bien chez l'humain que chez des organismes invertébrés. Les objectifs de cette étude sont de (i) caractériser la perturbation endocrinienne du FUR et de ses PDs suite à une exposition chronique à des concentrations environnementales, et (ii) affiner la compréhension des voies de signalisation activées par ces contaminants chez *Daphnia magna*. L'impact développemental d'une exposition chronique aux 3 contaminants est étudié sur plusieurs générations de daphnies à des concentrations pertinentes pour l'environnement (200 ng/L et 2000 ng/L). Pour chaque génération, au moment de la première ponte des individus, l'âge, le nombre de néonates pondus, ainsi que la taille du corps et des antennes des individus parents et néonates (< 24h) sont analysées. Cette étude est complétée par une analyse de plusieurs gènes impliqués dans le développement et la reproduction des individus suite à une exposition chronique de 10 jours. Les résultats préliminaires, obtenus après exposition à 2000 ng/L, montrent que la taille des adultes au moment de la première ponte tend à diminuer suite à une exposition au PYR et à la SAL. À l'inverse, les néonates nés après exposition des individus parents au FUR et au PYR seraient plus grands que les individus contrôles. Enfin, le nombre de néonates pondus par les individus exposés au PYR tend à être plus faible que les contrôles. Ces premiers résultats, qui restent à confirmer, suggèrent que le FUR et ses métabolites sont susceptibles d'avoir un impact négatif sur la physiologie de la daphnie, et montrent l'intérêt de ce modèle d'invertébré pour l'étude de la perturbation endocrinienne.

Mots clés

Médicaments, produits de dégradation, écotoxicité, perturbation endocrinienne, RT-qPCR, daphnie

Remerciements

LG a bénéficié d'une bourse de master de la Société Française de l'Étude sur la Fertilité (SFEF)

Références

- 1- Sandre, F., Huynh, N., Caupos, E., El-Mrabet, L., Partibane, C., Lachaise, I., Pommier, C., Rivard, M., Morin, C., Moilleron, R., Le Roux, J., & Garrigue-Antar, L. (2023). Occurrence and fate of an emerging drug pollutant and its by-products during conventional and advanced wastewater treatment : Case study of furosemide. *Chemosphere*, 322, 138212.
- 2- Sandre, F., Duval, A., Grimault, L., Golven, G., Morin, C., & Garrigue-Antar, L. (2023). First approach for the ecotoxicological assessment of a ubiquitous pharmaceutical compound (furosemide) and its transformation products. (Soumis pour publication)

Luna GRIMAUULT* (1),
Fidji SANDRÉ (1),
Laure GARRIGUE-ANTAR (1)

(1) LEESU, UMR MA-102, ENPC, UPEC,
AgroParisTech, 61 avenue du Général
de Gaulle, 94010 Créteil Cedex, France

Contact e-mail :

luna.grimault11@gmail.com

laure.garrigue-antar@u-pec.fr



INTERACTIVITE DES CONTAMINATIONS DU SOL CHEZ L'ENCHYTREIDE : EFFETS ECOTOXICOLOGIQUES DES MELANGES SUR LES TRAITS D'HISTOIRE DE VIE

Mandy GUEDJ, Antoine BAMIÈRE,
Ghislaine DELARUE, Amélie TROUVE,
Sébastien BREUL, Juliette FABURE

UMR ECOSYS, INRAE, AgroParisTech,
Université Paris-Saclay, 91120 Palaiseau,
France
Contact e-mail : juliette.fabure@inrae.fr

Les eaux pluviales constituent la voie majeure de transfert des contaminants depuis les milieux anthropisés vers les écosystèmes. Le trafic routier est une des sources les plus importantes de contamination des eaux pluviales via le relargage sur les chaussées de contaminants organiques tels que les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et de contaminants inorganiques tels que les éléments traces métalliques (ETM). Il est donc important de trouver un système de traitement des eaux pluviales avant leur transport vers les écosystèmes aquatiques ou terrestres. Le projet européen Life Adsorb porté par la ville de Paris vise à réduire de 95% la contamination des eaux pluviales provenant du périphérique parisien. Pour cela, les eaux sont collectées et acheminées vers un filtre planté de roseaux qui les traite avant de les rejeter dans la Seine. Ce filtre a été installé dans le Bois de Boulogne afin de dépolluer les eaux issues du périphérique ouest parisien. L'objectif de l'INRAE est de nous assurer que le filtre est compatible avec le milieu naturel, vérifier qu'il n'engendre pas des dommages pour les écosystèmes et la biodiversité. Pour cela, des études écotoxicologiques sont réalisées sur *Enchytraeus albidus*, un annélide oligochète ubiquiste dans de nombreux écosystèmes, et considéré comme une espèce modèle pour les tests d'écotoxicité terrestre du fait de sa sensibilité aux stress chimiques (1). Les objectifs sont d'étudier la toxicité chronique de polluant en mélange, et de produire des courbes dose-réponse chez l'enchytréide exposé à des mélanges ETM et HAP. Les HAP choisis pour cette étude sont le phénanthrène (PHE), le fluoranthène (FTL) et le benzo(a)pyrène (BaP), 3 hydrocarbures à trois, quatre et cinq cycles aromatiques respectivement et ubiquistes dans les milieux urbains (2). Les ETM sélectionnés sont le cuivre, un élément essentiel et le cadmium, non essentiel et connu comme toxique chez l'enchytréide (3). Pour réaliser ces tests de toxicité chronique (test de reproduction OCDE 220), quatre répliques de 10 enchytréides adultes vont être exposés pendant 3 semaines à 7 concentrations différentes d'HAP et d'ETM allant de 0 à 60 mg/kg (PHE), 80 mg/kg (FTL), 20 mg/kg (BaP), 120 mg/kg pour le cuivre et 5,25 mg/kg pour le cadmium. À 3 semaines d'exposition, la survie des adultes est mesurée et ces derniers sont retirés afin de laisser les juvéniles se développer. Six semaines après le début de l'expérience, le taux de reproduction est mesuré par le dénombrement des juvéniles préalablement colorés au rose de bengal. Parallèlement, deux autres expériences sont réalisées en exposant les enchytréides uniquement au mélange HAP ou au mélange ETM afin de caractériser l'interactivité des contaminants : additivité, synergie, ou antagonisme. Les courbes dose-réponse permettent d'établir des recommandations sur la durée d'utilisation maximale du filtre avant que celui-ci ne constitue un risque pour les organismes ayant colonisé le substrat du filtre. Lorsque les concentrations au sein du filtre auront atteint le seuil limite, les matériaux filtrants devront être remplacés.

Mots clés

Sol urbain contaminé, hydrocarbures aromatiques polycycliques, éléments traces métalliques, effets cocktail, reproduction, *enchytraeus albidus*

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) Amorim M.J.B., Römcke J., and Soares A.M.V.M. 2005. 'Avoidance behaviour of *Enchytraeus albidus*: Effects of Benomyl, Carbendazim, phenmedipham and different soil types', *Chemosphere*, 59(4), pp. 501–510. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.01.057>.
- (2) Dai W. et al. 2021. 'Temperature-Dependent Toxicokinetics of Phenanthrene in *Enchytraeus albidus* (Oligochaeta)', *Environmental Science & Technology*, 55(3), pp. 1876–1884. Available at: <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c06182>.
- (3) Lock, K., Janssen, C.R. and De Coen, W.M. (2000) 'Multivariate test designs to assess the influence of zinc and cadmium bioavailability in soils on the toxicity to *Enchytraeus albidus*', *Environmental Toxicology and Chemistry*, 19(11), pp. 2666–2671. Available at: <https://doi.org/10.1002/etc.5620191108>.



EFFETS DE LA TEMPERATURE ET DE LA SALINITE SUR LA MOULE COMMUNE (*Mytilus edulis*) : UNE APPROCHE MULTI-ECHELLE

Les activités humaines sont responsables de 90% des rejets de dioxyde de carbone dans l'atmosphère, engendrant des changements globaux dont le réchauffement climatique. Ainsi, depuis la fin du XIXe siècle, la température de l'air à l'échelle mondiale a augmenté de 1,1°C (IPCC, 2023). Selon les modèles de prédiction climatique, la température de surface des océans devrait augmenter de 0,9°C à 2,9°C à l'échelle mondiale et de 2 à 4°C dans les bassins européens d'ici 2100.

Une autre conséquence du changement climatique est l'accélération du cycle mondial de l'eau (précipitations – évaporation) modulant fortement la salinité de l'eau de mer, notamment dans les zones côtières et estuariennes (Cheng et al., 2020). Dans les hautes latitudes des hémisphères Nord et Sud, une augmentation des précipitations est attendue à mesure que le réchauffement climatique s'accroît, ce qui induirait une diminution de la salinité des eaux de surface (ou hyposalinité) (Lee et al., 2021). Étant donné que divers facteurs environnementaux sont susceptibles d'être modifiés dans le cadre du changement climatique, il apparaît nécessaire d'identifier les effets biologiques de ces changements sur les organismes marins et d'évaluer la capacité de tolérance de ces derniers aux conditions futures liées aux changements climatiques.

Dans le but d'étudier les effets d'un réchauffement ou d'une hyposalinité de l'eau de mer sur la physiologie des organismes marins, des expositions chroniques ont été réalisées en conditions de laboratoire en utilisant la moule commune (*Mytilus edulis*) comme modèle biologique. En raison de sa large distribution géographique, de son mode de vie sessile et de son alimentation par filtration, *Mytilus edulis* est une espèce couramment utilisée en écotoxicologie en tant qu'organisme sentinelle pour la biosurveillance des milieux côtiers.

Des moules provenant d'un élevage ont été acclimatées pendant 8 jours dans une eau de mer artificielle à 17°C et 33 PSU, ces critères constituant les conditions contrôles. Puis, une phase d'exposition de 9 jours s'est déroulée avec deux conditions de réchauffement (+3,5°C et +6°C par rapport au contrôle) et à deux conditions d'hyposalinité (-6 PSU et -12 PSU par rapport au contrôle). A l'échelle moléculaire, des biomarqueurs du stress oxydant (activités CAT, SOD, GST et hydroperoxydes lipidiques) et de neurotoxicité (activité AChE) ont été analysés dans les branchies, le manteau et la glande digestive. A l'échelle individuelle, l'état physiologique des moules a été étudié en mesurant l'indice de condition, le taux de filtration et le taux de lipides.

Mots clés

Changements globaux, *Mytilus*, stress oxydant, neurotoxicité, filtration, lipides

Remerciements

Les auteurs remercient l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) et la Région Pays de la Loire pour le financement du projet SPECTROBS ainsi que le Master Conjoint Erasmus Mundus « Aquaculture, Environment and Society + » (ACES+) pour le financement du stage de Ridho Wiranda Gurning.

Références

- Cheng, L. et al., 2020. Improved estimates of changes in upper ocean salinity and the hydrological cycle. *J. Clim.* 33 (23), 10357–10381.
- IPCC, 2023. *Climate Change 2023: Synthesis Report. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* IPCC, Geneva, Switzerland, (in press).
- Lee, J.-Y. et al., 2021: *Future Global Climate: Scenario-Based Projections and Near-Term Information.* In *Climate Change 2021.* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 553–672.

Colleen GUINLE*(1), Ridho Wiranda GURNING (1), Tom ROUSSEL (1), Clément BARATANGE (1), Gaetane WIELGOSZ-COLLIN (1), Aurélie MOSSION (1), Vony RABESAOTRA (1), Abderrahmane KAMARI (1), Laurence POIRIER (1), Paul DELERIS (1), Aurore ZALOUK-VERGNOUX (1)

(1) Nantes Université, Institut des Substances et Organismes de la Mer, ISOMer, UR 2160, F-44000 Nantes, France

Contact e-mail :
colleen.guinle@univ-nantes.fr



EVALUATION DE LA TOXICITE DES MICROPLASTIQUES DANS LES SOLS POUR L'ESCARGOT : ROLE DES ADDITIFS.

La fragmentation des plastiques dans l'environnement entraîne leur accumulation dans les écosystèmes sous forme de microplastiques (MP) (Geyer et al., 2017). Bien que les milieux aquatiques soient les plus représentés en termes d'étude sur le sujet, de plus en plus de travaux mettent en évidence les potentiels effets toxiques des MP sur la faune du sol (Kim and Rillig, 2021). Néanmoins, très peu d'informations sont disponibles à l'heure actuelle sur le rôle des additifs contenus dans les produits plastique et leur contribution aux effets toxiques. Constituant en moyenne 4% du plastique, les additifs peuvent être des antioxydants, des pigments, des retardateurs de flammes ou encore des stabilisateurs qui permettent de modifier les propriétés des polymères plastiques (Fred-Ahmadu et al., 2020). Le but de notre étude était donc d'évaluer les réponses de l'escargot *Cantareus aspersus* lors d'une exposition de long terme à des microparticules de polyéthylène (PE) contenant des doses d'additifs contrastées. Un sol naturel (parcelle témoin du SOERE PRO) a été contaminé à différentes concentrations (0, 0,1%, 1% m/m) par des microparticules de PE de différentes tailles (20 µm, 250 µm et un mélange 20-250 µm) et contenant trois doses (0, dose standard et dose x10) d'un cocktail connu d'additifs. Au cours de cette expérimentation de 3 mois, diverses réponses complémentaires seront suivies. Au niveau individuel, un suivi hebdomadaire de la mortalité, de la croissance (masse fraîche et diamètre coquille), de la maturité sexuelle (bordure péristomiale et masse de la glande à albumen) et de la reproduction (fertilité et fécondité). Au niveau moléculaire, un ensemble d'analyses biochimiques (marqueurs de stress oxydant et du statut immunitaire) sera conduit sur différents tissus tels que l'hémolymphe, la glande digestive et le rein. Ce travail de recherche devrait permettre d'apporter des éléments de réponse à deux hypothèses. La première est une accentuation des effets observés avec la diminution de la taille des particules. En effet, une étude récente sur l'escargot a mis en évidence une augmentation de la croissance lors d'une exposition à de grosses particules de PE (500 µm) mais l'induction d'un stress oxydatif pour les particules plus fines (100 µm) (Colpaert et al, 2021). La deuxième hypothèse est une interaction synergique entre le PE et les additifs ajoutés. En effet, même si très peu d'études existent en milieu terrestre, quelques travaux ont pu démontrer le rôle clé des additifs relargués par les particules de plastiques dans l'induction d'effets toxiques chez les invertébrés du sol (Kim et al., 2020). Ainsi, dans le cadre du projet ANR e-DIP, nos résultats devraient permettre de mieux identifier la contribution des effets physiques des microplastiques et chimiques de leurs additifs vis-à-vis de la faune du sol. Ceci permettra de contribuer à une meilleure compréhension des risques associés à la contamination des écosystèmes terrestre par ces particules et ainsi aider à mieux appréhender les impacts à long terme de la pollution plastique.

Justine HIENNE, Romain COLPAERT, Dominique RIEFFEL, Annette de VAUFLEURY (1), Frédéric GIMBERT (1)*

(1) Chrono-environnement UMR6249, CNRS Université de Franche-Comté, F-25000, Besançon, France
Contact e-mail : frederic.gimbert@univ-fcomte.fr

Mots clés

Polyéthylène, additif, Ecotoxicité, Mollusques terrestres, Stress oxydant, microbiote intestinal

Remerciements

Les auteurs remercient l'ANR (projet e-DIP), l'ADEME et la Région Bourgogne Franche-Comté pour le financement de l'étude.

Références

- Colpaert, R., Petit dit Grezeriat, L., Louzon, M., de Vaufleury, A., Gimbert, F., 2021. Polyethylene microplastic toxicity to the terrestrial snail *Cantareus aspersus*: size matters. *Environ. Sci. Pollut. Res.*
- Fred-Ahmadu OH, Bhagwat G, Oluyoye I, Benson NU, Ayejuyo OO, Palanisami T. 2020. Interaction of chemical contaminants with microplastics: principles and perspectives. *Science of the Total Environment* 706(6223):135978
- Geyer R, Jambeck JR, Law KL (2017) Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci Adv* 3:e1700782.
- Kim S.W. and Rillig M.C., 2022. Research trends of microplastics in the soil environment: Comprehensive screening of effects. *Soil Ecology Letters* 1-10.
- Kim S.W, Waldman W.R., Kim T.-Y., Rillig M.C., 2020. Effects of Different Microplastics on Nematodes in the Soil Environment: Tracking the Extractable Additives Using an Ecotoxicological Approach. *Environmental Science & Technology* 2020 54 (21), 13868-13878.



EVALUATION DE LA PERTURBATION NEUROENDOCRINIENNE PAR LES POLLUANTS ENVIRONNEMENTAUX CHEZ LE CRABE VERT (*CARCINUS MAENAS*)

Chez les invertébrés, les systèmes neuroendocriniens sont des éléments majeurs de la transmission de l'information entre l'environnement et les organes, permettant ainsi la régulation des grandes fonctions physiologiques. Etant donné que la neurotransmission est un processus biologique relativement bien conservé dans le règne animal, les composés médicamenteux contaminant l'environnement aquatique, en particulier ceux destinés à moduler le niveau des neurotransmetteurs chez les vertébrés, pourraient interagir avec les mêmes cibles chez les invertébrés et ainsi perturber leur système hormonal. Ce type de perturbation neuroendocrinienne est encore très peu étudiée chez les invertébrés. La sérotonine, monoamine à la fois neurotransmetteur et hormone, est largement répandue dans le règne animal et impliquée dans de multiples fonctions. Ainsi, elle joue un rôle modulateur sur la sécrétion d'hormones neuropeptidiques chez les crustacés (Wiese, 2002). Chez le crabe vert (*Carcinus maenas*) et autres crustacés, une réponse fondamentale aux stress naturels est l'augmentation du taux de glucose dans l'hémolymphe, médiée par l'hormone hyperglycémique des crustacés (CHH) (Webster, 1996), elle-même modulée par la sérotonine (Robert et al., 2016). L'objectif de notre étude est donc de mieux comprendre le rôle de la sérotonine dans la régulation d'une hormone clé chez les crustacés, la CHH, afin, à terme, de pouvoir évaluer le potentiel perturbateur des micropolluants et autres molécules émergentes susceptibles de moduler les taux de neurotransmetteurs et/ou la neurosécrétion. Nous étudions donc les effets potentiels d'un résidu médicamenteux inhibiteur sélectif de la recapture de la sérotonine, la fluoxétine, sur le taux de sérotonine et la signalisation neurohormonale chez *C. maenas* (Rodrigues et Pardal, 2014). Pour ce faire, la sérotonine sera quantifiée par ELISA dans l'organe-X/glande sinus ainsi que les ganglions cérébraux et thoraciques (Wies, 2012), puis corrélée aux concentrations de glucose dans l'hémolymphe.

Mots clés

Crustacés, monoamines, neurohormones, perturbateurs endocriniens

Remerciements

Ce projet est financé par INTERREG RedPol. S. Hue bénéficie d'une allocation doctorale de l'ED 497 NBISE et l'Université du Havre Normandie

Références

- Webster S.G., 1996. Measurement of crustacean hyperglycaemic hormone levels in the edible crab *Cancer pagurus* during emersion stress
- Robert A., Monsinjon T., Delbecq J.P., Olivier S., Poret A., Le Foll F., Durand F., Knigge. 2016. Neuroendocrine disruption in the shore crab *Carcinus maenas*: Effects of serotonin and fluoxetine on chh- and mih-gene expression, glycaemia and ecdysteroid levels
- Rodrigues E.T., Pardal M.Â., 2014. The crab *Carcinus maenas* as a suitable experimental model in ecotoxicology. *Environ. Int.* 70, 158–182
- Wies J.S., 2012. *Walking Sideways: The Remarkable World of Crabs*
- Wiese K., 2002. *The Crustacean Nervous System*

Sarah HUE*(1,2,3), Géraldine FAZIO (1), Tiphaine MONSINJON (1), Stéphanie OLIVIER (1), Cécile BELLANGER (2,3), Thomas KNIGGE (1)

(1) Normandie Univ, Univ Le Havre, UMR-I 02 SEBIO - Stress Environnementaux et BIo-surveillance des milieux aquatiques 76600 LE HAVRE

(2) Normandie Univ, Unicaen, CNRS, EthoS, 14000 CAEN

(3) Univ Rennes, CNRS, EthoS (Éthologie animale et humaine) - UMR 6552, F-35000 RENNES

*Contact e-mail : sarah.hue@univ-lehavre.fr



EFFETS DE LA DISPONIBILITE ALIMENTAIRE ET DE LA TEMPERATURE SUR LA PLASTICITE DU DEVELOPPEMENT LARVAIRE ET LEURS CONSEQUENCES SUR LA FITNESS DES JUVENILES CHEZ PALAEMON SERRATUS

Face à l'augmentation de polluants dans l'environnement, il est nécessaire de développer de nouveaux outils pour la biosurveillance. Les réponses des larves de décapodes face à l'exposition des contaminants ont largement été étudiées en laboratoire (González-Ortegón et al., 2013 et 2015). Cependant en écotoxicologie, il est nécessaire d'avoir une bonne connaissance de l'écophysiologie des organismes sentinelles. Le développement des larves de crustacés est connu pour avoir un fort caractère plastique (Quinn et al., 2016 ; Anger, 2006) qui peut avoir des conséquences sur la fitness des stades de vie suivants (González-Ortegón et Giménez, 2014 ; Oliphant et al., 2013). C'est pourquoi il est nécessaire de mieux comprendre cette plasticité en contexte de stress environnemental, afin d'évaluer la variabilité naturelle de l'espèce avant toute application et interprétation en écotoxicologie. Nous avons étudié les effets de l'interaction entre la disponibilité alimentaire et la température subie sur la plasticité du développement larvaire et la fitness des juvéniles. Des groupes de 50 larves provenant de 4 femelles ont été incubés à 16 °C et 22 °C avec 3 scénarios de disponibilité alimentaire (i.e. 10 artémias/mL : ad libitum ; 4 artémias/mL : faiblement disponible ; 2 artémias/mL : très faiblement disponible). Pour chaque groupe de larves, nous avons suivi la durée du développement, la croissance larvaire, les stades de développement larvaire et le taux de métamorphose. Les juvéniles ainsi obtenus ont été incubés en étant réparti équitablement à 18 °C et 24 °C et nourris ad libitum. Leur taux de survie et de croissance a été mesuré après 14 jours. Ainsi, le taux de métamorphose a diminué et la durée du développement larvaire a augmenté pour la plus faible température et la plus faible disponibilité alimentaire. De la même façon, des retards entre les stades larvaires ont été observés sur la durée totale du développement pour les faibles disponibilités alimentaires et température d'incubation. Concernant les juvéniles, pour l'ensemble des individus et quelle que soit la condition, le poids des organismes à la métamorphose augmentait avec la durée du développement larvaire, excepté lorsque la disponibilité alimentaire était faible. Après 14 jours d'incubation, seuls 29 des 531 juvéniles incubés sont morts (taux de survie de 94,8 %). Contrairement à nos hypothèses de départ, les conditions thermiques et alimentaires subies lors du développement larvaire n'ont pas eu d'effets sur le taux de croissance des juvéniles incubés à 18 °C, contrairement à ceux incubés à 24 °C. Parmi ces derniers, ceux ayant réalisé leur développement larvaire à 16 °C ont exprimé un compromis entre la vitesse de développement et la croissance, avec un taux de croissance juvénile corrélé positivement avec la durée de la phase larvaire. Les juvéniles issus d'un développement larvaire à 22 °C ont exprimé une compensation trophique, avec un taux de croissance juvénile négativement corrélé à la disponibilité alimentaire larvaire. Au-delà d'apporter des connaissances sur l'écophysiologie larvaire, cette étude a permis de maîtriser la zootechnie propre à la phase juvénile de *P. serratus*. Cette compétence inédite permettra de répondre à des questions scientifiques d'écophysiologie et d'écotoxicologie.

Jason JEANNE (1), Romain COULAUD (1), Benoît XUEREB (1), Agnès PORET (1), Aurélie DUFLOT (1), Gauthier TREMOLET (1), Marc ROLLIN (1), Jean-Baptiste BAUDET (1)

(1) Université Le Havre Normandie (ULHN), FR CNRS 3730 SCALE, UMR-INERIS 02 SEBIO, 25 rue Philippe Lebon - 76600 Le Havre - France

Contact e-mail :

jason.jeanne@etu.univ-lehavre.fr

jean-baptiste.baudet@univ-lehavre.fr

Mots clés

Décapode ; Ecologie marine ; Plasticité larvaire ; Stress alimentaire ; Liens phénotypique

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier l'ensemble des collaborateurs ainsi que le fonds Européen pour les Affaires Maritimes et la Pêche qui a financé le projet GeDuBouq, dans lequel se sont inscrit ces activités de recherche.

Références

- González-Ortegón, E., Blasco, J., Le Vay, L. & Giménez, L. A multiple stressor approach to study the toxicity and sub-lethal effects of pharmaceutical compounds on the larval development of a marine invertebrate. *Journal of Hazardous Materials* 263, 233–238 (2013).
- Anger, K. Contributions of larval biology to crustacean research: a review. *Invertebrate Reproduction & Development* 49, 175–205 (2006).
- González-Ortegón, E., Giménez, L., Blasco, J. & Le Vay, L. Effects of food limitation and pharmaceutical compounds on the larval development and morphology of *Palaemon serratus*. *Science of The Total Environment* 503–504, 171–178 (2015).
- González-Ortegón, E. & Giménez, L. Environmentally mediated phenotypic links and performance in larvae of a marine invertebrate. *Marine Ecology Progress Series* 502, 185–195 (2014).
- Quinn, B. Extra and "intermediate" larval stages in decapod Crustacea: A review of physiological causes and ecological implications, with emphasis on lobsters, *Homarus* spp. in *Crustaceans: Physiological Characteristics, Evolution and Conservation Strategies* 19–80 (2016).
- Oliphant, A., Hauton, C. & Thatje, S. The Implications of Temperature-Mediated Plasticity in Larval Instar Number for Development within a Marine Invertebrate, the Shrimp *Palaemonetes varians*. *PLOS ONE* 8, e75785 (2013).



CHANGEMENTS DE COULEUR PHYSIOLOGIQUES EN ÉCOTOXICOLOGIE

Les changements de couleur physiologiques rapides permettent aux animaux de se dissimuler et de s'adapter à leur environnement. Les changements de couleur chez les céphalopodes, comme la seiche européenne, *Sepia officinalis*, fournissent un exemple particulièrement impressionnant de camouflage. Mais des changements de couleur physiologiques peuvent également être trouvés chez de nombreuses autres espèces, comme les crabes verts juvéniles, *Carcinus maenas*, ou les crevettes de sable, *Crangon crangon*. Ces changements de couleur peuvent être contrôlés soit de manière nerveuse, comme chez les céphalopodes, soit de manière neurohormonale, comme chez les crustacés. Le contrôle neuronal et neurohémal est influencé par des neurotransmetteurs, tels que la sérotonine ou la dopamine. Les polluants environnementaux ont le potentiel d'interférer avec cette cascade de signalisation, perturbant ainsi les changements de couleur physiologiques et le comportement cryptique. Par conséquent, les mouvements de chromatophores et les changements de couleur peuvent servir d'indicateurs de pollution environnementale et pourraient indiquer des effets néfastes sur l'écologie comportementale qui sont importants pour la survie des animaux. Les essais biologiques de changement de couleur constituent donc un outil prometteur pour les tests environnementaux avec l'avantage d'être non invasifs, peu coûteux et relativement simples.

Mots clés

Changement de couleur, camouflage, seiche, crabe

Thomas Knigge (1), Anaïd Gouveneaux (1,2), Sarah Hue (1,2), Apolline Chabenat (1,2), Cécile Bellanger (2), Alex Ford (3)

(1) Normandie Univ, UNILEHAVRE, UMR-I02, Environmental Stress and biomonitoring of aquatic environments (SEBIO), 76600 Le Havre, France

(2) Normandie Univ, UNICAEN, Univ Rennes, CNRS EthoS UMR 6552, 14000 Caen, France

(3) Institute of Marine Sciences, School of Biological Sciences, University of Portsmouth, Portsmouth, Hampshire PO4 9LY, UK

Contact e-mail :

thomas.knigge@univlehavre.fr



LES STEREOTYPIES CHEZ LES PLANAIRES : REPONSES EN FONCTIONS DES MOLECULES

La présence et l'accumulation de composés pharmaceutiques dans les cours d'eau ou les sédiments continue de représenter une préoccupation majeure en termes d'impacts environnemental et sanitaire. Dans ce contexte, la planaire d'eau douce, un vers plat non parasitaire possédant un système nerveux composé d'éléments similaires à ceux des vertébrés supérieurs, se révèle être un nouveau modèle de choix pour les études toxicologiques et la biosurveillance. L'étude s'est portée sur la planaire *Schmidtea mediterranea*, une espèce communément utilisée en toxicologie.

L'objectif de ce travail est de constituer une banque de données avec les différents comportements stéréotypés de planaires exposées à des molécules neurotoxiques dans le but de i) définir les stéréotypies observées pour chaque molécule et ii) relier ces comportements aux populations neuronales sous-jacentes.

Pour cela, plusieurs individus ont été exposés à des concentrations croissantes de différents agonistes et antagonistes de neurotransmetteurs. Les vidéos de ces planaires ont été enregistrées à différents temps post exposition, permettant ainsi de caractériser leurs réponses comportementales à ces expositions.

Les réponses stéréotypées se sont manifestées de deux façons différentes : soit par des hyperkinésies caractérisées par des positions "Screw-like", "C-shape" ou "Snake-like" ou bien par des hypokinésies telles que les positions "Bridge-like" ou "Walnut".

Mots clés

Invertébrés, système neuronal, comportement

Remerciements

Nous remercions l'INU Champollion pour le financement du stage de Marie Ksen et la région Occitanie pour le financement de la thèse de Lucia Rejo ainsi que les molécules utilisées

Marie KSEN*(1), Lucia REJO (1),
Jean-Luc CARAYON (1), Jean-
Michel MALGOUYRES (1), Elsa
BONNAFE (1) et Caroline VIGNET
(1)

(1) INU Champollion Place de Verdun
81000 Albi
Contact e-mail: marie.ksen@etu.univ-
littoral.fr



EFFETS DES ADDITIFS POUR LA FABRICATION DES PNEUS SUR L'INSECTE CHIRONOMUS RIPARIUS

Chaque année, plus de 1,3 tonnes de résidus d'abrasion des pneus se retrouvent dans l'environnement en Europe (Wagner et al., 2018). Ces particules peuvent atteindre les milieux aquatiques par le ruissellement, où des produits chimiques utilisés dans la fabrication des pneus peuvent potentiellement devenir biodisponibles. Il s'agit par exemple d'agents de vulcanisation tels que la 1,3 diphénylguanidine (DPG) ou d'antioxydants tels que la N-(1,3-Diméthylbutyl)-N'-phényl-p-phénylène diamine (6-PPD) qui se transforme rapidement dans l'environnement en 6-PPD quinone (6-PPDQ).

Cependant, les données d'écotoxicité restent rares. La 6-PPDQ a été récemment mise en évidence du fait de sa toxicité aiguë envers une espèce de saumon aux États-Unis, avec une LC50 de 95 ng/L (Tian et al., 2022). Des concentrations environnementales ont été mesurées jusque 3,2 µg/L (Hiki et al., 2022). Au Canada, la DPG a été retrouvée à des concentrations environnementales allant jusque 0,3 mg/L (Challis et al., 2021). Chez *Daphnia magna* une LC50 de 17mg/L ainsi qu'une NOEC-reproduction (21 jours) de 0,6 mg/L ont été déterminées (Bayer, 1990).

Le but de notre projet est de réaliser des tests de toxicité aiguë et chronique pour la DPG et la 6-PPDQ avec l'organisme modèle *Chironomus riparius* selon des protocoles standardisés (OCDE 235 et OCDE 218 et 219). Les effets seront mesurés à différents niveaux d'organisation biologique : sur l'individu (survie, croissance et émergence), au niveau sub-cellulaire (activité des enzymes, par exemple GST, AChE) mais aussi au niveau moléculaire (mesure de l'expression différentielle de gènes cibles).

Les premiers résultats montrent une toxicité significative de la DPG à la plus forte dose testée (26 mg/L), avec une diminution significative de la taille et le poids des larves après 10 jours d'exposition ainsi qu'un retard important dans l'émergence des adultes. Les analyses des biomarqueurs en cours nous permettront potentiellement de détecter des effets précoces à des concentrations plus faibles.

Mots clés

6-PPDQ, Diphénylguanidine, Chironome, Additifs de pneu

Remerciements

Mes remerciements à l'équipe du Centre Ecotox de Lausanne pour leur accueil dans le cadre de mon stage M2, particulièrement à R. Beauvais. Ainsi qu'à T. Masset pour les analyses chimiques.

Références

- Wagner S., Hüffer T., Klöckner P., Wehrhahn M., Hofmann T., Reemtsma T. 2018. Tire wear particles in the aquatic environment - A review on generation, analysis, occurrence, fate and effects.
- Tian Z., Gonzalez M., Rideout C.A., Zhao H.N., Hu X., Wetzel J., Mudrock E., James C.A., McIntyre J.K., Kolodziej E.P. 2022. 6PPD-Quinone: Revised Toxicity Assessment and Quantification with a Commercial Standard
- Hiki K., Yamamoto H. 2022. Concentration and leachability of N-(1,3-diméthylbutyl)-N'-phényl-p-phénylène diamine (6PPD) and its quinone transformation product (6PPD-Q) in road dust collected in Tokyo, Japan.
- Challis J.K., Popick H., Prajapati S., Harder P., Giesy J.P., McPhedran K., McPhedran M. 2021. Occurrences of Tire Rubber-Derived Contaminants in Cold-Climate Urban Runoff.
- Bayer AG. 1990. Unpublished data: Study report no. 85 A/89.

Océane LAFARGUE (1), Rébecca
BEAUVAIS (1), Benoit FERRARI (1)

(1) Centre Ecotox Oekotoxzentrum

Contact e-mail :

Oceane.Lafargue@centreecotox.ch



EVALUER LES EFFETS D'UNE DIMINUTION DES APPORTS EN NITRATES DE L'INDUSTRIE MINIÈRE SUR LES BIOFILMS DES COURS D'EAU

Bien que de nombreux secteurs notamment le domaine minier doivent respecter des normes environnementales, leurs activités affectent les écosystèmes aquatiques et terrestres. En effet, l'extraction aurifère qui utilise le processus de cyanidation consiste en la lixiviation du minerai par des solutions de cyanures alcalines libérant ainsi des nitrates dans les eaux de traitement, les eaux d'exhaure sont également enrichies en nitrates provenant de l'emploi d'explosifs. Des efforts visant à réduire les effets de ces activités comprennent la réduction des apports en nitrates dans les milieux récepteurs. Cependant, de nouveaux outils sont nécessaires pour évaluer les avantages de telles réductions. Pour ce faire, ce projet se base sur l'exposition de biofilms dans des conditions contrôlées pour évaluer l'impact d'une diminution des rejets en nitrates dans le milieu récepteur. Les biofilms étant présents dans tous les écosystèmes aquatiques, leur suivi représente une approche complémentaire aux tests normés. Des biofilms naturels ont été prélevés en février 2023 dans l'étang voisin de l'INRAE Cestas - Gazinet. Deux lames de biofilms ont été placées dans 15 béciers (8 L) pour l'expérience (5 traitements × 3 répétitions) et exposées sur une période de 30 jours au cours de l'hiver 2023. Les différentes conditions d'expositions visent à analyser l'influence de concentrations décroissantes en nitrates en aval de rejets miniers sur la composition et le fonctionnement du biofilm, en considérant un potentiel effet des apports minéraux de l'effluent. La réponse du biofilm a été suivie à J14 et J30 en termes (1) de rendement photosynthétique et teneur en chlorophylle du biofilm au PhytoPAM, (2) de qualité nutritionnelle avec les variations dans la composition des acides gras par LC-MS et (3) de changements dans les communautés bactériennes, algales, fongiques et méiofaune par séquençage respectivement des marqueurs 16S, 18S, ITS et CO1. Les résultats préliminaires tendent à montrer une corrélation entre concentration en nitrate et augmentation du rendement photosynthétique à J14. Dans toutes les conditions, ce rendement et la concentration en chlorophylle baissent très significativement à J30, suggérant un début de sénescence du biofilm. Les analyses génomiques et lipidiques vont permettre de lier ce changement de rendement photosynthétique à des changements dans les assemblages de communautés au sein des biofilms exposés.

Cassandra Madru* (1),(2),
Caroline Roux (1), Aurélie Moreira
(1), Nicolas Mazzella (1), Isabelle
Lavoie (2), Claude Fortin (2), J
Jérôme Comte (2), and Soizic
Morin (1)

(1) Ecosystèmes aquatiques et
changements globaux, Institut
National de Recherche pour
l'Agriculture, l'Alimentation et
l'Environnement, France

(2) Centre Eau Terre Environnement
[Québec], Canada

Mots clés

Biofilm, Nitrate, Génomique, Lipidomique

Remerciements

Ces travaux ont reçu l'appui financier du Groupe de Recherche interuniversitaire en Limnologie, de l'Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement et de l'Institut National de la Recherche Scientifique à Québec. Ces travaux ont également reçu le soutien du COREM, le Centre d'expertise et d'innovations en traitement de minerais.

Références

Sabater, S., Guasch, H., Ricart, M. et al. Monitoring the effect of chemicals on biological communities. The biofilm as an interface. *Anal Bioanal Chem* 387, 1425–1434 (2007). <https://doi.org/10.1007/s00216-006-1051-8>



L'EFFET DES PLASTIQUES SUR LA REGENERATION DES PLANAIRE

La planaire d'eau douce, connue pour ses capacités régénératives, et ses facilités d'élevage émerge comme un modèle in-vivo d'étude en écotoxicologie. Tout d'abord, elles ont une sensibilité comparable à celle des modèles d'invertébrés d'eau douce bien établis tels que les daphnies, mais, elles possèdent un système nerveux présentant toutes les caractéristiques moléculaires des vertébrés supérieurs. Leurs sensibilités relativement élevées aux polluants en font des outils de criblage prometteurs pour prédire la toxicité chez les mammifères.

L'objectif de cette étude était de mesurer les effets de résidus de plastiques sur la régénération de la tête chez les planaires *Schmidtea mediterranea*.

Les différents plastiques ont été extraits et testés avant et après vieillissement en milieu marin pendant 12 mois (T0 et à T12). Quatre types ont été testés : le PP, le PEP, les HDPE et le LDPE. La repousse de la tête de la planaire a été comptabilisée jusqu'à régénération complète. Pour cela, nous nous basons sur différents stades, notés de 1 à 6, où le stade 1 correspond au premier jour de découpe et le stade 6 à celui où la planaire a retrouvé sa forme et sa pigmentation initiale. Notre étude compare les effets des plastiques vieillis avec les non vieillis.

Jean-Michel Malgouyres*(1),
Christelle Clérandeau (2), B
énédictte Morin (2), Lucia Rejo (1),
Jérôme Cachot (2), and Caroline
Vignet(1)

(1) Biochimie et Toxicologie des
Substances Bioactives – Institut
National Universitaire Champollion
[Albi], France

(2) Environnements et
Paléoenvironnements Océaniques –
Observatoire Aquitain des Sciences de
l'Univers, Université Sciences et
Technologies - Bordeaux 1, Institut
National des Sciences de l'Univers,
Centre National de la Recherche
Scientifique, Ecole Pratique des
Hautes Etudes, France



EFFETS DE DIHYDROQUINOLÉINES SUR LA MATURATION OVOCYTAIRE

Dans un contexte de contamination globale des milieux par les activités anthropiques de plus en plus intenses, les milieux aquatiques sont très touchés. Effectivement, ce milieu est considéré comme étant le réceptacle final de la pollution environnementale. Parmi les contaminants émergents, les dérivés médicamenteux sont de plus en plus nombreux. D'où l'importance de tester la toxicité environnementale de nouveaux composés pharmaceutiques. Les amphibiens, de par leur cycle de vie fortement inféodé au milieu aquatique, représentent le groupe le plus touché par la crise de biodiversité actuelle. Des travaux menés au sein du laboratoire ont montré l'intérêt de l'ovocyte de xénope, modèle amphibien en biologie cellulaire et en écotoxicologie.

Dans cette étude, les ovocytes de xénope sont utilisés comme sentinelles cellulaires et moléculaires pour évaluer les effets d'une nouvelle classe de composés organométalliques appelés dihydroquinoléines ferrocéniques qui ont été développés comme agents anticancéreux potentiels. Dans notre étude, six molécules résultantes de synthèses différentes ont été testées (notées de Q6 à Q11), trois d'entre elles portent un composé ferrocène non présent sur les trois autres. Différentes approches ont été utilisées dans cette étude. Tout d'abord une mesure de la survie ovocytaire, puis l'effet sur la maturation avec une approche morphologique et une approche biochimique par Western Blot pour étudier l'expression des acteurs de la voie MAPkinase (Phosphorylation de Erk et Rsk) et du MPF. L'effet sur la maturation ovocytaire est également vérifié par une approche histologique pour s'assurer de la bonne mise en place du matériel génétique (fuseau de division). Une des dihydroquinoléines ferrocéniques a exercé des effets délétères sur la survie des ovocytes après 48 h d'incubation. Deux dihydroquinoléines portant un ferrocène ont eu un effet inhibiteur sur la reprise de méiose induite par la progestérone, par rapport aux dihydroquinoléines équivalentes sans groupe ferrocène. Dans ces ovocytes inhibés, aucune activité du MPF (Cdk1/cycline B) n'a été détectée par Western Blot comme le montre l'absence de phosphorylation de l'histone H3. Dans cette étude, l'ovocyte de xénope s'est montré être un outil intéressant pour évaluer l'impact de nouvelles molécules. Dans un second temps, les résultats obtenus sur les ovocytes ont été comparés à des données obtenues sur lignées cellulaires. Cela a permis de montrer qu'une seule des quinoléines testées (Q8) n'a montré aucune toxicité sur les ovocytes et leur maturation, tout en inhibant la prolifération des lignées cellulaires cancéreuses avec une faible IC50.

Mots clés

Xenopus laevis, dihydroquinoléines, maturation, ovocyte

Références

Marchand G., Wambang N., Pellegrini S., Molinaro C., Martoriati A., Bousquet T., Markey A., Lescuyer A., Bodart J-F., Cailliau K., Pelinski L. et Marin M. 2020. Effects of Ferrocenyl 4-(Imino)-1,4-Dihydro-quinolines on *Xenopus laevis* Prophase I - Arrested Oocytes: Survival and Hormonal-Induced M-Phase Entry

Guillaume MARCHAND (1),
Nathalie WAMBANG (2), Sylvain
PELLEGRINI (2), Caroline
MOLINARO (1), Alain
MARTORIATI (1), Till BOUSQUET
(2), Angel MARKEY (1), Arlette
LESCUYER (1), Jean-François
BODART (1), Katia CAILLIAU (1),
Lydie PELINSKI (2), Matthieu
MARIN (1)

(1) Univ. Lille, CNRS, UMR 8576-UGSF-
Unité de Glycobiologie Structurale et
Fonctionnelle, F-59000 Lille

(2) Univ. Lille, CNRS, Centrale Lille,
Univ. Artois, UMR 8181-UCCS-Unité de
Catalyse et Chimie du Solide, F-59000
Lille

Contact e-mail :

guillaume.marchand@univ-lille.fr



APPORTS DU MODELE XENOPE EN ECOTOXICOLOGIE

La fragmentation des milieux, le réchauffement climatique, l'introduction d'espèces invasives, la surexploitation des milieux ou encore la contamination environnementale, sont autant de pressions anthropiques qui participent à l'actuelle sixième crise de la biodiversité. L'ensemble des pollutions (d'origine industrielle, domestique ou encore agricole) se retrouve dans tous les composants de la biosphère et plus particulièrement dans le compartiment aquatique, considéré comme le réceptacle final des pollutions.

Dans ce contexte de contamination multiple et de déclin des populations, le groupe des amphibiens apparaît comme le plus menacé. Leurs caractéristiques biologiques particulières les rendent ainsi plus sensibles aux contaminants du milieu : peau perméable, œufs sans coquille, développement externe... Dans la littérature, peu de données sont disponibles sur les effets de contaminants sur les stades précoces de développement, qui constituent pourtant une fenêtre d'exposition importante à prendre en considération.

Notre travail s'appuie sur l'utilisation d'un modèle bien connu de la biologie : le xénope (*Xenopus laevis*) pour étudier les effets de contaminants d'intérêt majeur (éléments traces métalliques, médicaments, pesticides) sur le développement précoce. L'originalité de l'étude réside notamment dans une approche intégrée depuis le comportement jusqu'aux gènes candidats (Slaby et al, 2019 ; Marchand et al, 2020 ; Closset et al, 2021).

Matthieu Marin*(1), Guillaume Marchand (1), Sylvain Slaby (2), Katia Cailliau (1) & Sébastien Lemière (3)

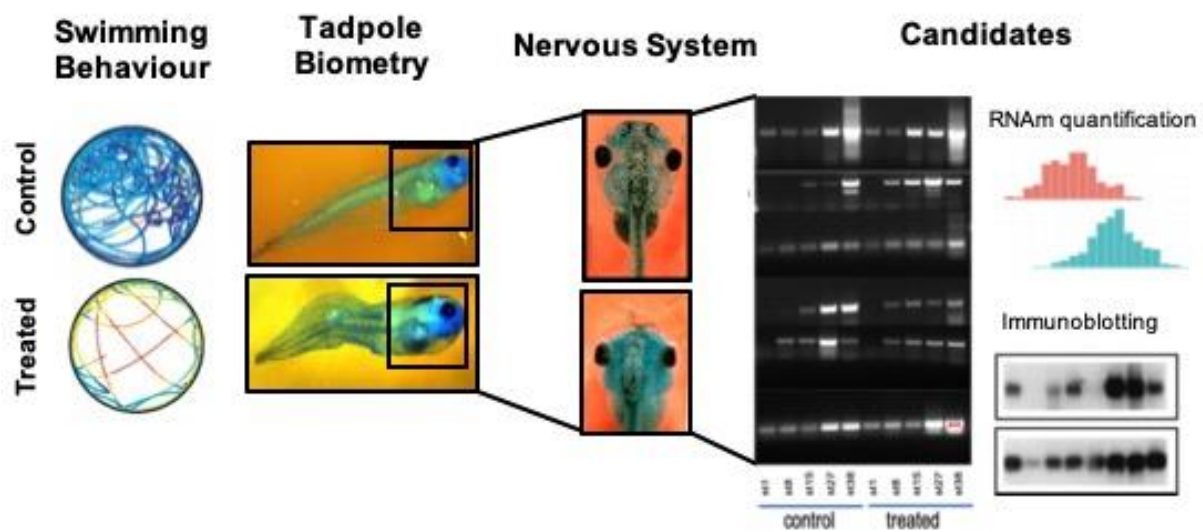
(1) UGSF UMR CNRS 8576, Université de Lille, 59650 Villeneuve d'Ascq

(2) SEBIO FRCNRS 3730, Université Le Havre Normandie, 76063 Le Havre

(3) LGCgE ULR 4515, Université de Lille, 59650 Villeneuve d'Ascq

Contact e-mail :

matthieu.marin@univ-lille.fr



Mots clés

Xenopus laevis ; écotoxicologie ; comportement ; développement embryonnaire



CARACTERISATION DE L'EFFET DU FILTRE UV BENZOPHENONE 3 SUR LA MOULE BLEUE

Le filtre UV benzophénone 3 (BP-3) est une préoccupation actuelle en raison de son utilisation répandue et de sa toxicité envers les humains et les animaux. Des études ont démontré son caractère potentiel de perturbateur endocrinien, génotoxique et cancérigène [1]. Malgré sa présence évidente dans l'environnement notamment les eaux de surface [2], son effet sur les organismes aquatiques est encore mal connu.

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact du BP-3 sur une espèce sentinelle des milieux marins, la moule bleue *Mytilus edulis*.

D'abord, la stabilité du BP-3 dans l'eau de mer a été évaluée au cours du temps par spectrophotométrie. Puis, la réponse des moules au BP-3 a été étudiée après l'exposition des organismes par balnéation et le suivi simultané des mortalités et du BP-3 dans l'eau de mer. Enfin, La viabilité et la motilité des cellules immunitaires ont été mesurées par cytométrie en flux et microscopie à fluorescence après exposition des cellules à différentes concentrations de BP-3.

Adaleta OMERBASIC (1), Salima AROUA (1), Corentine GUILLOTON (1), Yosra BEN CHEIKH (1)

(1) UMR I02 SEBIO ULH, 25 rue Philippe Lebon, 76600 le Havre
Contact e-mail :
yosra.ben-cheikh@univ-lehavre.fr

Mots clés

Benzophénone -3, moules, hémocytes, réponses immunitaires

Remerciements

Ces travaux sont réalisés dans le cadre du projet MICROTOOL financé par la région de Normandie.

Références

[1] Ghazipura, M., McGowan, R., Arslan, A., Hossain, T., 2017. Exposure to benzophenone-3 and reproductive toxicity: A systematic review of human and animal studies. *Reproductive Toxicology* 73, 175–183. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2017.08.015>

[2] Mao, F., He, Y., Gin, K., 2018. Occurrence and fate of benzophenone-type UV filters in aquatic environments: A review. *Environmental Science: Water Research & Technology* 5. <https://doi.org/10.1039/C8EW00539G>



COMMENT LES PERTURBATEURS ENDOCRINIENS PEUVENT AFFECTER LA PLASTICITE DU THYMUS CHEZ LES POISSONS A REPRODUCTION SAISONNIERE

Le thymus et la maturation des lymphocytes T associée sont des éléments évolutifs conservés de l'immunité adaptative. Le thymus est un organe hautement plastique, dont la taille et la fonction changent en fonction des fonctions de reproduction. Chez les mammifères, la puberté accélère l'involution thymique avec la montée des hormones gonadiques plasmatiques. Chez les poissons, la plasticité thymique est également régie par des paramètres environnementaux tels que la température, la photopériode et la disponibilité de la nourriture. Pendant la saison hivernale, le bar européen, *Dicentrarchus labrax*, connaît des températures plus basses et une consommation alimentaire réduite. Dans le même temps, l'investissement reproductif augmente à mesure que les poissons accomplissent la gamétogenèse. Nous avons donc analysé les thymus des poissons juvéniles par des échantillonnages mensuels de 95 à 460 jours post-éclosion (dph), couvrant le premier investissement saisonnier dans le développement des gonades. Les animaux ont été maintenus soit dans des conditions constantes, soit dans des conditions imitant la variation naturelle de la photopériode et de la température. La température s'est avérée être un paramètre clé qui régule le nombre de thymocytes. Le développement gonadique a eu un impact à la fois sur la taille du thymus et sur la maturation des lymphocytes T thymiques, car l'augmentation des indices gonadosomatiques a réduit le nombre de thymocytes, leur viabilité et la proportion de lymphocytes T. Dans des conditions constantes, cependant, le nombre de thymocytes a augmenté de façon exponentielle avec le poids corporel jusqu'à 310 dph. Nous avons pu montrer en outre que l'œstrogène module le développement du thymus et la plasticité du thymus. Nos résultats suggèrent que les reproducteurs saisonniers régulent la plasticité thymique et la maturation des lymphocytes T via les hormones stéroïdes sexuelles, atténuant ainsi l'immunité adaptative afin de s'adapter à la saison hivernale et à la gamétogenèse. Par conséquent, les perturbateurs endocriniens chimiques œstrogéniques peuvent interférer avec cette alternance saisonnière des fonctions immunitaire et reproductive.

Mots clés

Involution thymique, gamétogenèse, éco-immunologie, perturbation endocrinienne

Matthieu Paiola (1,2), Frauke Seemann (1,3), Aurélie Duflot (1), Julie Hétru (1), Catarina Moreira (1), Patrícia I.S. Pinto (4), Thomas Knigge (1), Tiphaine Monsinjon

(1) UMR-I 02 INERIS-URCA-ULH SEBIO Environmental stresses and biomonitoring of aquatic ecosystems, FR CNRS 3730 Scale, Université Le Havre Normandie, F-76063, Le Havre Cedex, France

(2) Department of Microbiology and Immunology, University of Rochester Medical Center, Rochester, NY 14642, USA

(3) Center for Coastal Studies and Department of Life Sciences, Texas A&M University-Corpus Christi, Corpus Christi, Texas, USA

(4) Laboratory of Comparative Endocrinology and Integrative Biology, CCMAR – Centre of Marine Sciences, University of Algarve, 8005-139 Faro, Portugal

Contact e-mail :

tiphaine.monsinjon@univ-lehavre.fr



ÉVALUATION MULTI-NIVEAUX DE L'ÉCOTOXICITÉ DE LA SAISONALITÉ DES PESTICIDES CHEZ DEUX ESPÈCES DE GAMMARES DANS UN BASSIN VERSANT AGRICOLE DRAINÉ

Léo PERSAT*(1), Jérémie D. LEBRUN (1), Hocine HENINE (1), Julien TOURNEBIZE (1), Arnaud BLANCHOUIN (1), Fatima JOLY (1), Cédric CHAUMONT (1)

(1) Université de Paris-Saclay, INRAE, UR HYCAR-Artémhys, 92761, Antony, France

Contact e-mail : leopersat@free.fr

Dans un contexte d'agrosystèmes artificiellement drainés, le transfert de multiples contaminants organiques est facilité. Ce phénomène dépend de l'hydrologie, des pratiques agricoles, des fluctuations saisonnières des pesticides et de multiples contaminations diffuses. Ainsi, la contamination des cours d'eaux, notamment par les pesticides altère la qualité des eaux douces et menace la biodiversité associée (1). Pour prévenir des altérations écologiques, un diagnostic précoce de l'état de santé des populations sauvages est primordial. De nombreux outils basés sur des réponses sub-létales ont été développés chez les gammares afin d'évaluer les pressions diffuses in situ. Le bassin de l'Orgeval, situé sur le plateau de la Brie (Seine et Marne, 77) est un bassin agricole drainé à 80%. Cet observatoire constitue un site pilote pour suivre l'impact de la saisonnalité des transferts des contaminants. L'étude présentée a pour objectif d'évaluer l'écotoxicité de la saisonnalité des pesticides à travers une approche de biosurveillance active mise en place sur différents sites du bassin de l'Orgeval. L'approche expérimentale est basée sur l'utilisation de deux espèces de gammares majoritaires du bassin de la Seine : *Gammarus pulex* et *Gammarus fossarum*. *G. pulex* est une espèce caractérisée par une grande adaptabilité face aux pressions chimiques (2). À l'inverse, *G. fossarum* est plus sensible aux pollutions organiques (3). Ces deux espèces issues de population de référence, sont suivies simultanément sur nos sites d'études via une méthode de caging. Ce suivi nous permet d'intégrer la saisonnalité des contaminations ayant pour but de réaliser une comparaison temporelle et interspécifique. Afin d'évaluer l'impact d'évènements épisodiques de drainage intensif, différents biomarqueurs sont mesurés chez les organismes encagés. Au niveau de la population, des traits comportementaux comme la locomotion, l'alimentation, et l'accouplement sont évalués. Au niveau cellulaire, les activités enzymatiques, impliquées dans différentes fonctions vitales, vont être mesurées. Cette approche multi-échelle (population et individu) permettra d'identifier un stress induit par les contraintes impactant les populations de gammares et les communautés de macroinvertébrés détritivores (piégés dans les sacs à litières)(4). Les premiers résultats portant sur l'approche individuelle et populationnelle présentent des différences en fonction des périodes de drainage, des périodes hydrologiques, de l'exposition aux pesticides et des sites étudiés. Suite au drainage hivernal entraînant le transfert de pesticides dans les masses d'eaux, des diminutions sur les différents traits comportementaux ont été observés. La continuité de ces recherches, notamment avec les résultats des analyses biochimiques à venir, vise à comprendre comment, chez les gammares une évaluation multi-niveaux couplée à un suivi environnemental nous permet d'évaluer la qualité globale des cours d'eaux.

Mots clés :

Écotoxicologie, Pesticides, Bassin versant drainé, Macroinvertébrés, *Gammarus* sp.

Remerciements :

Je remercie l'équipe Artemhys ainsi que celle du bassin de l'Orgeval pour leur aide lors de mes expérimentations.

Références :

- Schäfer T, Schwarz MA. The Meaningfulness of Effect Sizes in Psychological Research: Differences Between Sub-Disciplines and the Impact of Potential Biases. *Front Psychol.* 11 avr 2019;10:813.
- Shahid N, Becker JM, Krauss M, Brack W, Liess M. Adaptation of *Gammarus pulex* to agricultural insecticide contamination in streams. *Sci Total Environ.* avr 2018;621:479-85.
- Kunz PY, Kienle C, Gerhardt A. *Gammarus* spp. in Aquatic Ecotoxicology and Water Quality Assessment: Toward Integrated Multilevel Tests. In: Whitacre DM, éditeur. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology 205* [Internet]. New York, NY: Springer New York; 2010 [cité 20 févr 2023]. p. 1-76. (*Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*; vol. 205). Disponible sur: http://link.springer.com/10.1007/978-1-4419-5623-1_1
- Kreuger J. Pesticides in stream water within an agricultural catchment in southern Sweden, 1990–1996. *Sci Total Environ.* mai 1998;216(3):227-51.



EVALUATION SPATIO-TEMPORELLE DE L'ETAT DE SANTE DES POPULATIONS DE CREVETTES BOUQUET EN NORMANDIE : UNE ETUDE INTEGREE COUPLANT MESURES DE CHIMIE ET MESURES DE BIOMARQUEURS

La crevette bouquet *Palaemon serratus* est une espèce emblématique des eaux normandes, tant pour sa représentativité dans les écosystèmes marins que pour sa valeur marchande et patrimoniale auprès des pêcheurs locaux. Toutefois, depuis une vingtaine d'années, une diminution importante des rendements de pêche de la crevette bouquet a pu être observée. Afin de répondre à cette problématique et au manque d'informations concernant la biologie et l'écologie de *P. serratus* en Normandie, le projet Gedubouq fut initié en 2020. Pour répondre à cela, un des enjeux principaux du projet consistait à évaluer à l'aide de biomarqueurs l'état de santé des populations de crevette bouquet en Normandie.

Dans ce contexte, quatre sites du littoral normand présentant des niveaux d'imprégnation chimique a priori contrastés ont été suivis : Le Havre en Seine-Maritime en sortie d'estuaire de Seine ; Grandcamp-Maisy dans le Calvados en sortie d'estuaire de la Vire, Blainville-sur-mer dans la Manche dans une zone ostréicole importante et les Iles Chausey dans la Manche également à 15 km des côtes dans une réserve naturelle. Ces 4 sites ont été prospectés durant chaque saison pendant deux ans entre Novembre 2020 et Septembre 2022. Au cours de ces prospections, des individus mâles ont été collectés puis ramenés au laboratoire afin de permettre l'analyse de différents biomarqueurs - i.e. mesures biométriques, dommages à l'ADN spermatique, analyse de marqueurs de mue - ainsi que la bioaccumulation de substances dans les organismes (e.g. métaux, pesticides, HAP, PCB). En parallèle, la qualité chimique des milieux a été mesurée à l'aide d'échantillonneurs passifs.

A l'issue de l'obtention des réponses des différentes métriques, des analyses multivariées réalisées sur la qualité chimique des milieux a permis de discriminer les sites de collecte, tandis que la concentration interne dans les crevettes a mis en évidence une discrimination par année de prélèvement. Par ailleurs, l'analyse des biomarqueurs a mis en évidence des différences de sites et de campagnes de prélèvement des crevettes.

Mots clés

Bioaccumulation, Biomarqueurs, Contaminations, Crevettes bouquet, *Palaemon*.

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier l'ensemble des collaborateurs ainsi que le Fonds Européen pour les Affaires Maritimes et la Pêche (FEAMP) qui a financé le projet GeDuBouq (Action 28 : Partenariat pêcheurs / scientifiques), dans lequel se sont inscrits ces activités de recherche.

Marc ROLLIN (1), Valérie BOUCHART (2), Christelle CAPLAT (3), Agnès PORET (1), Aurélie DUFLOT (1), Olivier BASUYAUX (4), Katherine Costil (3), Benoit XUEREB (1) & Romain COULAUD (1)

(1) Le Havre Normandie Université, UMR-I 02 SEBIO, 25 rue Philippe Le Bon - 76600 Le Havre.

(2) LABEO, 1 route de Rosel, Saint

Contest, 14053 Caen Cedex 4, France

(3) UMR BOREA, MNHN, UPMC, UCBN, CNRS-7208, IRD-207, SFR ICORE, Université de Caen Normandie, Caen, France

(4) Synergie Mer Et Littoral (SMEL), Zac de Blainville, 50560, Blainville-Sur-Mer, France.

Contact e-mail : marc.rollin@univ-lehavre.fr



PEUT-ON ESTIMER LES EFFETS DE SÉLECTION DANS LES TESTS ECOTOXICOLOGIQUES

L'exposition aux contaminants affecte fréquemment l'expression de traits liés à la valeur adaptative des individus. Si la compréhension des effets sublétaux sur l'histoire de vie et le comportement des espèces exposés aux contaminants est maintenant mieux comprise, les effets évolutifs de ces expositions sont fréquemment négligés dans les études écotoxicologiques. Comprendre ce type de réponse est important cependant pour mieux prédire l'effets des expositions sur la dynamique des populations et les services écosystémiques. La théorie de la génétique quantitative propose plusieurs méthodes pour évaluer l'intensité et la forme de la sélection à l'aide de l'estimation de gradients de sélection (sélection directionnelle, stabilisante, disruptive ou corrélée; Lande et Arnold 1983). A partir des données produites sur une étude multi-génération d'adaptation à l'Uranium sur *C. elegans* (Goussen et al. 2013, 2015), nous avons exploré comment, sous certaines conditions, les résultats de tests écotoxicologiques peuvent permettre d'estimer ces effets évolutifs. Goussen et al. (2013, 2015) ont réalisé une étude sur 16 générations afin d'évaluer l'évolution de deux populations de nématodes, l'une suivie dans des conditions de contrôle, et l'autre exposées à 1,1 mM d'uranium. A partir de ces populations, des individus de plusieurs générations ont été sélectionnés pour évaluer la croissance, la reproduction, la survie lors d'expositions à une gamme de concentrations de 0 à 1,2 mM U. Ces auteurs ont ainsi montré une adaptation des individus aux conditions expérimentales (augmentation de la longueur maximale et diminution de la fécondité) pour les deux populations et ont également observé une augmentation des effets négatifs (réduction de la croissance et de la fertilité) en fonction de la concentration d'uranium. La réanalyse des données suggère que cette adaptation s'est faite aux dépens du taux de croissance, résultant en une taille adulte et un taux de reproduction plus faibles. En utilisant le taux de reproduction comme proxy pour la valeur adaptative des individus, nos résultats mettent en évidence que la concentration d'exposition à plus tendance à modifier l'intensité de la sélection que sa forme. Nous montrons également que la forme de la sélection n'est pas homogène selon le trait considéré. La taille à l'éclosion est ainsi sujette à une forte sélection directionnelle favorisant les individus plus petits tandis que la sélection stabilisante prédomine pour la taille maximale. De cette réanalyse, des perspectives seront proposées pour mieux intégrer les effets évolutifs dans la modélisation des effets écotoxicologiques en se basant sur les modèles de type DEB-TKTD.

Raphaël Royauté (1), Rémy Beaudouin (2), Benoît Goussen (3)

(1) Ecologie fonctionnelle et écotoxicologie des agroécosystèmes
Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement

(2) Stress Environnementaux et BIo surveillance des milieux aquatiques

Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

(3) ibacon GmbH

Contact e-mail :

raphael.royaute@inrae.fr

Mots clés

Adaptation, Croissance, Reproduction, *C. elegans*, Modélisation

Références

Goussen, B., Péry, A. R., Bonzom, J. M., & Beaudouin, R. (2015). Transgenerational adaptation to pollution changes energy allocation in populations of nematodes. *Environmental science & technology*, 49(20), 12500-12508.

Goussen, B., Parisot, F., Beaudouin, R., Dutilleul, M., Buisset-Goussen, A., Péry, A. R., & Bonzom, J. M. (2013). Consequences of a multi-generation exposure to uranium on *Caenorhabditis elegans* life parameters and sensitivity. *Ecotoxicology*, 22, 869-878.

Lande, R., & Arnold, S. J. (1983). The measurement of selection on correlated characters. *Evolution*, 1210-1226.



VIDEOTRACKING DU COMPORTEMENT LOCOMOTEUR D'INVERTEBRES AQUATIQUES POUR LA BIOSURVEILLANCE OPERATIONNELLE DES EFFLUENTS

Alors que la disponibilité de la ressource en eau diminue, l'apparition de nouveaux contaminants dans l'écosystème aquatique continue d'augmenter. Les eaux usées sont identifiées comme une voie majeure de transfert de ces substances vers le milieu aquatique. La surveillance actuelle des eaux usées dans les stations d'épuration (STEP) repose sur des mesures d'échantillons à intervalles réguliers (grab-sampling) pour quelques substances chimiques et sur l'évaluation ponctuelle de la toxicité des effluents à l'aide d'un choix restreint de bioessais (ex Daphnie). Cette stratégie par prélèvement ne prend pas en compte la forte variabilité temporelle des concentrations en micropolluants des rejets urbains ou industriels. Il est ainsi nécessaire d'adopter des méthodes nouvelles et innovantes pour la gestion de ces eaux usées, pour permettre de surveiller en temps réel la charge en micropolluants des effluents.

Nous avons développé l'outil de biosurveillance Toxmate qui opère un suivi vidéo du comportement locomoteur de trois espèces d'invertébrés (Gammarus, Radix et Erpobdella). Placé en ligne sur un rejet, il permet de détecter via leur comportement de fuite des changements brutaux de charge en micropolluants. Cet outil est actuellement déployé dans des STEPs à travers la France où la caractérisation des effluents en temps réel permet d'alerter les opérateurs de STEP en cas d'un changement brutal de la concentration de micropolluants émis dans l'environnement.

A partir de ces retours d'expérience, il est apparu que les patrons comportementaux de fuite enregistrés peuvent être très différents entre espèces, entre types d'effluents ou encore entre événements de perturbation pour un même effluent (industriel notamment en fonction de divers types de dysfonctionnement de l'activité de production).

Visant la définition d'"empreintes comportementales", l'objectif de nos études actuelles est d'évaluer si on peut relier cette variabilité de réponse comportementale à la variabilité de la contamination. Pour cela, un testing massif en conditions de laboratoire contrôlées a permis d'accumuler des réponses comportementales de fuite des 3 organismes lors d'exposition à plus de 80 micropolluants. A l'aide de méthodes statistiques, telles les analyses fonctionnelles, nous avons cherché à regrouper les différents patrons de réponses pour dévoiler des similitudes entre différentes classes de micropolluants. L'objectif de cette communication est de présenter 1\ les avancées sur ces travaux reliant diversité des réponses comportementales et nature de la contamination, et 2\ l'application potentielle de cette connaissance pour la surveillance en temps réel des effluents de STEP. Le potentiel des indicateurs de typologie de contaminants en STEP ne se limite ainsi pas à l'amélioration de la qualité de l'environnement aquatique par la gestion des eaux usées, mais pourrait également fournir des indicateurs concrets de l'adéquation de la réutilisation dans divers domaines tels que l'utilisation urbaine, agricole et de loisir.

G. RUCK(1,2), A. DECAMPS(2), J.B. AUBIN(3) J.L. BERTRAND-KRAJEWSKI(3), M. DAUPHIN(2), L. GARNERO(1), T. CAVANNA(2), H. QUEAU(1), D. NEUZERET(2), O. GEFFARD(1), A. CHAUMOT*(1)

(1) INRAE, UR RiverLy F-69625 Villeurbanne

(2) Viewpoint, 67 rue Copernic F-01390 Civrieux

(3) INSA Lyon, Laboratoire DEEP F-69621 Villeurbanne

Contact e-mail : arnaud.chaumot@inrae.fr

Mots clés

Biomonitoring Micropollutants Non-targeted screening (STYLE SANS INTERLIGNE)

Remerciements

Région Aura, ANRT

Références

Bownik A & Wlodkovic D (2021) Advances in real-time monitoring of water quality using automated analysis of animal behaviour. Science Of The Total Environment, 789:147796



D'ÉVELOPPEMENT DE TESTS COMPORTEMENTAUX CHEZ LA LARVE DE BAR EUROPEEN (DICENTRACHUS LABRAX)

De nombreuses études ont révélé l'importance des systèmes endocriniens dans le contrôle des comportements des organismes. L'exposition des organismes à des perturbateurs endocriniens (PE), molécules exogènes qui sont capables d'interagir avec les systèmes endocriniens, peut donc conduire à des altérations des comportements des individus.

Dans ce contexte, le développement de tests comportementaux permettant l'évaluation des effets des PE devient un outil essentiel dans les études toxicologiques. Chez les vertébrés aquatiques modèles tel que le poisson zèbre, des protocoles standardisés ont été développés pour l'évaluation de l'activité locomotrice, des comportements anxieux et sociaux. Afin d'améliorer nos connaissances sur les comportements des poissons et d'étudier les effets des PE chez ces organismes aquatiques, il apparaît nécessaire d'adapter ces protocoles à d'autres espèces et particulièrement les espèces marines. Dans le cadre de cette étude, nous nous sommes intéressés au bar européen, une espèce représentative des environnements marins tempérés pour laquelle nous avons déjà accumulé un certain nombre de données concernant les effets physiologiques et comportementaux d'une exposition à un xénoestrogène, l'éthinylestradiol (EE2). Dans la présente étude, nous avons adapté les dispositifs permettant l'évaluation des comportements anxieux (type nouvel environnement ou Novel Tank Test, NTT) et de la sociabilité (Visual Social Preference test, vSPT) aux larves de bar européen afin d'étudier les effets d'une exposition à l'EE2 (0,5 et 50 nM). Le dispositif expérimental mis en place permet de réaliser les deux tests de manière séquentielle, à savoir NTT suivi de vSPT. De plus, les résultats obtenus suite à l'exposition à l'EE2 ont permis de confirmer les précédents travaux montrant une augmentation significative du comportement de type anxieux chez les larves exposées à 50 nM d'EE2. En revanche, les larves ne montrent pas de modifications des comportements sociaux suite à l'exposition à l'EE2. Ces comportements ne semblent pas affectés par les œstrogènes.

Mots clés

xénoestrogènes, perturbation endocrinienne, développement larvaire, tests comportementaux

Remerciements

Ce travail a été réalisé grâce au support financier et aux équipements financés par l'Union Européenne à travers le programme Interreg France (Channel) England (projet RedPol), la Région Normandie, la Fédération de recherche FR CNRS 3730 SCALE (Sciences Appliquées à l'Environnement), la communauté urbaine Le Havre Seine Metropole, et l'IFREMER.

Sofia Soloperto (1), Maelle Renaux (2), Lucas Lecarpentier (3, 4), Salima Aroua (1), Marie Pierre Halm Lemeille (2), Christelle Jozet-Alves (3)

(1) Normandie Univ, UNIHAVRE, UMR-I 02 INERIS-URCA-ULH SEBIO, FR CNRS 3730 Scale, F-76063 Le Havre Cedex, France

(2) Unité Littoral Ifremer, LITTORAL, F-14520 Port-en-Bessin France

(3) Normandie Univ, Unicaen, CNRS, EthoS, 14000 Caen, France

(4) Univ Rennes, CNRS, EthoS (Éthologie animale et humaine) - UMR 6552, F-35000 Rennes, France

Contact e-mail :

salima.aroua@univ-lehavre.fr



EFFETS DES RAYONNEMENTS IONISANTS SUR LA VALEUR SELECTIVE ET LA VARIABILITE GENETIQUE D'UN CLONE DE DAPHNIA PULEX

La compréhension des effets à long terme de faibles doses de rayonnements ionisants sur les écosystèmes, et sur les espèces qui les composent, reste un enjeu majeur en écotoxicologie des radionucléides, en particulier dans des contextes écologiquement pertinents.

Goodman et al. (1,2) ont étudié les populations de *Daphnia pulex* (une espèce de crustacé planctonique clé de voute des écosystèmes d'eau douce lenticules) issues de différents étangs de la Zone d'Exclusion de Tchernobyl (CEZ). Les auteurs montrent que les différentes populations sont exposées à des débits de dose allant de 0,01 $\mu\text{Gy/h}$ à 200 $\mu\text{Gy/h}$. Des individus issus de ces populations ne présentent pas, au laboratoire, de différence significative en termes de survie et de reproduction sur un cycle de vie. L'analyse génétique des populations, à l'aide des marqueurs microsatellites, met en évidence une diversité corrélée positivement au débit de dose, ce qui suggère l'absence de sélection forte dans les lacs les plus contaminés. La structure génétique au sein et entre les populations, indique une dérive génétique faible et un flux de gène limité entre les lacs (populations isolées par la distance). Les auteurs supposent que l'apport en mutations de novo lié à la radioactivité supplante l'effet de la sélection, et pourrait même agir comme une source de variation génétique vers les zones alentours moins contaminées.

Dans ce contexte, ce projet de thèse vise à préciser la compréhension des effets des rayonnements ionisants sur la valeur sélective et le taux de mutation de *D. pulex*, espèce chez laquelle les mécanismes de la radiotoxicité transgénérationnelle restent encore méconnus.

Ici, un clone de laboratoire (*D. pulex* TCO) est irradié pendant plusieurs générations sur une gamme de débits de dose variant de 6.5 $\mu\text{Gy/h}$ à 35 mGy/h , concordants avec ceux observés dans la CEZ. Un suivi quotidien de la survie et reproduction est effectué, ainsi que des mesures régulières de la croissance somatique en taille. Des observations en microscopie électronique sont en cours afin de tester l'apparition éventuelle d'altérations dans la structure des mitochondries, afin de vérifier l'atteinte au métabolisme énergétique. L'objectif à court terme est d'analyser les données obtenues à l'aide d'un modèle toxico-cinétique toxico-dynamique (TKTD), basé sur la théorie du Budget Energétique Dynamique (DEB), permettant d'inférer un mode d'action vraisemblable des rayonnements ionisants sur le métabolisme de *D. pulex*. Dans un second temps, le modèle ajusté servira à évaluer et comparer le risque écologique associé à la valeur sélective et à la fonction de consommation secondaire. Enfin, des échantillons sont stockés en prévision d'un séquençage visant à tester l'apparition et la transmission de mutations au cours des générations, de façon comparée entre ADN génomique et mitochondrial.

Mots clés

Rayonnements ionisants; Cladocère; Espèce clé de voûte; Fitness; Métabolisme énergétique; Fonction écologique

Références

(1) Goodman, J., Brand, J., Laptev, G., & Auld, S. K. (2022). Radiation-mediated supply of genetic variation outweighs the effects of selection and drift in Chernobyl *Daphnia* populations. *Journal of Evolutionary Biology*, 35(3), 413-422.

(2) Goodman, J., Copplestone, D., Laptev, G. V., Gashchak, S., & Auld, S. K. (2019). Variation in chronic radiation exposure does not drive life history divergence among *Daphnia* populations across the Chernobyl Exclusion Zone. *Ecology and Evolution*, 9(5), 2640-2650.

Pierre TECHER*(1),
Frédéric ALONZO (1)

(1) IRSN, Cadarache, Saint-Paul-lez-Durance 13115

Contact e-mail :
pierre.techer@irsn.fr



STRATEGIE DE DEPLOIEMENT DE BIOMARQUEURS EN APPUI A LA SURVEILLANCE DE LA QUALITE DES MASSES D'EAU, LE LONG DU *CONTINUUM* BASSIN VERSANT-LITTORAL

Les projets couplés SASHIMI et BIOSURVEILLANCE proposaient de façon originale de développer une stratégie de surveillance active, pour un diagnostic et une comparaison de la qualité de masses d'eau, à l'échelle du *continuum* bassin versant - estuaire - littoral. La stratégie reposait sur l'engagement de binômes ou trinômes d'espèces de différents groupes zoologiques – *i.e.* poissons, mollusques et crustacés – représentatifs des différentes masses d'eau. L'étude s'est focalisée sur des biomarqueurs reconnus, applicables de façon consensuelle à l'ensemble des taxons ciblés – *i.e.* dommages primaires à l'ADN et activité de phagocytose. Un point central de cette stratégie consistait dans la lecture des différents couples 'réponse biologique/espèce' au regard de grilles spécifiques d'interprétation. Dans une première phase (*i.e.* projet SASHIMI), *i)* les conditions d'engagement ont été précisées, *ii)* les protocoles analytiques ont été harmonisés entre les espèces, et *iii)* des référentiels (*i.e.* valeurs basales et seuils) et grilles de lecture ont été définis pour les différents couples 'réponse biologique/espèce'. Dans une seconde phase (*i.e.* le projet BIOSURVEILLANCE) un suivi pilote a été déployé durant 2 campagnes, à l'automne 2020 et 2021, sur 26 stations des continuums Seine, Orne et Vire. Les résultats ont été valorisés sous forme d'une carte interactive accessible par le grand public sur le site de l'observatoire de l'axe Seine (<https://www.phresques.fr/>).

Le retour sur expérience a démontré la faisabilité de cette stratégie pour un suivi pérenne des masses d'eau du *continuum*. Les résultats rendent compte d'un « état écotoxicologique » globalement très cohérent avec l'état DCE, permettant de pondérer « l'état chimique » ou « l'état écologique » en cas de contre sens. L'application de notre stratégie « biomarqueurs » à cet ensemble de taxons s'est révélée être pertinente pour la classification des masses d'eau, du fait de la complémentarité, en termes de différences de sensibilité, entre les modèles étudiés.

Mots clés

Biomarqueur, Biosurveillance, *Continuum* de masses d'eau, Engagement.

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier l'ensemble des collaborateurs, les financeurs des projets SASHIMI et BIOSURVEILLANCE dans lesquels se sont inscrits ces activités de recherche – *i.e.* respectivement l'Office Français de la Biodiversité et l'Agence de l'Eau Seine Normandie – ainsi que les programmes ministériels P181 MIV 34 et P190 Ecotoxicologie qui ont financé une partie des travaux menés à l'INERIS.

Xuereb B¹, Abbaci K², Amara R³, Auffret M⁴, Bado-Nilles A⁵, Bonneville-Normand M¹, Bonnard I⁶, Bonnard M⁶, Burlion M¹, Cant A⁵, Catteau A⁵, Charlé M⁶, Chaumot A², Costil K⁷, Coulaud R¹, Dedourge-Geffard O⁶, Delahaut L, Diop M³, Duflot A¹, Geffard O², Le Foll F¹, Le Guernic A⁶, Palos-Ladeiro M⁶, Peignot Q⁶, Poret A¹, Rioult D⁶, Serpentine A⁷, Tremolet G¹, Turiès C.⁵, Fisson C⁹ & Geffard A⁶

(1) Le Havre Normandie Université, UMR-I 02 SEBIO, 25 rue Philippe Le Bon - 76600 Le Havre.

(2) INRAe, UR RiverLy, Laboratoire d'écotoxicologie, Centre de Lyon-Villeurbanne, F-69625.

(3) Univ. Littoral Côte d'Opale / Univ. Lille, UMR CNRS 8187 LOG, 32 Avenue Foch, 62930, Wimereux.

(4) IUEM, Laboratoire des sciences de l'environnement marin, Plouzané.

(5) INERIS, UMR-I 02 SEBIO, Parc Technologique ALATA - BP2 – 60550 Verneuil en Halatte.

(6) Université Reims Champagne Ardenne, UFR SEN, UMR-I 02 SEBIO, Moulin de la Housse - 51687.

(7) Normandie Univ, UNICAEN, FRE BOREA, Sorbonne universités, MNHN, UPMC Univ Paris 06, Univ Antilles, CNRS-2030, IRD-207, 14032 Caen.

(9) GIP Seine-Aval, Espace des marégraphes, Hangar C, 76176 Rouen.

(Contact e-mail : benoit.xuereb@univ-lehavre.fr)

SEFA
LE HAVRE
2023



LISTE DES PARTICIPANTS

✚ Aït-Aïssa Selim _ Conférence Plénière	selim.ait-aissa@ineris.fr
✚ Allonier Anne-Sophie	allonier-fernandes.annesophie@aesn.fr
✚ Arcanjo Caroline (O8, P21)	caroline.arcanjo@univ-lehavre.fr
✚ Aroua Salima (P6, P38, P44)	salima.aroua@univ-lehavre.fr
✚ Audiffren Constance	constance.audiffren@ofb.gouv.fr
✚ Bado-Nilles Anne (O5, P11, P46)	anne.bado-nilles@ineris.fr
✚ Bain Manon (P13)	manonbain@gmail.com
✚ Baldacci Clara (PH5)	clara.baldacci@univ-lorraine.fr
✚ Baratange Clément (O19, P7, P27)	clement.baratange@univ-nantes.fr
✚ Barbot Antoine	antoine.barbot@femto-st.fr
✚ Barjhoux Iris (O11)	iris.barjhoux@univ-reims.fr
✚ Baudet Jean-Baptiste (O20, P30)	jean-baptiste.baudet@univ-lehavre.fr
✚ Baudiffier Damien	d.baudiffier@fcsrovaltain.org
✚ Beaudouin Rémy (O16, P17, P42)	remy.beaudouin@ineris.fr
✚ Beauvais Rébecca (O17,P33)	rebecca.beauvais@centrecotox.ch
✚ Bellanger Cécile (O26, P5, P24, P29, P31)	cecile.bellanger@unicaen.fr
✚ Ben Cheikh Yosra (P6, P38)	yosra.ben-cheikh@univ-lehavre.fr
✚ Berjat Mathilde	mathilde.berjat@univ-lehavre.fr
✚ Berns Sarah (O14)	sarah.berns@univ-lorraine.fr
✚ Berthelot Nicolas	nicolas.berthelot@univ-reims.fr
✚ Bigot Aurélie	aurelie.bigot@univ-reims.fr
✚ Billoir Elise (O13, O21, O25, P16, P20)	elise.billoir@univ-lorraine.fr
✚ Blanchard Adrien (P8)	adrien.blanchard@inrae.fr
✚ Bonnard Marc (O19, O20, P10, P46)	marc.bonnard@univ-reims.fr
✚ Boulangé-Lecomte Céline (O5, O8, P21)	celine.lecomte@univ-lehavre.fr
✚ Bultelle Florence (P6, P9)	florence.bultelle@univ-lehavre.fr

✚ Burlion-Giorgi Mayélé (P46)	mayele.burlion-giorgi@univ-lehavre.fr
✚ Casañas Lisa	l.casanas@envisol.fr
✚ Catteau Audrey (O1, P10, P46)	audrey.catteau@univ-reims.fr
✚ Chaumot Arnaud (PH7, P40)	arnaud.chaumot@inrae.fr
✚ Ciccia Théo (P11)	theo.ciccia@edf.fr
✚ Ciffroy Philippe (P11)	philippe.ciffroy@edf.fr
✚ Costil Katherine (P41, P46)	katherine.costil@unicaen.fr
✚ Coulaud Romain (O5, O8, O9, O13, O20, P16, P30, P41, P46)	romain.coulaud@univ-lehavre.fr
✚ Crevet Margot (PH3, P12)	margot.crevet@irsn.fr
✚ Curie Thomas (PH6)	t.curie@envisol.fr
✚ Dancie Chloé	chloe.dancie@csln.fr
✚ Danger Michael (P16)	michael.danger@univ-lorraine.fr
✚ Daniele Gaele (PH1)	gaelle.daniele@isa-lyon.fr
✚ David Elise (O19, P9)	elise.david@univ-reims.fr
✚ De Vernisy Chloe (P13)	chloe.de-vernisy2@etu.univ-lorraine
✚ Degli Esposti Davide (O5, O7, P18)	davide.degli-esposti@inrae.fr
✚ Delaunay Eva (O4, P14)	eva.delaunay@univ-nantes.fr
✚ Delignette-Muller Marie Laure (O25, P20)	marielaure.delignettemuller@vetagro-sup.fr
✚ Deschler Marie (P21)	marie.deschler@univ-lehavre.fr
✚ Dionet Titouan (P16)	titouan.dionet1@etu.univ-lorraine.fr
✚ Do Nascimento Julie (O2)	julie.do-nascimento@univ-reims.fr
✚ Doudement Valérie	valerie.doudement@univ-lehavre.fr
✚ Duflot Aurélie (O8, O15, O20, P21, P30, P39, P41, P46)	duflota@univ-lehavre.fr
✚ Durand Marie-Jose (O4, P14)	marie-jose.durand-thouand@univ-nantes.fr
✚ Durel Mathilde	mathilde.durel@edf.fr

✚ Erraud Alexandre (O20)	alexandre.erraud@unamur.be
✚ Espeyte Anabelle (O5, P18)	anabelle.espeyte@inrae.fr
✚ Faburé Juliette (P8, P23, P26)	juliette.fabure@agroparistech.fr
✚ Fall Coumba Daga Touré (O3)	coumba.fall@um5r.ac.ma
✚ Fegrouche Rachida (O3, P19)	r.fegrouche@um5r.ac.ma
✚ Felten Vincent (O21, PH5,P2, P16)	vincent.felten@univ-lorraine.fr
✚ Fisson Cédric (P46)	cfisson@seine-aval.fr
✚ Foy Jeanne	jeanne.foy@univ-lehavre.fr
✚ Forget-Leray Joëlle (O8, P21)	joelle.leray@univ-lehavre.fr
✚ Frongia Carla (PH2)	carla.frongia9@etu.univ-lorraine.fr
✚ Gagnaire Béatrice (O18, PH3, P12)	beatrice.gagnaire@irsn.fr
✚ Galinier Corentin (P21)	co.galinier@hotmail.fr
✚ Garrigue-Antar Laure (P25)	laure.garrigue-antar@u-pec.fr
✚ Geffard Alain _ Conférence Plénière	alain.geffard@univ-reims.fr
✚ Geffard Olivier _ Conférence Plénière	olivier.geffard@inrae.fr
✚ Gestin Ophélie	ophelia.gestin@ineris.fr
✚ Giannoni Patrizia (O22, P22)	patrizia.giannoni@unimes.fr
✚ Gimbert Frédéric (O17, P28)	frederic.gimbert@univ-fcomte.fr
✚ Giusti Nathalie (O8, P6)	nathalie.giusti@univ-lehavre.fr
✚ Gollot Lisa (P23)	lisa.gollot@agroparistech.fr
✚ González Fernández Carmen	carmen.gonzalez-fernandez@inrae.fr
✚ Gosset Antoine	antoinegosset@edf.fr
✚ Grimault Luna (P25)	luna.grimault11@gmail.com
✚ Guedj Mandy (P26)	mandy.guedj@inrae.fr
✚ Guilloton Corentine (P6, P38)	corentine.guilloton@univ-lehavre.fr
✚ Guinle Colleen (P27)	colleen.guinle@univ-nantes.fr

✚ Hafid Jamal	hfjamal@yahoo.fr
✚ Hienne Justine (P28)	justine.hienne@edu.univ-fcomte.fr
✚ Hue Sarah (P29, P31)	sarah.hue@univ-lehavre.fr
✚ Jeanne Jason (P30)	jason.jeanne@etu.univ-lehavre.fr
✚ Knigge Thomas (P24, P29, P31, P39)	thomas.knigge@univ-lehavre.fr
✚ Ksen Marie (O10, PH8, P32)	marie.ksen@etu.univ-littoral.fr
✚ Lafargue Océane (P33)	oceane.lafargue@centrecotox.ch
✚ Lalouette Auréline (O7)	aureline.lalouette@inrae.fr
✚ Laval-Gilly Philippe (O14)	philippe.laval-gilly@univ-lorraine.fr
✚ Le Foll Frank (P6, P9, P46)	frank.lefoll@univ-lehavre.fr
✚ Lebrun Jérémie (O6, PH7, P40)	jeremie.lebrun@inrae.fr
✚ Legrand Perrine	perrine.legrand@inrae.fr
✚ Leignel Vincent (P3, P4)	vincent.leignel@univ-lemans.fr
✚ Lemiere Sébastien (PH4, P37)	sebastien.lemiere@univ-lille.fr
✚ Lichtfouse Jeanne (O22, P22)	jlichtfouse@gmail.com
✚ Lortholarie Marjorie (O2)	m.lortholarie@gmail.com
✚ Louis Fanny (PH5, P2, P9)	fanny.louis@univ-lorraine.fr
✚ Louzon Maxime (PH6, P15)	m.louzon@envisol.fr
✚ Ly Tu-Ky (O16)	tu-ky.ly@ineris.fr
✚ Madre Mathilde	madremathilde@gmail.com
✚ Madru Cassandre (O24, P34)	cassandre.madru@inrs.ca
✚ Malgouyres Jean-Michel (O10, PH8, P32, P35)	jean-michel.malgouyres@univ-jfc.fr
✚ Marchand Guillaume (O23, P36, P37)	guillaume.marchand@univ-lille.fr
✚ Marin Matthieu (O23, P36, P37)	matthieu.marin@univ-lille.fr
✚ Maugars Gersende (P6)	gersende.maugars@univ-lehavre.fr
✚ Maugeais Ninon	ninon.maugeais@etudiant.univ-reims.fr

✚ Mbemba Peleka Jessica Carmelia	
✚ Menager Gwenn	gwenn.menager@edf.fr
✚ Meyer Albin (O13)	albin.meyer@inrae.fr
✚ Michel Alexandre (O6, PH7)	alexandre.michel@inrae.fr
✚ Minguez Laetitia (PH5)	laetitia.minguez@univ-lorraine.fr
✚ Minier Christophe	minierc@univ-lehavre.fr
✚ Mocq Julien (O9)	julien.mocq@inrae.fr
✚ Monsinjon Tiphaine (O15, P29, P39)	tiphaine.monsinjon@univ-lehavre.fr
✚ Mouabad Abdelfattah	mouabad@gmail.com
✚ Ohanessian Jérémie (O21)	jeremie.science@gmail.com
✚ Olivier Stéphanie (P6, P9, P29)	stephanie.olivier@univ-lehavre.fr
✚ Omerbasic Adaleta (P38)	adaleta.omerbasic@etu.u-bordeaux.fr
✚ Pain-Devin Sandrine (O5, P2, P9, P13)	sandrine.devin@univ-lorraine.fr
✚ Pereira Ramos Luc	pereira.luc@aesn.fr
✚ Persat Léo (P40)	leopersat@free.fr
✚ Porcher Jean-Marc	jean-marc.porcher@ineris.fr
✚ Poret Agnès (P6, P9, P30, P41, P46)	danjoua@univ-lehavre.fr
✚ Prud'homme Sophie (O21, O25)	sophie.prud-homme@univ-lorraine.fr
✚ Prygiel Emilie	emilie.prygiel@cerema.fr
✚ Rejo Lucia (O10, PH8, P32, P35)	lucia.rejo@univ-jfc.fr
✚ Revel Marion (PH9)	marion.revel@haw-hamburg.de
✚ Rocher Béatrice (P6, P9)	beatrice.rocher@univ-lehavre.fr
✚ Rollin Marc (O20, P30, P41)	marc.rollin@univ-lehavre.fr
✚ Rosselle Hugues (P21)	hugues.rosselle@orange.fr
✚ Roux Caroline (O24, P34)	caroline.roux@inrae.fr
✚ Roux Cloé (O17)	cloe.roux@edu.univ-fcomte.fr

✚ Royauté Raphaël (P23, P42)	raphael.royaute@inrae.fr
✚ Schiano Di Lombo Magali (O18)	magali.schianodilombo@irsn.fr
✚ Schmidt Elsa (O17)	elsa.schmidt@edu.univ-fcomte.fr
✚ Serpentini Antoine (P46)	antoine.serpentini@unicaen.fr
✚ Slaby Sylvain (O15, P37)	sylvain.slaby@univ-lehavre.fr
✚ Techer Pierre (P45)	pierre.techer@irsn.fr
✚ Tonial Julie (O6)	julie.tonial@inrae.fr
✚ Trémolet Gauthier (P30)	gauthier.tremolet@univ-lehavre.fr
✚ Urien Nastassia (P11)	nastassia.urien@edf.fr
✚ Vasseur Paule	paule.vasseur@univ-lorraine.fr
✚ Vignati Davide (PH2)	david-anselmo.vignati@univ-lorraine.fr
✚ Vignet Caroline (O10, PH8, P32, P35)	caroline.vignet@univ-jfc.fr
✚ Xuereb Benoit (O5, O8, O11, O20, P30, P41, P46)	benoit.xuereb@univ-lehavre.fr



Le Comité d'organisation remercie

