

ACTES DU COLLOQUE



VIII^{ème} Colloque du Réseau Ecotox

Actes du colloque

La Rochelle (17)

13-15 November 2023

La Rochelle 13-14 15 novembre 2023

Comité Scientifique

Marie-Agnès COUTELLEC, CR UMR DECOD
Laurence DENAIX, DR, UMR ISPA
Juliette FABURE, MC AgroParisTech, UMR ECOSYS
Isabelle LAMY, DR INRAE, UMR ECOSYS
Fabrice MARTIN-LAURENT, DR, UMR Agroécologie
Soizic MORIN, DR INRAE, UR EABX
Christian MOUGIN, DR INRAE, UMR ECOSYS

Comité d'Organisation

Patricia BRACONNIER, TR, ISPA
Marie-Agnès COUTELLEC, CR UMR DECOD
Laurence DENAIX, DR, UMR ISPA
Juliette FABURE, MC AgroParisTech, UMR ECOSYS
Isabelle LAMY, DR INRAE, UMR ECOSYS
Fabrice MARTIN-LAURENT, DR, UMR Agroécologie
Soizic MORIN, DR INRAE, UR EABX
Christian MOUGIN, DR INRAE, UMR ECOSYS

Les organisateurs remercient INRAE, la Région Nouvelle Aquitaine et AgroParisTech pour leur soutien financier.



RÉGION
**Nouvelle-
Aquitaine**



INRAE



VIII^{ème} Colloque du Réseau Ecotox



8^{ème} Colloque du Réseau Ecotox
« Changement climatique et écotoxicologie ou l'écotoxicologie + 2°C »

PROGRAMME DU COLLOQUE

lundi 13 novembre 2023

10:00-12:00 Accueil des participants et installation

12:00-13:45 Déjeuner restaurant "les Pincettes"

14:00 Session introductive (salle Plénière) :

- Accueil par la cellule d'animation du Réseau Ecotox

- Conférence introductive : " Prise en compte des enjeux écotoxicologiques dans les missions de l'Office Français de la Biodiversité à l'heure du changement climatique" - **E. Breugnot** (40'+10' questions)

15:00-17:20 Session 1 - Effets du changement climatique sur l'exposition et les effets écotoxiques des contaminants (15'+5' questions)

15:00-15:20 - Effets d'une contamination parentale aux PCB et du changement climatique sur un poisson sténotherme froid - **E. Réalis-Doyelle**

15:20-15:40 - Influences de la température et de la lumière sur le métabolome et le lipidome de la microalgue *Scenedesmus costatus* - **N. Mazzella**

15:40-16:00 - Comment prédire le comportement des contaminants métalliques des sols face au changement climatique ? Exemple du cuivre à l'échelle européenne - **L. Sereni**

16:00-16:10 : Présentation Flash Poster Session 1 (10')

- Ecotoxicologie et changement climatique: effet de la température sur l'exposition d'enchytréides à une contamination au cuivre - **A. Bamière**
- Réchauffement climatique et devenir du mercure actuellement piégé dans le pergélisol - **L. Sereni**

La Rochelle 13-14 15 novembre 2023

16:10-16 :40 Pause et session Posters (20')

16:40-17:00 - Influences combinées des effets transgénérationnels, de la température et d'un insecticide sur le papillon ravageur *Spodoptera littoralis* - **D. Siaussat**

17:00-17:20 - Variation de sensibilité du métabolome et du rendement photosynthétique de biofilms périphytiques exposés à un herbicide modèle - **A. Medina**

17:20-18:20 Session 2 - Animation de la recherche en écotoxicologie : Infrastructures, Réseaux, Communication (15'+5' questions)

17:20–17:40 - Peer Community In Ecotoxicology and Environmental Chemistry, un nouveau media pour valoriser les résultats de vos recherches - **C. Mougin**

17:40-18:00 - BRC4Env, le réseau de Centres de Ressources Biologiques agro-environnementales de l'infrastructure AgroBRC-RARE pour vos recherches en écotoxicologie et agroécologie - **C. Mougin**

18:00 -18:20 Session Posters Session 2(20')

- AnaEE : une infrastructure de recherche intégrative au service de l'écotoxicologie - **L. Denaix**
- La fondation EVERTEA en 2023 : un rôle pivot dans le soutien de la recherche et des réseaux en écotoxicologie et toxicologie environnementale - **D. Baudiffier**
- Le Réseau Ecotoxicomic – **F. Martin-Laurent**

19:45-20:30 Diner restaurant "les Pincettes"

mardi 14 novembre 2023

09:00-12:50 Session 3 - L'adaptation des organismes : effets écotoxicologiques à long terme (trans- et multigénérationnels) et adaptation des populations et communautés naturelles (multi-stress, microévolution, approches multi-risques) (15'+5' questions)

9:00-10:00 – Conférence invitée : Changes in the biological structure and functioning of aquatic systems with respect to climate and global changes - **A. Freixa** (50'+10' questions)

10:00-10:20 - Acclimatation et plasticité transgénérationnelle expliquent la tolérance au cadmium de populations de *Gammarus fossarum* de cours d'eaux naturellement contaminés par les métaux - **A. Chaumot**

10:20-10:40 - Experimental exposure to environmentally relevant metal contamination levels affects gut microbiota composition in wild fish populations (*Gobio occitaniae*) - **Q. Petitjean**

10:40-10:50 - Did decades of glyphosate use have selected for resistant amphibians in agricultural habitats? - **S. Tartu**

10:50-11:00 Présentation Flash Poster Session 3 (10')

- Changement de la composition en acides gras et des activités enzymatiques chez *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) exposé au cadmium durant la phase de repos - **M. Isma**

La Rochelle 13-14 15 novembre 2023

- Diagnostic écotoxicologique de la Tortue verte immature en Martinique et lien avec la fibropapillomatose - **S. M. Dupont**

11:00-11:50 - Pause et Session Poster (40')

11:50-12:10 - Estimer l'intensité de la sélection à partir des données écotoxicologiques : défis et perspectives - **R. Royauté**

12:10–12:30 - Phenotypic and genetic differentiation between populations of *Cardamine resedifolia* in response to mining pollution in the Alps - **M. S. Deville Cavellin**

12:30-12:50 - Production de cultures vivrières et fourragère biofortifiées et résistantes au climat sur des sols marginaux et contaminés - **M. Mench**

13:00-14:15 Déjeuner restaurant "les Pincettes"

14:30-15:55 Session 4 - Que nous apprennent les résultats issus de données acquises en milieu naturel ?

14:30-14:50 - Application d'une technique de dosage de pesticides multiclassés par LC-MS/MS dans les cheveux de volontaires - **E. Brillard**

14:50-15:10- Evaluation de l'exposition aux pesticides de l'environnement et de la biodiversité dans un territoire agricole français - **F. Ouedraogo**

15:10-15:30 Inter and intra clutch variability in pesticide contamination of a bird of prey - **E. Fuentes**

15:30-15:50 - Présentation du projet BIOCAIRE : Biosurveillance pour la caractérisation de l'impact des rejets - **V. Dupraz**

15:50-15:55 - Présentation Flash Poster Session 4 (5')

Evaluation du risque écologique basée sur la triade : limites et améliorations nécessaires pour le cas de contamination diffuse du sol - **J. Faburé**

16:00-16:30 Pause

16:30-17:30 Session 5 - Gestion et Remédiation des sols contaminés

16:30-16:50 - PHYTOmanagement et remédiation de sols maraichers contaminés aux Pesticides OrganoChlorés (PHYTOPOC) - **M. Mench**

16:50-17:10 - Étude en colonne de sol de l'effet d'un apport de Thés de Compost Oxygéné sur le transfert en profondeur et la phytoextraction de Cu - **P. Eon**

17:10-17:30 - Optimisation des stratégies de phytomanagement pour un sol agricole contaminé par des métaux (Cd, Pb, Zn et Cu) afin de fournir de la biomasse pour produire des biocarburants propres - **M. Mench**

18:30-20:00 Visite privatisée Aquarium de la Rochelle

20:00-21:00 Cocktail Aquarium de la Rochelle

21:00-22:45 Diner de Gala La Brasserie du Haut

mercredi 15 novembre 2023

9:00–10:00 – Conférence invitée : Les implications métaboliques et écotoxicologiques des stress thermiques et métalliques pour les poissons d'eau douce – **P. Couture** (50'+10' questions)

10:00-11:40 Session 6 - Préparer l'avenir : les contaminants émergents

10:00-10:20 - Co-exposition des premiers stades de vie de l'omble chevalier (*Salvelinus alpinus*) à un toxique issu de particules de pneus et à une hausse de la température - **F.L. Thomassin**

10:20-10:40 - Impact de pesticides mitotoxiques sur le comportement et la physiologie d'un poisson d'eau douce - **L. Bouly**

10:40-11:00 - Pause

11:00-11:20 - Ecotoxicité des produits de transformation des pesticides dans les milieux aquatiques - **S. Morin**

11:20-11:40 - MINAGRIS : impact des micro- et nanoplastiques sur les communautés microbiennes des sols agricoles - **F. Martin-Laurent**

11:40-12:00 Conclusions du colloque

12:15-13:45 Déjeuner restaurant "les Pincettes"

Clôture du 8^{ème} Colloque du Réseau Ecotox

RESUMES

Conférence invitée 1 : "Prise en compte des enjeux écotoxicologiques dans les missions de l'Office Français de la Biodiversité à l'heure du changement climatique"

Emilie Breugnot

Direction Régionale Nouvelle-Aquitaine de l'Office Français de la Biodiversité

Créé au 1^{er} janvier 2020 de la fusion de l'Agence Française pour la Biodiversité et de l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage, l'Office Français pour la Biodiversité a pour objectif principal de reconquérir la biodiversité sur l'ensemble des enjeux de biodiversité aquatique, terrestre et marine dans l'hexagone et les Outre-mer. Parmi les causes majeures d'atteintes à la biodiversité, la problématique des contaminations chimiques et de leurs impacts sur les écosystèmes traverse l'ensemble des 5 grandes missions de l'établissement. Ces missions ont pour ambition de 1/ prévenir et lutter contre les atteintes à la biodiversité, 2/ mieux comprendre les enjeux de préservation de la biodiversité pour mieux la protéger, 3/ accompagner la mise en œuvre et l'évaluation des politiques publiques, 4/ gérer des espaces protégés et 5/ mobiliser la société et favoriser l'engagement. A travers des projets de recherche pilotés en régie et plus généralement via la mobilisation d'équipes externes (AAP, AMI, conventions...), l'OFB contribue à améliorer les connaissances en matière d'impacts des produits phytopharmaceutiques sur la faune sauvage terrestre et aquatique (ex d'étude sur l'impact des PPP sur la petite faune sédentaire de plaine, approches écotoxicologiques appliquées aux données du réseau SAGIR ou encore étude sur l'intersexualité des poissons en milieu naturel). Ces connaissances nécessitent aujourd'hui d'être approfondies dans le cadre du changement climatique afin d'évaluer, en particulier en milieu aquatique, l'effet des baisses drastiques de débits des cours d'eau et des hausses de températures annoncés dans les prochaines décennies. L'OFB apporte également son soutien à travers des projets multipartenariaux au développement et à la promotion d'outils innovants de biosurveillance pour le suivi des substances chimiques dans les milieux aquatiques. Les résultats de ces projets ont vocation à mieux prendre en compte l'ensemble des contaminants et leurs interactions et à faire évoluer ainsi les méthodes et outils d'évaluation mobilisés dans les différentes directives (DCE), plans (Ecophyto, micropolluants) ou stratégie (Stratégie sur les perturbateurs endocriniens SNPE).



Docteure en écologie aquatique, Emilie Breugnot a travaillé pendant 10 ans sur les questions de caractérisation de l'état des cours d'eau, notamment à travers le suivi de populations piscicoles. Elle est depuis 2017 Chef adjointe du service connaissance à la Direction Régionale Nouvelle-Aquitaine de l'Office Français de la Biodiversité où elle pilote et met en œuvre des programmes de surveillance des espèces et des milieux en appui au rapportage de directives et de règlements européens ainsi qu'à l'élaboration de politiques publiques en faveur de la biodiversité. A travers ses travaux et ses missions, elle s'intéresse notamment à la gestion quantitative de la ressource en eau et aux conséquences du changement climatique sur la biodiversité aquatique.

Session 1 – Effets du changement climatique sur l'exposition et les effets écotoxiques des contaminants

Présentations

Effets d'une contamination parentale aux PCB et du changement climatique sur un poisson sténotherme froid

E. Réalis-Doyelle^{1*}, N. Cottin², E. Naffrechoux², S. Reynaud³, R. Morati¹, J. Guillard¹

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

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

3 Univ. Grenoble Alpes, LECA, UMR UGA-USMB-CNRS 5553, 621 Avenue Centrale, 38400 Saint-Martin-d'Hères

(Contact e-mail : emilie.realis@inrae.fr)

La fin du XX^{ème} siècle se caractérise par des modifications rapides des écosystèmes aquatiques sous l'effet des activités humaines via l'accroissement de stress multiples. Parmi ces stress, les polluants organiques persistants (POP) sont caractérisés par leurs toxicités reconnues. Parmi ces POP, les polychlorobiphényles (PCB), sont bioaccumulés par la faune aquatique et particulièrement les poissons en raison de leur caractère lipophile et de leur faible dégradation. Les PCB s'accumulent particulièrement dans les œufs (Daouk et al., 2011) permettant une transmission verticale. Cette contamination peut également entraîner une diminution de la survie des larves (Horri, 2018), des altérations physiologiques, des modifications du système endocrinien (hormones thyroïdiennes), une modification de la voie à l'insuline (Lyche et al., 2011), des variations d'expression des transcrits (cfos) et des méthylation d'ADN (dnmt) (Alfonso 2018) chez la descendance. Néanmoins ces études ont été en majorité réalisées sur des poissons modèles (zebra fish, medaka). En outre, dans le contexte actuel de changement climatique, les variations de température pourraient avoir des conséquences indirectes abiotiques sur les PCB, les rendant davantage bio-disponibles. L'omble chevalier est un salmonidé sténotherme froid dont la population au sein du lac du Bourget reste à un niveau bas depuis une dizaine d'années, malgré des efforts de repeuplement et une amélioration de la qualité des eaux. En outre, les modélisations thermiques de Kelly & al. 2020 ne montrent pas d'impacts directs des hausses de températures pour les populations d'omble chevalier des lacs préalpins, dont le lac du Bourget, pour le prochain demi-siècle. Une autre hypothèse serait donc les effets indirects des PCB, augmentés par les hausses de température. Ainsi, le but et l'originalité de ce projet sont d'étudier les effets intergénérationnels d'une contamination parentale aux PCB sous l'influence de faibles augmentations de température via une approche multiparamétrique et multi-échelle permettant de développer des méthodes d'investigation des mécanismes physiologiques.

Les résultats de notre étude montrent un effondrement de la population due à la contamination maternelle couplée à une augmentation de la température (12% survivent à la pollution maternelle Vs 50% survivaient à une contamination paternelle). La transmission parentale affecte le rythme de vie des larves avec de grandes disparité entre les parents : les effets de la transmission maternelle sont plus importants que ceux de la transmission paternelle. En effet, des effets synergiques (température et transmission des PCB) ont été démontrés sur les mêmes paramètres, mais les effets additifs de PCB et de température sont plus importants lors de la transmission maternelle. En outre, les PCB sont des polluants historiques, ce sont des POP, de sorte que nous pouvons faire l'hypothèse solide que ces résultats peuvent être transposés à d'autres POP.

Influences de la température et de la lumière sur le métabolome et le lipidome de la microalgue *Scenedesmus costatus*

N. Mazzella^{1,2}, M. Eon^{1,2}, N. Creusot^{1,2}, M. Fadhlaoui³, A. Moreira^{1,2}, S. Moreira¹, S. Morin¹

1 INRAE Nouvelle-Aquitaine Bordeaux, UR EABX, 50 avenue de Verdun, 33612 Cestas, France

2 Bordeaux Metabolome, MetaboHUB

3 INRS-ETE, 490 rue de la Couronne, Québec, QC G1K 9A9, Canada

Les biofilms sont essentiels pour le cycle des nutriments et de l'énergie dans les écosystèmes aquatiques. Ils constituent par ailleurs le premier maillon biologique possiblement impacté par les facteurs de stress environnementaux, tels que la température, la disponibilité des nutriments ou encore l'exposition à des polluants. Les biofilms peuvent être employés pour décrire les relations au sein des chaînes alimentaires aquatiques¹ et sont souvent utilisés comme indicateurs de la qualité des écosystèmes. Ils font l'objet d'une attention croissante car ils constituent notamment une source d'acides gras essentiels pour les maillons trophiques supérieurs². Par ailleurs, l'étude du métabolome et du lipidome de ces communautés gagne en popularité du fait de leur capacité à rendre compte de l'activité microbienne globale de la communauté, ainsi que leur potentiel pour l'identification de marqueurs d'exposition et d'effets face aux changements globaux³. Le métabolome, et plus particulièrement la teneur en lipides des microalgues, est fortement influencé par plusieurs facteurs environnementaux, avec un effet primordial des variations de la température du milieu. Au cours de travaux, qui seront exposés, nous avons cultivé l'algue verte *Scenedesmus costatus* selon des conditions croisées d'intensité lumineuse et de température afin de reproduire les évolutions qui pourraient se produire dans le cadre du changement climatique. Les premières données obtenues mettent en évidence une signature métabolique différente entre les conditions expérimentales. En particulier, nos résultats indiqueraient d'une part un effet plus marqué de la hausse de la température sur la qualité des acides gras, puis d'autre part une modification au niveau des lipides membranaires davantage en lien avec un effet de la lumière. Enfin, ces résultats seront mis en perspective des effets mixtes avec l'exposition à des contaminants, lors d'expérimentations à venir.

1 Kelly, J. R., Scheibling, R. E., Fatty acids as dietary tracers in benthic food webs. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 2012, 446, 1–22.

2 Taipale, S., Strandberg, U., Peltomaa, E., Galloway, A. W. E., Ojala, A., Brett, M. T., Fatty acid composition as biomarkers of freshwater microalgae: analysis of 37 strains of microalgae in 22 genera and in seven classes. *Aquat. Microb. Ecol.* 2013, 71, 165–178.

3 Creusot, N., Chaumet, B., Eon, M., Mazzella, N., Moreira, A., Morin, S. *Environ Sci Pollut Res* 2022, 29, 29332–29347

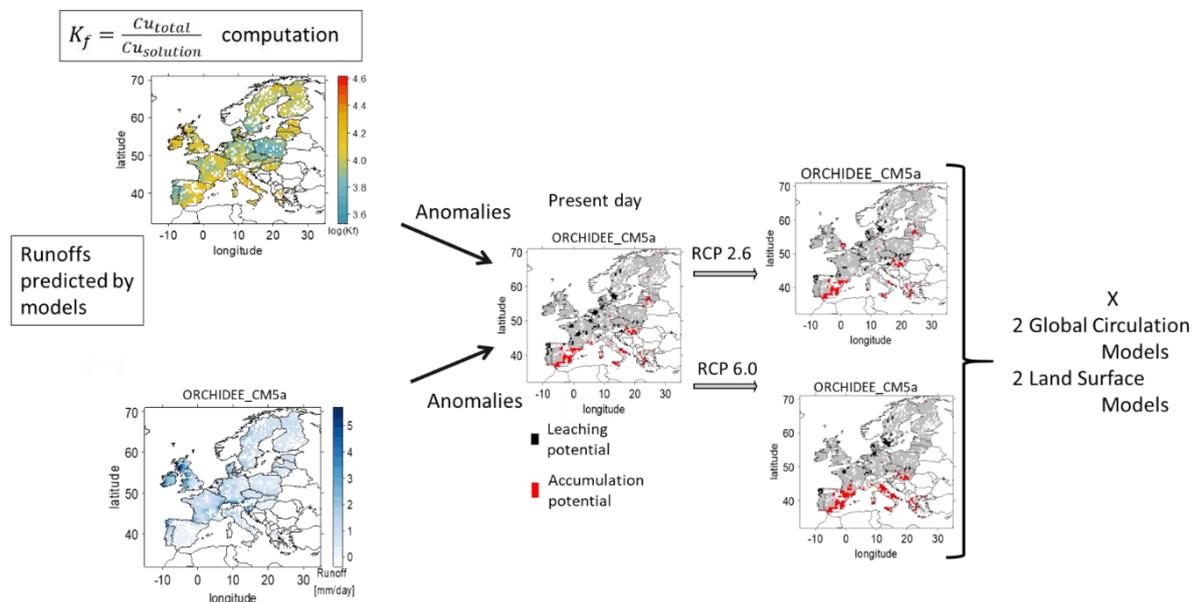
Comment prédire le comportement des contaminants métalliques des sols face au changement climatique ? Exemple du cuivre à l'échelle européenne

L. Sereni^{1,2}, J.-M. Paris³, I. Lamy¹, B. Guenet³

1 Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR EcoSys, 91120 Palaiseau, France
 2 Present address: Univ. Grenoble Alpes, CNRS, INRAE, IRD, Grenoble INP, IGE, Grenoble, France
 3 Laboratoire de Géologie ENS, PSL Research University, CNRS, UMR 8538, IPSL, Paris, France

Les activités industrielles ou agricoles s'accompagnent régulièrement de dépôt d'éléments traces sur les sols, incluant le cuivre (Cu), particulièrement utilisé pour ses propriétés antifongiques. Dans les sols, le Cu se présente globalement sous deux formes : l'une sorbée aux phases solides, réputée peu mobile et peu impactante pour les organismes, et l'autre sous forme dissoute dans la solution du sol, plus mobile et potentiellement plus impactante. La partition du Cu entre phases solide et liquide peut être représentée par son coefficient de partition (Kf) et dépend localement des propriétés du sol, tandis que son transport dépend des propriétés hydrauliques du sol. Ainsi, de forts ruissellements et un faible Kf traduiront une lixiviation du Cu alors qu'un faible ruissellement et des valeurs fortes de Kf traduiront son accumulation.

Pour simuler le comportement du Cu en fonction du climat changeant à venir, nous avons couplé le calcul de Kf à des projections de ruissellement issues de simulations pour différents scénarii de changements climatiques (RCP) et modèles climatiques. L'objectif était d'estimer les zones à fort potentiel de lixiviation (LP) et les zones à fort potentiel d'accumulation (AP) à l'échelle de l'Europe, et leur évolution au cours du XXI^è siècle. Les zones LP ou AP ont été identifiées par comparaison respectives des valeurs de Kf et de ruissellement à leurs moyennes européennes. Nos résultats montrent, au début du siècle, une surface concernée par les risques de LP et AP de l'ordre de 6.4 et 6.7% de l'Europe respectivement. Cette surface reste constante au cours du siècle du fait d'une augmentation des zones AP et d'une diminution des zones LP. Malgré une variation dans l'étendue des zones selon les modèles étudiés, nos résultats montrent des tendances plus prononcées avec le RCP 6.0 que le RCP 2.6



Influences combinées des effets transgénérationnels, de la température et d'insecticides sur le papillon ravageur *Spodoptera littoralis*

Siaussat D., Bagni Te., Maria A., Couzi P., Maïbèche M., Massot M.

Sorbonne Université, CNRS, INRAE, Institut d'Ecologie et des Sciences de l'Environnement de Paris, iEES-Paris, F-75005, Paris, France

Le réchauffement climatique a un impact sur la réponse des organismes aux insecticides. Des études récentes montrent que cette interaction entre les insecticides et la température peut dépendre de divers facteurs. Dans cette étude, nous avons testé l'influence des effets transgénérationnels sur l'interaction Insecticide x Température chez le papillon ravageur de culture *Spodoptera littoralis*. Plus précisément, nous avons analysé les normes de réaction parmi des cohortes sur la base d'une expérimentation croisant les facteurs « température », « insecticide » et « cohortes ». L'étude a été réalisée sur 5 175 larves élevées à quatre températures (23, 25, 27 et 29 °C) et leur réponse à la deltaméthrine et chlorpyrifos a été testée.

La température a une influence globale avec des effets sur la survie des larves, la durée du développement, la masse corporelle des pupes et des normes de réaction des cohortes pour des variations de température de seulement 2 °C.

En plus de l'effet attendu des deux pesticides sur la mortalité, les insecticides ont légèrement retardé le développement de *S. littoralis*, et les effets sur la mortalité et le développement différaient selon les cohortes. Des modèles de projection intégrant toutes les réponses observées ont illustré les effets additifs des pesticides et de la température sur le taux de multiplication de la population.

La variation de la réponse des cohortes a montré que les effets transgénérationnels influençaient l'impact de l'insecticide et de la température. Bien qu'aucune preuve n'indique que l'interaction Insecticide x Température dépende d'effets transgénérationnels, les études sur la dépendance de l'interaction Insecticide x Température à l'égard d'autres facteurs restent cruciales pour prédire les effets combinés des insecticides et du réchauffement climatique.

Variation de sensibilité du métabolome et du rendement photosynthétique de biofilms periphytiques exposés à un herbicide modèle

A. Medina¹, M. Eon^{1,2}, D. Millan-Navarro¹, N. Mazzela^{1,2}, N. Creusot^{1,2}

1 INRAE, UR EABX, 50 avenue de Verdun, F-33612 Gazinet Cestas Cedex, France

2 Plateforme Bordeaux Metabolome, F-33140 Villenave d'Ornon, France

contact : arthur.medina@inrae.fr

Dans un contexte de pollution chimique aquatique croissante, l'étude des biofilms périphytes permet de prendre en compte la dimension communautaire dans la biosurveillance. Malgré l'état des connaissances, il existe peu d'informations sur la fluctuation de la sensibilité des biofilms aux herbicides. De plus, les critères d'évaluations habituels manquent souvent de sensibilité et d'intégration de l'ensemble de la communauté. Pour résoudre ce problème, la métabolomique non ciblée peut fournir une image globale de la réponse moléculaire, sensible aux réponses physiologiques antérieures. Dans ce contexte, la présente étude vise à caractériser les changements de sensibilité du périphyton au fil des mois grâce à la mesure combinée du rendement photosynthétique (Φ PSII) et de la réponse métabolomique basée sur la spectrométrie de masse. Des biofilms ont été échantillonnés et caractérisés, puis exposés 4h en conditions contrôlées à la terbuthylazine. La sensibilité du périphyton contaminé a été déterminé via l'utilisation de « Benchmark Doses » (BMD1sd) et leurs inter-comparaison. Les résultats indiquent une évolution de la sensibilité des biofilms. La BMD1sd Φ PSII varie de 3,5 à 10 μ g/L, à ces valeurs environ 50 % des signaux métabolomiques ont déjà réagis. 800 signaux chimiométriques non constants *in situ* ont été associés à des paramètres environnementaux. La moitié étaient liés à cinq facteurs, mais aucun lien clair n'a pu être établi entre les paramètres et les variations métabolomiques mensuelles. Cette étude montre que la sensibilité du périphyton au stress chimique fluctue naturellement au cours de l'année. Ces travaux confirment aussi la plus grande sensibilité à une pression toxique de la métabolomique par rapport à la réponse photosynthétique. La poursuite de ces investigations tout au long de l'année apportera des informations sur l'influence des paramètres environnementaux sur la sensibilité du périphyton au stress chimique et devrait contribuer à l'identification des métabolites et des voies associées au stress chimique.

Posters

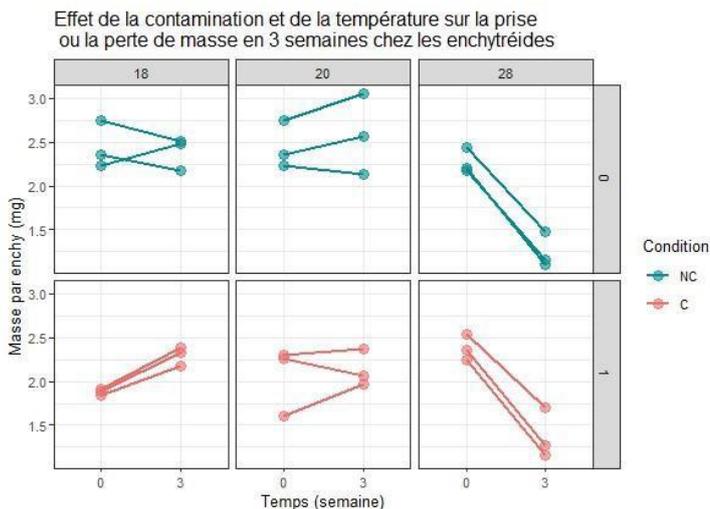
Ecotoxicologie et changement climatique : effet de la température sur l'exposition d'enchytreides à une contamination au cuivre

A. Bamière*, A. Dehaut, S. Breuil, R. Royauté, J. Faburé, I. Lamy

Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR EcoSys, 91120 Palaiseau, France
 contact : antoine.bamiere@inrae.fr

L'Agriculture intensive, l'accroissement de la production industrielle ou encore l'urbanisation croissante participent à l'augmentation de la pollution et notamment la pollution des sols. Cette pollution induit un impact non négligeable sur les organismes qui y vivent et qui rendent de nombreux services écosystémiques. Les études écotoxicologiques actuelles restent cependant limitées car elles prennent peu en compte les multiples stress pouvant affecter ces organismes, notamment ceux induits par des changements de température. En se focalisant sur *Enchytraeus albidus*, un ver blanc appartenant à la mésofaune du sol et sensible aux contaminations chimiques, nous avons testé les effets combinés de la température et d'une contamination chimique sur l'expression des traits d'histoire de vie. Pour cela, nous avons étudié la biomasse, la reproduction et les comportements d'évitement des organismes selon une gamme croissante de températures (18°C, 20°C et 28°C) et la présence ou non d'une contamination chimique au cuivre (80mg/kg). Nos résultats montrent qu'une augmentation modérée de la température du sol (+2°C) accentue les effets toxiques du cuivre sur la perte de masse corporelle. En revanche, une augmentation brusque, la présence de contaminants n'entraîne pas d'effets délétères supplémentaires en cas d'augmentation de température élevée (+10°C). Notre étude met ainsi en avant que les effets combinés des stress températures et contaminants chimiques sont fortement contexte-dépendant.

Mots clés : Enchytréides, cuivre, température, reproduction, évitement



Références

AMORIM, Mónica J.B., NOVAIS, Sara, RÖMBKE, Jörg et SOARES, Amadeu M.V.M., 2008. Avoidance test with *Enchytraeus albidus* (Enchytraeidae): Effects of different exposure time and soil properties. *Environmental Pollution* [en ligne]. septembre 2008. Vol. 155, n° 1, pp. 112-116.

OCDE (2016), Test No. 220: Enchytraeid Reproduction Test, OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 2, Éditions OCDE, Paris

Réchauffement climatique et devenir du mercure actuellement piégé dans le pergélisol

L. Sereni, H. Angot

Univ. Grenoble Alpes, CNRS, INRAE, IRD, Grenoble INP, IGE, Grenoble, France

Le mercure (Hg) est un polluant neurotoxique émis dans l'atmosphère par des sources naturelles (par ex. volcanisme) et anthropiques. Une fraction de ce Hg est transporté vers l'Arctique suivant les courants atmosphériques. Les dépôts au sol et l'absorption par la végétation ont progressivement, et ce depuis des millénaires, provoqué l'accumulation de stocks importants de Hg dans les sols gelés (pergélisol). Le Hg y est retenu avec la matière organique (MO) en raison de la très faible activité microbienne. Cependant, le changement climatique affecte particulièrement l'Arctique où le réchauffement est environ 4 fois plus important que le reste du globe. Le pergélisol dégèle à une allure alarmante et les processus microbiens de décomposition de la MO reprennent, libérant le Hg qui y est associé. Les quantités de Hg remobilisées et leur devenir restent cependant inconnus. Ainsi, nous développons un modèle continental permettant de représenter le devenir du Hg dans un contexte de changement climatique arctique.

Du fait de la forte affinité du Hg à la MO, leurs cycles au sein de la biosphère terrestre arctique sont fortement liés. Nous utilisons donc les bases du modèle de surface continentale ORCHIDEE (qui permet une représentation mécanistique de la production, du transport et de la transformation du carbone organique du pergélisol) auquel nous intégrons le cycle de l'Hg. Ce modèle, en cours de développement, sera évalué grâce aux données d'observations disponibles, par ex. carottages de sols selon des gradients verticaux et latitudinaux et les exports à l'échelle pan-arctique vers l'air et les principaux fleuves. A terme, ce modèle permettra d'évaluer la remobilisation et le devenir du Hg selon différents scénarii de changements climatiques.

Session 2 - Animation de la recherche en écotoxicologie : Infrastructures, Réseaux, Communication

Présentations

Peer Community In Ecotoxicology and Environmental Chemistry, un nouveau media pour valoriser les résultats de vos recherches

C. Mougin^{1*}, P. Labadie², W. Sanchez³

1 INRAE, UMR ECOSYS, Campus Agro Paris-Saclay, Place de l'Agronomie, 91120 PALAISEAU Cedex

2 CNRS, UMR EPOC, 351 Cours de la Libération, 33405 TALENCE Cedex

3 IFREMER, Direction Scientifique, Avenue Jean Monnet, CS 30171, 34203 SETE Cedex

contact : contact@ecotoxenvchem.peercommunityin.org

Les Peer Community In... (PCI, <https://peercommunityin.org/>) sont un processus éditorial de science ouverte. Il s'agit de communautés spécialisées effectuant une évaluation scientifique par les pairs et à la demande des auteurs, de preprints déposés sur des serveurs appropriés. Dans chaque PCI, les recommandeurs, qui sont les équivalents des éditeurs scientifiques de revues, constituent une équipe de reviewers qui réalisent une évaluation détaillée de l'article. S'ensuit une décision éditoriale qui mène soit au rejet, soit à la demande de corrections, soit à la validation de l'article scientifique. Dans ce dernier cas, le recommandeur écrit un texte de recommandation dans lequel il explique pourquoi il a validé l'article. L'ensemble de la communauté scientifique a ainsi accès gratuitement au contenu validé du preprint et aux évaluations/recommandations. Les PCIs peuvent publier les preprints recommandés dans PCI Journal, mais les auteurs peuvent éventuellement le soumettre pour publication dans une revue scientifique de leur choix, notamment dans les revues qui se sont déclarées PCI-friendly. Les éditeurs en chef de ces revues se sont engagés à prendre en compte les évaluations et recommandations des PCIs pour compléter/accélérer leur processus éditorial, débouchant régulièrement sur une acceptation en l'état des preprints recommandés par PCI.

Peer Community in Ecotoxicology and Environmental Chemistry fait partie des 17 PCI existant à ce jour. Les articles rentrant dans le champ de PCI Ecotox Env Chem concernent des travaux originaux (observations, expérimentations, modélisations, approches théoriques...) qui permettent des avancées significatives de la connaissance dans les champs de l'écotoxicologie terrestre et aquatique, ainsi que de la chimie de l'environnement. PCI Ecotox Env Chem considère la dynamique et le transport des composés chimiques dans l'environnement, leur transfert vers les organismes au sein des réseaux trophiques, et leurs effets à différents niveaux d'organisation biologique et géographique. Ainsi, PCI Ecotox Env Chem intègre différentes disciplines et approches qui répondent aux problématiques d'écotoxicologie et de toxicologie de l'environnement : chimie analytique, physiologie, microbiologie, génétique, génomique, ingénierie environnementale, modélisation, science des données, évaluation des risques... PCI Ecotox Env Chem dispose à ce jour d'un panel international de 25 recommandeurs, et développe son partenariat avec les réseaux scientifiques et sociétés savantes, ainsi qu'avec des journaux partenaires.

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

Mots clés : Edition scientifique, Open Science, Recommandation

Remerciements

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

Références

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

BRC4Env, le réseau de Centres de Ressources Biologiques agro-environnementales de l'infrastructure AgroBRC-RARe pour vos recherches en écotoxicologie et agroécologie

S. Bruneau¹, E. Artige², C. Faivre-Primot³, F. Marchand⁴, S. Mondy³, C. Ratié⁵, D. Redecker³, N. Ris⁶, A. Starck⁴, S. Warot⁶, C. Mougin¹

1 INRAE, UMR ECOSYS, 22 Place de l'Agronomie, 91120 Palaiseau – contact-brc4env@inrae.fr

2 INRAE, UMR CBGP, 755 avenue du Campus Agropolis, 34988 Montferrier sur Lez Cedex

3 INRAE, UMR Agroécologie, 17 rue Sully, 21065 Dijon Cedex

4 INRAE, UE U3E, Pôle MIAME, 65 rue de Saint-Brieuc, 35042 Rennes Cedex

5 INRAE, UR Info&Sols, 2163 avenue de la Pomme de Pin, 45075 Orléans Cedex 2

6 INRAE, UMR ISA, 400 route des chappes, 06903 Sophia Antipolis Cedex

Le réseau de Centres de Ressources Biologiques BRC4Env (<https://www.brc4env.fr/>), collecte, caractérise, conserve et distribue des ressources biologiques (matériel biologique et données associées) agro-environnementales. Ces ressources sont ouvertes à la recherche fondamentale et appliquée mobilisant des ressources prélevées dans l'environnement, pour caractériser l'évolution de sa dynamique, ou pour proposer des solutions de biocontrôle ou de biostimulation. Ces ressources biologiques sont échantillonnées à partir d'écosystèmes naturels et cultivés.

BRC4Env regroupe aujourd'hui 4 centres de ressources biologiques (CRBs) labellisés par le GIS Ibisa et 2 CRBs candidats à la labellisation, répartis sur le territoire métropolitain. D'autres collections sont également candidates pour rejoindre le pilier.

-Le centre de ressources génétiques de sols GenoSol (Dijon) et le Conservatoire Européen des Echantillons de Sol (Orléans) conservent des ressources génétiques de sols (ADN) et des sols entiers, respectivement. Ces CRBs intervenant notamment dans des programmes nationaux de suivi des qualités abiotiques et biotiques des sols,

-La collection de parasitoïdes oophages EP-Coll (Sophia-Antipolis) maintient une collection vivante de trichogrammes pour des programmes de biocontrôle,

-La collection d'arthropodes continentaux CoArCol (Montferrier-sur-Lez) comprend des spécimens d'insectes et d'acariens collectés dans le monde entier depuis un siècle, conservés secs, en solution alcoolique ou sous forme d'ADN,

-La collection d'écailles et de tissus de poissons Colisa, répartie sur plusieurs sites (Rennes, Thonon les Bains, Saint-Péeesur-Nivelle), regroupe des ressources collectées par plusieurs unités de recherche, notamment dans le cadre de programmes d'observation des cours d'eau, en partenariat avec l'Office Français de la Biodiversité,

-La collection internationale de glomérormycètes IBG (Dijon) regroupe des cultures vivantes sur des plantes hôtes de champignons mycorrhiziens à arbuscules.

BRC4Env rend ces ressources biologiques disponibles pour les chercheurs du monde académique, mais aussi du secteur privé et de la société civile. Ces ressources biologiques sont mobilisables, en particulier, dans le cadre de projets de recherche en écotoxicologie et agroécologie. Quelques exemples sont présentés ci-dessous.

-Les extraits d'ADN des sols détenus par Genosol sont utilisés pour évaluer l'impact des activités humaines sur l'abondance, la diversité et la composition des communautés microbiennes et fongiques des sols.

-Les échantillons de sols du CEES sont mobilisés dans l'étude de la contamination chimique des sols français. Récemment le Projet Phytosol a permis une meilleure connaissance des teneurs des sols français en résidus de pesticides.

-Les écailles de poisson de Colisa peuvent être mobilisées pour le suivi non létal de la contamination chimique des eaux et pour la détermination de leur qualité. Les tissus de poissons sont utilisés par exemple pour développer des approches d'évaluation du statut écologique d'estuaires français.

-Les champignons endomycorhiziens à arbuscules sont mobilisés dans des études aux visées agroécologiques destinées à diminuer l'apport d'engrais phosphaté aux cultures et à améliorer la tolérance et la résilience des cultures à différents stress liés au changement climatique.

-Les spécimens de coléoptères contenus dans la Collection d'Arthropodes Continentaux sont utilisés dans un programme national comme référence taxonomique pour (i) aider à la création de bibliothèques de barcodes moléculaires et mettre à point un protocole de métabarcoding pour identifier les coléoptères des paysages agricoles, afin de faciliter les futurs efforts de surveillance; (ii) étudier les effets potentiels des pratiques agricoles sur la diversité des plantes et des coléoptères et (iii) caractériser les liens entre la diversité des plantes et des coléoptères, y compris des liens trophiques.

BRC4Env (<https://doi.org/10.15454/TRBJTB>) est un des piliers constitutifs de l'Infrastructure de Recherche nationale « Ressources Agronomiques pour la recherche », AgroBRC-RARe (<https://www.agrobrc-rare.org/>), co-portée par INRAE, l'IRD et le CIRAD. BRC4Env est également associé à des plateformes analytiques pour la caractérisation des ressources (Biochem-Env, Genosol...), et est en relation avec l'Infrastructure « Analyse et Expérimentation sur les Ecosystèmes » (AnaEE-France, <https://www.anaee-france.fr/>) pour l'accès aux écosystèmes.

Références

Mougin C., Artige E., Marchand F., Mondy S., Ratié C., Sellier N., Castagnone-Sereno F., Cœur D'Acier A., Esmenjaud D., Faivre-Primot C., Granjon L., Hamelet V., Lange F., Pagès S., Rimet F., Ris N., Sallé G., 2018. BRC4Env, a network of Biological Resource Centres for research in environmental and agricultural sciences. *Environmental Science and Pollution Research* 25 (34), 33849–33857. DOI: 10.1007/s11356-018-1973-7

Innovations dans le domaine des Ressources Agronomiques pour la Recherche. 2022. Numéro spécial de la revue Nov'ae <https://www6.inrae.fr/novae/Zoom-sur/Ressources-Agronomiques> (consulté le 16 juin 2023).

Posters

AnaEE : une infrastructure de recherche intégrative au service de l'écotoxicologie

L. Denaix¹, A. Clavreul², J.-F. Le Galliard³

1 UMR ISPA, INRAE Bordeaux Science Agro, Centre Nouvelle Aquitaine Bordeaux, Villenave d'Ornon

2 CNRS, 1 Chemin du Rioux, Campus de Baillarguet, 34980 Montferrier-sur-Lez

3 CNRS - UMS 3194, CEREEP-Ecotron IleDeFrance Ecole Normale Supérieure - PSL Research University, St-Pierre-lès-Nemours

AnaEE (Analyses et Expérimentations sur les Ecosystèmes continentaux) est une infrastructure de recherche nationale d'Analyse et d'Expérimentation pour comprendre, prédire et gérer le fonctionnement des écosystèmes continentaux. Elle offre à la communauté scientifique, aux entreprises et aux organisations issues de la société civile un accès à l'étude des écosystèmes terrestres et aquatiques au travers de plateformes expérimentales et analytiques distribuées sur le territoire national métropolitain et ultra-marin.

Elle comprend 31 plateformes pour manipuler les écosystèmes ainsi que 6 services analytiques, dont des laboratoires mobiles, dans les domaines de l'étude des flux, de la biochimie environnementale ou de la génomique et des outils centralisés pour la gestion et le partage des données.

L'infrastructure AnaEE propose un ensemble d'outils expérimentaux particulièrement adaptés à l'étude de l'écodynamique et des effets des contaminants sur les organismes vivants, à différentes échelles d'organisation au travers de :

- 2 Ecotrons
- 8 dispositifs de mésocosmes en conditions contrôlées ou semi-contrôlées,
- 21 sites in natura sur des écosystèmes contrastés (prairies, agrosystèmes, forêts), en climat tempéré, méditerranéen ou tropical.

Les écotrons sont particulièrement adaptés pour étudier les effets de la contamination sous l'impact des changements globaux en contrôlant précisément les paramètres climatiques et physiques.

Des mésocosmes aquatiques en aquarium, bassins ou fluvarium de tailles variables, des mares ou rivière artificielle peuvent accueillir des biofilms, plantes, invertébrés ou vertébrés aquatiques. Certains dispositifs permettent la contamination de l'eau ou de la nourriture, d'autres dispositifs sont prévus pour étudier le comportement d'organismes préalablement contaminés.

Des mésocosmes terrestres, notamment des lysimètres, permettent des expérimentations sur les sols pollués, en milieu tempéré ou en milieu alpin (Percolatron): transfert des contaminants dans les sols et effet sur les organismes microbiens, végétaux ou animaux. D'autres mésocosmes sont plus dédiés à l'étude des comportements des organismes terrestres ayant subi une contamination préalable et à leurs interactions.

21 sites expérimentaux in natura suivis depuis plus d'une dizaine d'années comprennent :

- Des sites forestiers sous différents climats (tropical, tempéré, méditerranéen) et sous différents modes de gestion, avec des dispositifs d'exclusion de pluie ou d'irrigation, de labour, de mélanges d'espèces.
- Des agrosystèmes qui analysent l'effet des rotations, du labour, du pâturage ou de l'apport de produits résiduels organiques.
- Des prairies de nature variable (naturelle alpine, permanente pâturée ou temporaire).

Ces sites peuvent accueillir des organismes engagés, fournir des échantillons de sol, végétaux ou solution de sol pour certains. Ces sites sont particulièrement adaptés pour analyser la contamination diffuse atmosphérique ou agricole (intrants, PRO, médicaments vétérinaires). Les données de suivi sont rassemblées dans des systèmes d'information et permettent de reconstituer les chroniques temporelles

AnaEE est sous la tutelle du CNRS, d'INRAE, du CIRAD, de l'ENS, de l'Université Grenoble Alpes et de l'Université de Rennes. Elle bénéficie de financement de l'ANR et de l'Allenvi.

<https://www.anaee-france.fr/>

La Rochelle 13-14 15 novembre 2023

La fondation EVERTEA en 2023 : un rôle pivot dans le soutien de la recherche et des réseaux en écotoxicologie et toxicologie environnementale

D. Beaudiffier

Fondation evertéa (ex. Fondation Rovaltain), 3 rue Henry Chalamet, 26000 VALENCE
contact : d.baudiffier@fcsrovaltain.org

Depuis 10 ans, la Fondation evertéa (ex. Fondation pour la recherche en environnement Rovaltain) (1) est ancrée dans le paysage de la recherche en écotoxicologie et toxicologie environnementale. Atout majeur pour les équipes et les réseaux de recherche qu'elle soutient et accompagne, elle participe également au transfert de connaissances vers le grand public, notamment sur des thématiques en lien avec le changement climatique, la pollution, et le concept de Santé Unique.

Le soutien de la recherche se traduit par le financement de projets dans le cadre d'un Appel à Projets (AAP) annuel. A ce jour, la Fondation Rovaltain a contribué au financement de 19 projets de recherche, aussi bien en écotoxicologie qu'en toxicologie, avec des thématiques variées, de l'étude des "Effets des polluants sur la santé humaine" à "Influence du changement climatique sur l'écotoxicologie et les méthodologies de terrain associées". A titre d'exemple, cette année, se finalisent 3 projets financés en 2021 sur le changement climatique et l'écotoxicologie. L'un d'entre eux a par exemple pour but d'évaluer les effets combinés du changement climatique et des microplastiques sur un bivalve marin. En 2023, un nouvel AAP a été lancé sur la mise en place de stratégies pour réduire les contaminants et leurs effets sur la chaîne alimentaire : des écosystèmes à l'homme. Cet AAP s'adresse donc à la fois aux toxicologues et aux écotoxicologues, illustrant la volonté de la Fondation de faire des liens entre les différentes communautés et renforçant ainsi un de ses principes éthiques majeurs : préserver la santé humaine et environnementale en s'appuyant sur la recherche scientifique.

Le soutien de la recherche s'exprime également par l'organisation de workshops (par exemple sur les Adverse Outcome Pathways) et la co-organisation de congrès, tout en maintenant notre volonté de faire des liens entre les différentes disciplines, de l'écotoxicologie à la toxicologie, en passant par les sciences participatives. Ainsi, en 2022, la Fondation evertéa a co-organisé un congrès avec la Société Francophone en Santé et Environnement (SFSE) : "Expositions précoces aux facteurs environnementaux : comprendre les impacts et agir sur les écosystèmes et la santé humaine". Cet événement a été l'occasion de partager et faire travailler ensemble des toxicologues et des écotoxicologues sur le concept de Santé Unique (2).

Nous souhaitons désormais nous appuyer sur notre expérience et ces dynamiques récentes pour travailler avec de nouvelles équipes de recherche et créer des ponts entre l'écotoxicologie et d'autres champs disciplinaires connexes, afin de continuer à promouvoir et transmettre la recherche en santé-environnement. Nous sommes également à l'écoute des besoins des équipes de recherche pour l'organisation de workshops et de séminaires. De la même manière, nous sommes ouverts pour participer, en tant que partenaire, à vos projets de recherche, que ce soit sur le volet de la coordination ou de la communication.

Mots clés : Fondation evertéa (ex. Fondation Rovaltain), écotoxicologie, santé humaine et animale, environnement, changement climatique, AAP, congrès, sciences participatives, partenariat, Santé Unique

Remerciements : La Fondation Evertéa remercie le réseau ECOTOX pour son accueil au colloque tri-annuel à La Rochelle.

Références

- (1) Site web de la Fondation evertéa (ex. Fondation Rovaltain) : <https://fcsrovaltain.org/>
(2) <https://www.sfse.org/congres/presentation/null>

EcotoxicoMic, le réseau international d'Ecotoxicologie microbienne

Stéphane Pesce¹, Jennifer Hellal², Marina Hery³, Aurélie Cébron⁴ et Fabrice Martin-Laurent⁵

¹INRAE, UR RiverLy, Villeurbanne, France ; stephane.pesce@inrae.fr

²BRGM, F-45071, Orléans, France j.hellal@brgm.fr

³HydroSciences Montpellier, Univ. Montpellier, CNRS, IRD, Montpellier, France marina.hery@umontpellier.fr

⁴Université de Lorraine, CNRS, LIEC, 54000 Nancy, France ; aurelie.cebron@univ-lorraine.fr

⁵Institut Agro Dijon, INRAE, Université de Bourgogne, Université de Bourgogne Franche-Comté, Agroécologie, 21065 Dijon, France; fabrice.martin@inrae.fr

L'idée de créer le réseau d'Ecotoxicologie Microbienne est issue d'une table ronde organisée au colloque Ecotox organisé au château des Ravatys à Saint-Lager en 2011. Deux années plus tard, sous l'impulsion de Stéphane Pesce (Irstea) et Fabrice Martin-Laurent (INRA), le réseau francophone d'écologie microbienne est né en 2013 à la suite d'une réunion de brainstorming en mode participatif organisé réunissant une trentaine de chercheurs. Après quelques années d'existence, le réseau d'écotoxicologie microbienne est devenu un réseau thématique pluridisciplinaire (RTP) de l'INEE et l'INSU du CNRS (2015-2018), période durant laquelle l'adossement à la fondation de coopération scientifique Rovaltain, devenu récemment Evertéa a été acté. A la fin de cette période, et fort de la dynamique insufflée par l'organisation en 2017 du premier colloque international EcotoxicoMic à Lyon, le réseau d'Ecotoxicologie Microbienne a décidé de poursuivre sa route à l'international (<https://ecotoxicomic.org/>). Aujourd'hui ce réseau international rassemble environ 250 membres inscrits provenant d'une cinquantaine de pays différents qui s'intéressent aux problématiques liées à l'écotoxicologie microbienne (Hellal et al., 2023). La dimension internationale du réseau continue de s'amplifier avec l'organisation du 4^{ème} congrès international d'Ecotoxicologie Microbienne (EcotoxicoMic 2024) à Göteborg (Suède) du 12 au Novembre 2024 (<https://ecotoxicomic24.sciencesconf.org/>).

Hellal et al. (2023) Unlocking secrets of microbial ecotoxicology: recent achievements and future challenges. FEMS Microbiology Ecology, 2023, 97, 1–21. DOI: 10.1093/femsec/fiad102

Session 3 - L'adaptation des organismes : effets écotoxicologiques à long terme (trans- et multigénérationnels) et adaptation des populations et communautés naturelles (multi-stress, microévolution, approches multi-risques)

Conférence invitée 2 : Changes in the biological structure and functioning of aquatic systems with respect to climate and global changes

Conférencière invitée : Anna Freixa

Chercheure Post-doctorale à l'Institut Català de Recerca de l'Aigua ICRA /Catalan Institute for Water Research ICRA – Girona (Spain)

afreixa@icra.cat>

This presentation explores the functioning and composition of stream biofilms impacted by global climate change and pollution-related stressors. Biofilms play a crucial role in responding to environmental changes, retaining nutrients and contaminants, and degrading organic substances. The increasing frequency and duration of extreme climatic events and human-driven stressors, heighten the impacts on microbial freshwater communities. Our research delves into the effects of an array of contaminants, encompassing organic substances, metals, and nanoparticles on river biofilms. Additionally, we will examine the effects of wastewater treatment plants effluents on the overall functioning of river ecosystems. Finally, I will present upcoming research on the evaluation of multiple stressors, including the intricate interplay between pollutants and climate change-related stressors affecting functioning and biodiversity of rivers ecosystems.



Anna Freixa is a postdoctoral researcher at the Catalan Institute for Water Research (ICRA) in Girona. Her research is focused on the study of river microbial ecology, with a specific focus on investigating the impacts of climate change and the chemical contaminants (nanoparticles and micro-contaminants) on microbial communities. She is particularly concerned about the ecotoxicology of river biofilms with emphasis on understanding how global climate change, notably warming and hydrological changes, affects Mediterranean river ecosystems.

Présentations

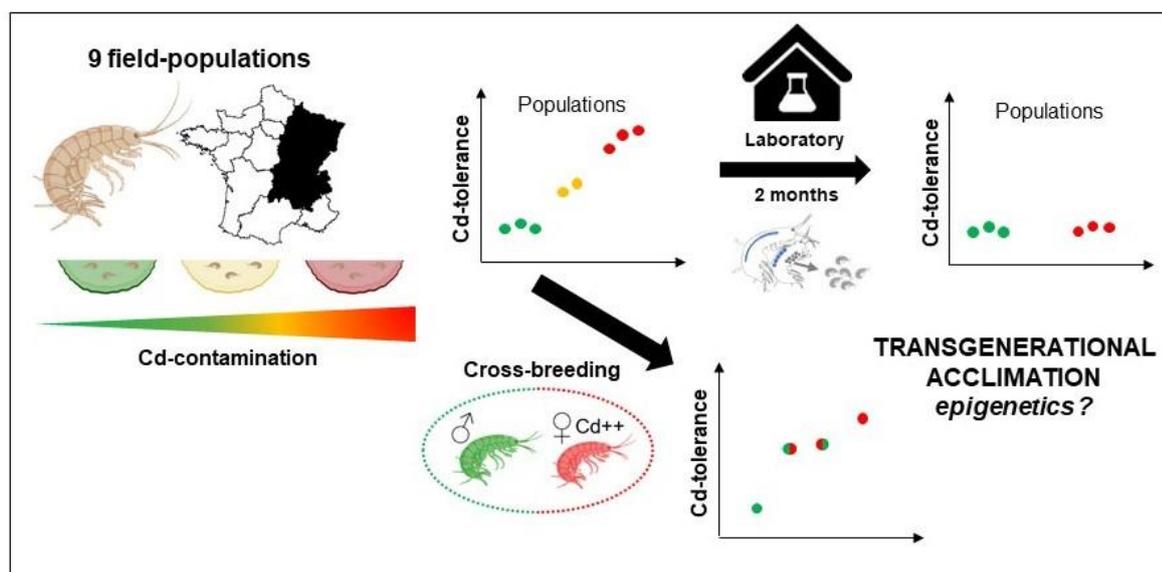
Acclimatation et plasticité transgénérationnelle expliquent la tolérance au cadmium de populations de *Gammarus fossarum* de cours d'eaux naturellement contaminés par les métaux

A. Chaumot*, A. Lalouette, L. Garnero, L. Dherret, A. Dabrin, N. Delorme, R. Recoura-Massaquant, O. Geffard, D. Degli Esposti

INRAE, UR RiverLy, 5 rue de La Doua, F-69625 Villeurbanne Cedex, France

*arnaud.chaumot@inrae.fr

La compréhension des impacts de la contamination chimique sur la biodiversité souffre de la méconnaissance des processus évolutifs potentiellement induits par les contaminants. Les preuves « terrain » que l'exposition multigénérationnelle influence la sensibilité des organismes sont encore rares, et la question de savoir si de tels phénomènes émergent par le biais de processus d'adaptation génétique et/ou d'acclimatation n'est pas encore bien appréhendée chez les espèces non-cibles. Cette étude se concentre sur le crustacé *Gammarus fossarum*, pour lequel nous avons précédemment décrit une tolérance non-génétique au cadmium dans une population de tête de cours d'eau naturellement contaminée. La mobilisation des données de surveillance des Agences de l'eau d'un nouveau type nous a récemment permis d'identifier de nouvelles populations de gammars exposées dans ces mêmes contextes. Nos objectifs étaient d'étudier si la tolérance cadmique est un phénomène courant dans ces populations et d'élucider la nature de la tolérance. Nous avons procédé à une caractérisation in situ approfondie de la contamination cadmique biodisponible (caging) et des niveaux de tolérance de 9 populations du Centre-Est. Ces niveaux de tolérance sont corrélés avec les niveaux d'exposition et s'accompagnent de modifications des traits d'histoire de vie. La tolérance est transmissible à la descendance et peut être perdue transitoirement au cours de l'année. Les organismes transférés en eau propre redeviennent sensibles au bout de 2 mois et cessent de produire des descendants tolérants. Ces résultats confirment que la tolérance cadmique correspond à une acclimatation-non génétique combinée à un phénomène de plasticité transgénérationnelle. Des croisements de populations ont révélé que la transmission de la tolérance ne se limite pas à un effet maternel suggérant un support épigénétique de la tolérance. Nos résultats soulignent le rôle négligé de la plasticité de la sensibilité et de sa transmission non-génétique au sein des populations exposées à la contamination environnementale.



Experimental exposure to environmentally relevant metal contamination levels affects gut microbiota composition in wild fish populations (*Gobio occitaniae*).

Q. Petitjean^{1,2*}, M. Granada², S. Jean^{1,3}, S. Manzi, C. Veyssière², A. Perrault¹, M. Cousseau¹, P. Laffaille¹, J.White^{2,§}, L. Jacquin^{2,3,4,§}

§ These authors contributed equally to this work (co-senior authors)

¹ Laboratoire Ecologie Fonctionnelle et Environnement, UMR5245 LEFE, Université de Toulouse, UT3, CNRS, INP-ENSAT, Auzeville-Tolosane, France.

² Laboratoire Evolution et Diversité Biologique, UMR5174 EDB, Université de Toulouse, UT3, CNRS, IRD, Toulouse, France.

³ Long-Term Socio-Ecological Research platform LTSER France, Zone Atelier PYGAR « Pyrénées- Garonne », Auzeville-Tolosane, France

⁴ Institut Universitaire de France

* Corresponding author: Quentin PETITJEAN, E-mail address: <mailto:q.petitjean1@gmail.com>; quentin.petitjean@toulouse-inp.fr

In the wild, freshwater fish face multiple abiotic (e.g., contaminants) and biotic (e.g., pathogens) stressors that can interact and affect fish health in unforeseen ways. Accordingly, a growing body of evidence suggests that gut microbiota might be a potent mediator of organisms' physiological and behavioral responses and, hence, of organisms' fate in the wild. Although multiple stressors are suspected to alter gut microbiota communities in various organisms, their combined effects are still overlooked. Here, we are investigating the single and interactive effects of a realistic mixture of trace metal elements (i.e., Cd, Cu, Zn) and an immune challenge mimicking a parasite attack on the gut microbiome community among several wild freshwater fish populations (*Gobio occitaniae*).

Our findings reveal that the bacterial community within the fish gut primarily responded to contaminant exposure, with no interaction with the immune challenge, the secondary stressors. Interestingly, we did not find variability of responses among populations, suggesting a consistent impact of contaminants irrespective of the fish population's past exposure histories. While further studies are needed to better understand the gut microbiome's exact role in modulating fish responses to environmental stressors, our results suggest that the gut microbiome plays a pivotal role in responding to environmental contaminants.

Did decades of glyphosate use have selected for resistant amphibians in agricultural habitats?

S. Tartu^{1,2}, M. Renoirt¹, M. Cheron¹, L.-L. Gisselmann¹, S Catoire¹, N Pollet³, F Brischoux¹

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

2 Laboratoire de génétique de la conservation. Institut de Botanique (Bât. B22), Quartier Vallée 1. Chemin de la vallée 4, 4000 Liège (Sart Tilman), Belgique

3 Université Paris-Saclay, CNRS, IRD, Evolution Génomes Comportement et Ecologie, Institut Diversité Ecologie et Evolution du Vivant, 12 route 128, 91190 Gif-sur-Yvette, France

Glyphosate-based herbicides are used worldwide, and glyphosate's primary metabolite (aminomethylphosphonic acid: AMPA), is globally retrieved in surface waters. AMPA induces various adverse effects on aquatic wildlife, including mortality, which suggests that glyphosate exposure may have selected for AMPA-resistant individuals. We tested this hypothesis using spined toads (*Bufo spinosus*), an amphibian found in a variety of habitats, from AMPA-exposed agricultural lands to AMPA-free forested areas. We predicted that the offspring of individuals originating from agricultural habitats would develop AMPA-resistance - and be less prone to develop adverse effects from- AMPA exposure. To investigate this question, we performed a common garden brood-rearing experiment. The embryos and larvae of 40 spined toad pairs captured in agricultural and forest ponds were exposed either to an environmental relevant concentration of AMPA (0.4 µg L⁻¹) or to control conditions (n=8160 embryos, n=240 tadpoles). We monitored development durations, developmental abnormalities, and morphology across key developmental stages. Although we observed significant effects of AMPA on fitness parameters in each group, these effects were not exacerbated in individuals from AMPA-free habitats. We suggest that temporal and/or spatial dynamics of contamination, as well as gene flow between exposed and preserved populations, may hinder adaptive divergence between populations. Yet, we show strong adverse effects of AMPA exposure at early developmental stages. AMPA could therefore be one of the numerous causes of declining wild amphibian populations.

Posters

Changement de la composition en acides gras et des activités enzymatiques chez *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) exposé au cadmium durant la phase de repos

I. Merad¹, S. Bellenger², A. Hichami³, N. Akhtar Khan³, N. Soltani

1 Laboratoire de Biologie Animale Appliquée, Faculté des Sciences, Département de Biologie, Université Badji Mokhtar, 23000-Annaba, Algeria.

2 INSERM UMR 1231, Equipe – Physiologie de Nutrition & Toxicologie (NUTox), Université Bourgogne – Franche Comté (UBFC), UFR SVTE, 6 Boulevard Gabriel, 21000 Dijon, France.

3 INSERM UMR 1231, Equipe – Lipoproteins and lipid transfers in sterile and septic inflammation (LIPNESS), Université Bourgogne Franche Comté (UBFC), UFR SVTE, 6 Boulevard Gabriel, 21000 Dijon, France.

Résumé

Donax trunculus est le bivalve le plus consommé dans le nord-est de l'Algérie en raison de sa valeur nutritionnelle. Par conséquent, le but de la présente étude était de déterminer les effets du cadmium (Cd), un métal toxique connu, sur les altérations de la composition en acides gras (AG) et des activités enzymatiques (**les désaturases et les enzymes de type élongase**) chez *D. trunculus* pendant la phase de repos sexuel en automne (après le frai). Les échantillons ont été collectés à El Battah, une côte relativement propre, et élevés en laboratoire. Les paramètres physico-chimiques tels que la température, le pH, la salinité et l'oxygène dissous ont été mesurés. Les bivalves ont été exposées à deux concentrations sublétales du Cd (LC₁₀ et LC_{25-96h}) pendant 4 jours.

En général, les résultats de cette étude montrent que le Cd a altéré de manière significative les niveaux d'AG et les activités enzymatiques. Les acides gras oméga-3 essentiels, à savoir l'acide eicosapentaénoïque (EPA ; C20:5n-3) et l'acide docosahexaénoïque (DHA ; C22:6n-3) sont les deux acides gras les plus affectés avec un pourcentage de diminution de 47% . Les résultats obtenus ont souligné l'importance d'évaluer le profil des AG chez les bivalves contaminés par les métaux lourds.

Mots-clés : Bivalve, Cadmium, Acides gras, Enzyme, EPA, DHA.

Diagnostic écotoxicologique de la Tortue verte immature en Martinique et lien avec la fibropapillomatose

S.M. Dupont^{1,2}, P. Bustamante², J. Fort², A. Gaffard³, G. Le Loc'h⁴, P. Lelong¹, S. Mallet^{1,2}, M. Millet⁵, K. Monceau³, J. Moreau^{3,6}, D. Chevallier^{1,#}, M. Giraudeau^{2,#}

1 BOREA, MNHN, CNRS 8067, SU, IRD 207, UCN, UA, 97233 Schoelcher Martinique, France;

2 LIENSs, UMR 7266 CNRS-La Rochelle Université, 2 Rue Olympe de Gouges, 17000 La Rochelle, France;

3 Centre d'Etudes Biologiques de Chizé, UMR 7372, CNRS & La Rochelle Université, 79360, Villiers-en-Bois, France;

4 IHAP, ENVT, INRAE, Université de Toulouse, 31076 Toulouse, France;

5 Université de Strasbourg, CNRS-UMR 7515, ICPEES, 67087 Strasbourg cedex 2, France;

6 Équipe Écologie Évolutive, UMR CNRS 6282 Biogéosciences, Université Bourgogne Franche-Comté, Dijon, France;

Ces deux auteurs ont contribué à parts égales à ces travaux de recherche

La Martinique est une zone de croissance privilégiée pour la Tortue verte. En effet, plusieurs centaines d'individus immatures y séjournent pendant 10 à 15 ans avant d'émigrer vers leurs zones de reproduction. De façon préoccupante, un nombre croissant d'individus affectés par la fibropapillomatose, une maladie tumorale transmissible, y est recensé. Dans d'autres régions du globe, les tortues les plus fréquemment et sévèrement touchées par cette maladie ont été observées dans des milieux pollués. Toutefois, aucune donnée écotoxicologique n'est disponible à ce jour pour les tortues martiniquaises et de fait, un tel lien entre contamination et fibropapillomatose n'a pu y être établi.

Dans cette étude, nous avons donc réalisé un diagnostic écotoxicologique à la recherche de 108 contaminants organiques, via l'analyse du plasma de 77 tortues (atteintes ou non par la fibropapillomatose), capturées en 2022 ou 2023, dans deux baies présentant une prévalence contrastée pour la maladie. L'échantillonnage d'individus occupant différentes baies de l'île et sur plusieurs années nous apporte des informations sur la nature et le niveau de contamination de ces écosystèmes, ainsi que sur leur variabilité spatio-temporelle. Par ailleurs, l'estimation de l'état de santé des tortues, via notamment la prévalence et sévérité de la fibropapillomatose et des paramètres sanguins caractéristiques, nous permet d'appréhender l'effet des contaminants détectés.

Les résultats obtenus montrent que la contamination des tortues diffère entre les deux années échantillonnées, que ce soit en termes de nombre, de type ou de niveau de pollution. En revanche, cette contamination est homogène entre les deux baies d'intérêt, pour chaque année considérée séparément.

Un polluant en particulier a retenu notre attention au vu du contexte géographique/sociétal, de sa quantification pour un nombre non-négligeable d'individus dans notre échantillon et des doses relevées pouvant s'avérer préoccupante. Il s'agit de la chlordécone, insecticide largement utilisé jusque dans les années 1990 dans les bananeraies martiniquaises, avant son interdiction stricte du fait de son caractère carcinogène. Du fait d'une taille d'échantillon limitée, notre étude n'a pas mis en évidence de lien entre son niveau de contamination et la fibropapillomatose. Les analyses permettant de caractériser le niveau de défenses immunitaires des individus sont en cours de réalisation et nous permettront de poursuivre l'exploration d'un effet de la chlordécone sur les tortues vertes de Martinique.

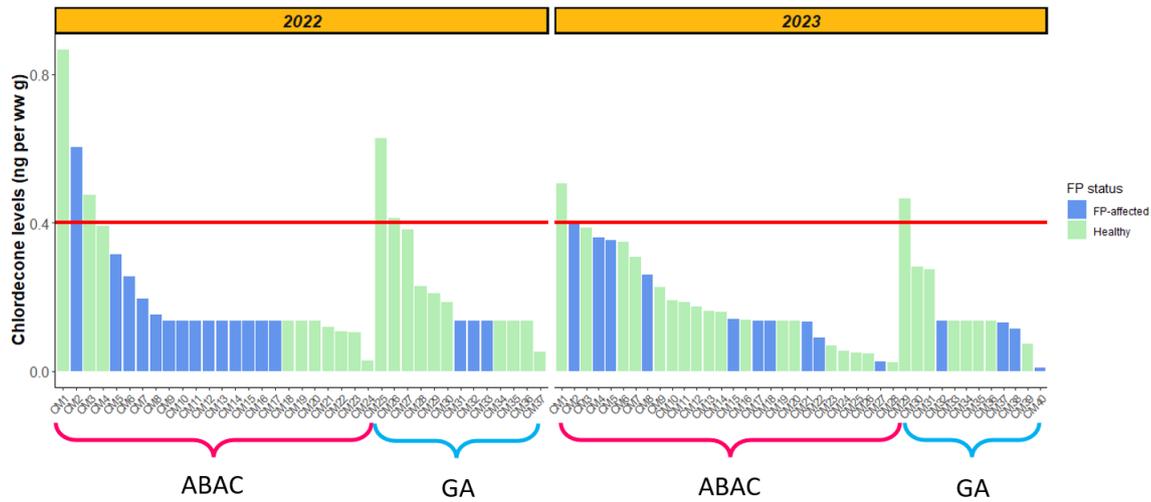


Figure : Niveau de contamination relevé dans les 77 tortues échantillonnées dans le cadre du diagnostic écotoxicologique réalisé dans deux baies martiniquaises (ABAC et GA) en 2022 (à gauche) et 2023 (à droite) respectivement. Les individus présentant des tumeurs externes, caractéristiques de la fibropapillomatose sont représentés en bleu ; Les individus cliniquement sains sont en vert. La ligne horizontale rouge représente la concentration définie comme valeur toxicologique de référence chronique interne (VTR) chez l'Homme par l'ANSES (0,4 ng/g).

Estimer l'intensité de la sélection à partir des données écotoxicologiques : défis et perspectives

R. Royauté^{1*}, R. Beaudouin², B. Goussen³

1 INRAE UMR EcoSys, 22 Place de l'agronomie 91120 Palaiseau

2 INERIS UMR SEBIO, Experimental Toxicology and Modeling Unit, INERIS, UMR-I 02 SEBIO, Verneuil en Halate, 65550, France

3 IBACON, Arheilger Weg 17, D-64380 Rossdorf, Germany

*contact : raphael.royaute@inrae.fr

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 pour mieux prédire l'effets des expositions sur la dynamique des populations et les services écosystémiques. 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). A partir des données existantes produites pour une étude d'adaptation à l'Uranium sur *C. elegans* sur 16 générations, nous avons exploré comment les résultats de tests écotoxicologiques peuvent permettre d'estimer ces effets évolutifs. Nos résultats mettent en évidence que la concentration d'exposition peut modifier à la fois la forme et l'intensité de la sélection selon le phénotype considéré. Ainsi, à faible dose, la sélection directionnelle prédomine pour tous les traits considérés. Aux doses les plus élevées, la sélection favorise des individus de tailles intermédiaires mais des effets disruptifs sont observés sur le taux de croissance. Les effets de la sélection corrélée sont en revanche particulièrement difficiles à estimer. L'apport d'approches basés sur la théorie de distribution d'énergie (modèles DEB-TKTD) offre des pistes intéressantes pour compenser ces difficultés. Ces modèles permettent de prédire la croissance et la reproduction des individus en fonction de l'exposition aux contaminants et des fluctuations de températures, les rendant intéressant pour l'étude de l'adaptation des organismes aux changements climatiques. Des extensions sont cependant nécessaires pour permettre de prédire la sélection en fonction du mode d'action des contaminants. Nous concluons en proposant des perspectives pour mieux intégrer les effets évolutifs dans la modélisation des effets écotoxicologiques.

Phenotypic and genetic differentiation between populations of *Cardamine resedifolia* in response of mining pollution in the Alps.

M.S. Deville-Cavellin¹, S. Campillo², F. Laporte¹, F.C. Boucher¹, S. Guedron², M. Rossi³, M. Raveton¹

1 Laboratoire d'Écologie Alpine, UMR CNRS-UGA-USMB 5553, Université Grenoble Alpes, BP 53, 38041 Grenoble Cedex 9

2 ISTERre, UGA, OSUG-C, 1381 rue de la Piscine, Domaine Universitaire, 38400 Saint Martin d'Hères

3 Laboratoire EDYTEM - Université Savoie Mont-Blanc, Bât. Pôle Montagne, Campus Scientifique de Technolac

In the French Alps, mining activities have been an integral part of the development of human societies for hundreds of years. These mines have now been abandoned, leaving highly localized areas that are still heavily enriched in various persistent contaminants such as Trace Metal Elements (TMEs) and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs). The impact of such environmental changes (ecological alteration, pollution) on living organisms in wild populations is poorly understood.

In this study, the impacts of mining waste are assessed on plant cover. It is well-known that the cocktail of TMEs and PAHs cause phytotoxic effects, which are still visible on mining sites, with a reduction in plant diversity and cover. However, some plants, such as *Cardamine resedifolia* L. (Brassicaceae), a hypertolerant and hyperaccumulative plant, are able to tolerate this pollutant pressure for generations.

Measurements of TMEs and PAHs in the root and shoot tissues of *C. resedifolia* metallicolous populations growing on waste from six former mines of the French Alps (M) and in neighbouring areas free of mining waste a few dozen meters away (non-metallicolous; NM) showed that plant tissue contamination correlated positively with soil contamination. Measurements were taken to identify the ecophysiological effects of this tissue contamination on these populations. Initial results showed a different phenotype between N and NM populations, reflecting phytotoxic effects on exposed populations, notably through resource allocation and acquisition strategies, but also on photosynthesis.

The origin of these phenotypic differences, which may be linked to phenotypic plasticity or genetic adaptation, was investigated using population genomics. The strong genetic differentiation between N and neighbouring NM populations that we measured, as well as the identification of genomic regions potentially under selection in connection with contamination detoxification mechanisms, support a hypothesis of parallel local adaptation of *C. resedifolia* populations growing on mining waste occurring on exceptionally fine spatial and temporal scales.

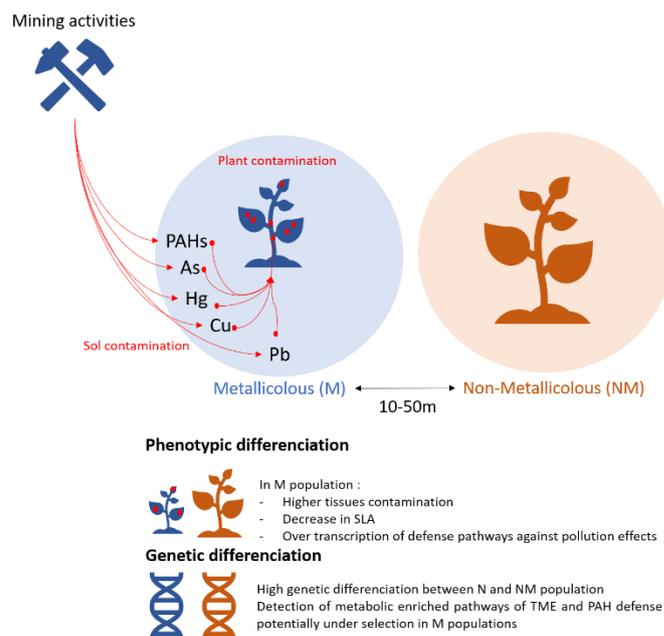


Figure 1: Phenotypic and genetic responses of the exposition of *Cardamine resedifolia* to mining pollution in the french Alps

Production de cultures vivrières et fourragère biofortifiées et résistantes au climat sur des sols marginaux et contaminés

M. Mench¹, E. Loit², I. Keres², V. Povilaitis³, F. Rineau⁴, B. Rutkowska⁵, P. Schröder⁶, K. Tiideberg², W. Szulc⁵, R. Zydalis³

1 INRAE, BIOGECO, University of Bordeaux, Pessac, France

2 Estonian University of Life Sciences, Crops Science and Plant Biology, Tartu, Estonia Evelin.Loit@emu.ee, indrek.keres@emu.ee, kristjan.tiideberg@emu.ee

3 Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry, Kedainiai distr., Lithuania virmantas.povilaitis@lammc.lt, Renaldas.Zydalis@lammc.lt

4 Universiteit Hasselt, Environmental Biology, Hasselt, Belgium Francois.Rineau@Uhasselt.Be

5 Warsaw University of Life Sciences, Warsaw, Poland wieslaw.szulc@sggw.edu.pl, beata_rutkowska@sggw.edu.pl

6 Helmholtz Zentrum München, Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (GmbH), Neuherberg, Germany peter.schroeder@helmholtz-muenchen.de

Corresponding author: michel.mench@inrae.fr

Selon le Green Deal de l'UE, l'utilisation future des terres doit englober la production et l'utilisation efficaces de la biomasse pour améliorer les résultats économiques, environnementaux et sociaux, notamment pour les sols infertiles et contaminés considérés jusqu'à présent comme marginaux. Une autre frontière consiste à fournir des denrées alimentaires et des fourrages de haute qualité afin d'augmenter la densité des nutriments (e.g. Se, I, etc.) des produits végétaux de base, dans un contexte de changement climatique.

Pour lutter contre la baisse de productivité des sols arables, les risques indirects liés au changement d'affectation des terres et les changements climatiques progressifs, le projet BioFoodonMars a développé des pratiques pour augmenter la quantité et la qualité des cultures destinées à l'alimentation humaine et animale en Europe en utilisant des stratégies pour (1) la croissance durable de la production végétale et l'augmentation de la résistance au changement climatique des agroécosystèmes et (2) la remédiation des sols contaminés. Les rendements des cultures et les possibilités de valorisation ont été évalués pour divers sols marginaux et conditions régionales en Europe en utilisant des biofertilisants, des amendements au sol, une fertilisation foliaire (Si, Se/I) et des changements de gestion (soutenus par la télédétection et la numérisation).

Des essais au champ ont été menés en 2021 et 2022 avec de l'orge de printemps en Estonie, Lituanie, Pologne et Allemagne sur des sols dégradés / non fertiles, et de l'orge d'hiver et des prairies sur des sols contaminés en France. Les traitements comprenaient divers régimes de nutriments (fertilisation minérale et organique) et des traitements foliaires (Si, Se/I, Si+Se/I). L'orge a aussi été cultivée dans un écotron en Belgique avec des conditions climatiques futures (2070) simulées. Le compost combiné aux traitements NPK a le plus souvent amélioré le rendement en grains. Les traitements foliaires au Se ont en général augmenté les concentrations de Se dans les parties aériennes et les grains et réduit l'exposition aux excès de Cu, Zn et Cd. Les traitements foliaires au Si et Se ont augmenté les phytolithes dans les grains et la paille, et donc la séquestration du carbone (jusqu'à 50 kg/ha d'équivalent CO₂) ; un amendement au Si dans le sol a permis de séquestrer jusqu'à 0,3 t C/ha dans le climat de 2070. Les granulés de compost et le Si ont augmenté la biomasse des racines et modifié leur architecture. L'incorporation de compost a induit des changements dans le microbiote du sol. Le traitement foliaire au Si a induit des changements dans le transcriptome des parties aériennes.

Les résultats ont fourni des informations aux agriculteurs cultivant des sols marginaux et aux gestionnaires de sols contaminés sur la manière d'augmenter la résistance au stress des cultures et de produire des cultures biofortifiées sur ces sols marginaux.

L'étude a été financée par le projet BioFoodonMars (<https://biofoodonmars.com/>) dans le cadre de l'ERA-NET FACCE SURPLUS Cofund 3rd call. L'UMR BIOGECO est membre de l'action COST 19116 PlantMetals (<https://plantmetals.eu/plantmetals-home.html>) et du réseau INRAE Ecotox <https://ecotox.hub.inrae.fr/>. La Ville de Bordeaux (Bordeaux Métropole) et Lyonnet SA ont donné accès aux sites français.

Session 4 - Que nous apprennent les résultats issus de données acquises en milieu naturel ?

Présentations

Application d'une technique de dosage de pesticides multiclassés par LC-MS/MS dans les cheveux de volontaires

E. Brillard¹, C. Larrue¹, S. Gaba^{2,3}, A. Dupuis¹, S. Lefevre¹

1 Université de Poitiers, CHU Poitiers, CNRS 7267 EBI, INSERM CIC 1402, F-86000, Poitiers, France; Pôle Biologie - Pharmacie, Santé Publique, CHU de Poitiers, 2 Rue de la Milétrie, 86021, Poitiers Cedex, France.

sandrine.lefeuvre@chu-poitiers.fr.

2 Centre d'Études Biologiques de Chizé, USC 1339 CNRS INRAE La Rochelle University, F-79360 Villiers en Bois, France

3 LTSER « Zone Atelier Plaine & Val de Sèvre », F-79360 Villiers-en-Bois, France

Les pesticides ont des effets néfastes sur la santé humaine, allant de la toxicité cutanée à la neurotoxicité d'où l'intérêt de développer une approche pour leur biosurveillance. Les cheveux, échantillon non invasif, permettent la détection d'analytes dans une période plus large que d'autres matrices (sang, urine) et conviennent à la mesure d'exposition. Une méthode d'analyse des cheveux a été développée et validée pour la quantification de 66 pesticides et métabolites appartenant à différentes familles chimiques par chromatographie liquide - spectrométrie de masse. Les cheveux de 11 volontaires (6H/5F ; 12 à 82 ans) de deux régions de France (Aisne 02 et Vienne 86) ont été analysés avec cette méthode. Les résultats sont exprimés en moyenne \pm écart type.

L'analyse révèle la présence de 22 pesticides appartenant à 16 classes chimiques différentes (azolé, organochloré, néonicotinoïde..). Chaque individu est contaminé par 4 à 12 pesticides. Le DDT et le 4-nitrophénol étaient omniprésents, avec des concentrations variant respectivement de 24,4 à 216,5 et de 0,1 à 44,5pg/mg de cheveux. Le DDT, le coumaphos, le thiaméthoxame et la clothianidine ont été détectées malgré une interdiction, en France, depuis plusieurs années. Les femmes ont tendance à avoir plus de pesticides $8,6 \pm 1,2$ que les hommes $6,2 \pm 0,9$ ($p=0,13$). Le nombre de pesticides retrouvés n'est pas statistiquement différents pour les plus de 18 ans et quel que soit la zone d'habitation (Aisne, $n= 7 \pm 1,1$ et Vienne, $n= 7,6 \pm 1,2$; $p=0,72$).

Ces premiers résultats sont une preuve de concept, et montre la faisabilité d'études dans le cheveu pour étudier l'exposome et consolider les connaissances sur les risques sanitaires de l'usage de pesticides.

Evaluation de l'exposition aux pesticides de l'environnement et de la biodiversité dans un territoire agricole français

F. Ouédraogo (1,2,3,4), V. Bretagnolle (2,3,4) K.Monceau (2,3,4), J. Moreau (1,5), Sabrina Gaba (2,3,4)

(1) UMR 7372 CEBC, CNRS-La Rochelle Université, 79360 Villiers-en-Bois, France

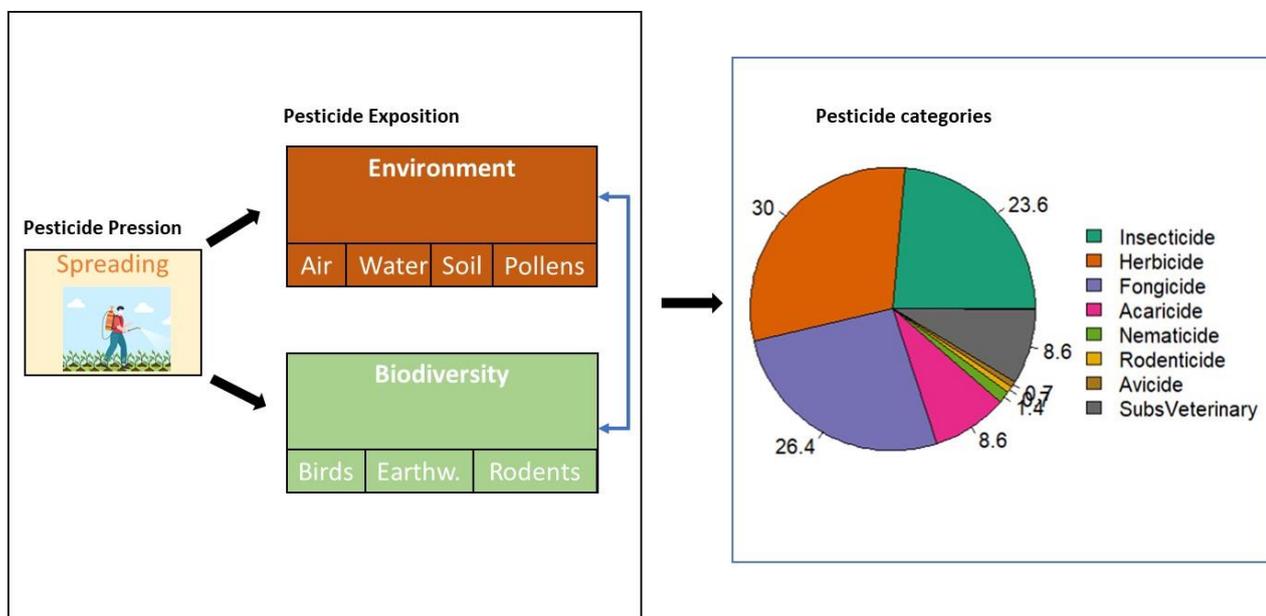
(2) Bordeaux Population Health Research Center, Inserm UMR1219-EPICENE, Université de Bordeaux, 33000 Bordeaux, France

(3) USC INRAE, 405 Route de Prissé la Charrière, 79360 Villiers-en-Bois, France

(4) LTSER "Zone Atelier Plaine & Val De Sèvre", 79360 Beauvoir Sur Niort, France

(5) UMR CNRS 6282 Biogéosciences, Equipe Ecologie Evolutive, Université de Bourgogne-Franche-Comté, 21000 Dijon, France

The massive use of pesticides in modern agriculture has led to their presence in ecosystems with residuals found in the environment as well as in various taxa. But, few studies have investigated the contamination levels of pesticides in diverse taxa as well as several compartments of the environment in the same farmland, and even less have related the levels of contamination to the use of pesticides. Here, we present for the first-time data on pesticides residuals detected in different environment matrices (air, soil, water, pollen) and taxa (birds, earthworms, rodents) of an intensive cereal plain located in the South of Niort (South-West France). Among the pesticides detected, fungicides were the most frequently found in all types of samples. Some of them were among the most frequently and heavily used by farmers. Pesticides known to be harmful for biodiversity and human health such as neonicotinoids and fungicides from the SDHI families were also detected. Some of banned or restricted pesticides (BRPs) were also found in several samples. The most common molecules were epoxiconazole, pendimethalin and fenpropidin. Finally, this study rises up the importance of investigating the interconnections between environment, biodiversity and humans and highlights the interest of the OneHealth approach.



Inter and intra clutch variability in pesticide contamination of a bird of prey

E. Fuentes¹, J. Moreau^{1,2}, M. Millet³, V. Bretagnolle^{1,4}, K. Monceau¹

1 Centre d'Etudes Biologiques de Chizé - UMR 7372 (CEBC) – La Rochelle Université, Centre National de la Recherche Scientifique, Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement

2 Ecologie Evolutive [UMR 6282 Biogéosciences] (Equipe ECO/EVO) – Biogéosciences [UMR 6282]

3 Institut de chimie et procédés pour l'énergie, l'environnement et la santé (ICPEES) – Université de Strasbourg, Institut de Chimie du CNRS, Centre National de la Recherche Scientifique, Matériaux et Nanosciences Grand-Est

4 Zone Atelier Plaine et Val de Sèvre [LTSER France] – CNRS : UMR7372

Human activities led to the global contamination of all environmental compartments, including wildlife. In bird species, both the environment and maternal transfer can lead to high inter-clutch variability in contamination levels while intra-clutch variability is generally low. However, most studies concern heavy metals or persistent compounds and none to our knowledge has addressed the variability of contamination by multiple pesticides, and the factors at play. Here, we aimed at filling this gap by studying pesticide contamination levels of Montagu's harrier (*Circus pygargus*) chicks. We used the number of pesticide detected (among 104 compounds searched) in the blood of 55 nestlings from 22 nests sampled in 2021. First, we looked at the organic farming influence at a local scale (< 2000 m) on the contamination level. Then, we investigated the effects of sex and hatching order of chicks on such contamination level. While chicks' sex or rank did not influence their contamination level, we found that the percentage of organic farming in a buffer zone of 300 m around nests significantly decreases the number of pesticides detected. This result highlights the potential role of organic farming in reducing the exposure of birds to pesticide cocktail effects. In future work, modelling the effects of these contamination levels on chicks life-history traits would help to understand the consequences of pesticide mixtures on birds' health.

Présentation du projet BIOCAIRE : Biosurveillance pour la caractérisation de l'impact des rejets

V. Dupraz¹, J. Jaunat¹, F. Goulard¹, C. Morio², L. Chabot³, F. Brion³, P. Pandard³, S. Aït-Aïssa³, H. Budzinski⁴, M.-H. Dévier⁴, K. Le Ménach⁴, O. Geffard⁵, E. Vidal⁵, M.-J. Capdeville⁶, E. Oppeneau⁶, D. Muñoz-Gestin⁷, G. Lemkine⁸, B. Robin-Duchesne⁸, J. Couteau⁹, G. Jubeaux¹⁰

1 Régie de l'Eau Bordeaux Métropole/Direction Recherche, Innovation et Transition Ecologique

2 Orléans Métropole

3 INERIS

4 EPOC/LPTC

5 INRAE/RiverLy

6 SUEZ/Le LyRE

7 Tame-Water

8 WatchFrog

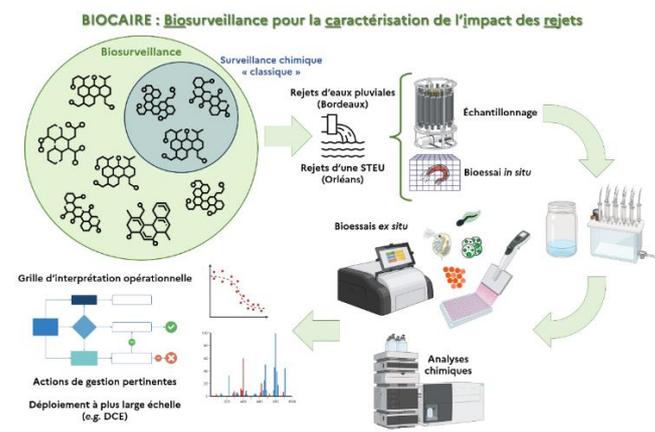
9 TOXEM

10 BIOMAE

Les méthodes de surveillance de la qualité chimique des milieux aquatiques, utilisées dans le cadre de la DCE, présentent des lacunes pour évaluer précisément la contamination et la toxicité chimique des eaux. Les méthodes écotoxicologiques fournissent des informations sur la toxicité potentielle globale du mélange et permettent d'envisager une surveillance "autre que substance par substance". Leur utilisation pose cependant plusieurs défis et doit garantir la fiabilité et la reproductibilité des données, tout en assurant leur faisabilité technico-économique.

Le projet BIOCAIRE (2024-2027) vise à évaluer l'efficacité de méthodes écotoxicologiques et chimiques complémentaires pour caractériser l'impact de deux rejets aqueux sur le milieu récepteur : les eaux pluviales d'un exutoire routier dans la Jalle de Blanquefort (Bordeaux) et les eaux usées traitées d'une station d'épuration des eaux usées dans la Loire (Orléans). Les bioessais sélectionnés visent à évaluer d'une part l'écotoxicité générale (croissance, reproduction, mortalité) sur différents niveaux trophiques (algues, invertébrés aquatiques, poissons) et d'autre part l'écotoxicité spécifique ciblant l'inhibition de la photosynthèse, la perturbation de l'activité endocrine et métabolique et la génotoxicité. Ces bioessais seront déployés selon une approche graduée et seront complétés par des analyses chimiques ciblées et non-ciblées. BIOCAIRE a pour ambition de déterminer une batterie de bioessais optimisée et de produire une grille d'interprétation opérationnelle, proposant des actions de gestion pertinentes aux gestionnaires et professionnels de l'eau selon les données acquises par les bioessais et les analyses chimiques.

Ces données renforceront d'une part la validité et l'efficacité des outils biologiques testés, favorisant leur déploiement à plus grande échelle et d'autre part la capacité opérationnelle de la biosurveillance. En conséquence, BIOCAIRE vise à répondre à des enjeux techniques et méthodologiques importants et s'inscrit dans une initiative établie visant à intégrer les outils de biosurveillance dans le cadre réglementaire de la DCE, et servira donc à appuyer cette position



Poster

Evaluation du risque basée sur la triade : limites et améliorations nécessaires pour le cas de contamination diffuse du sol

J. Faburé^{1*}, G. Grassi¹, N. Pucheux², B.J.D. Ferrari³, I. Lamy¹

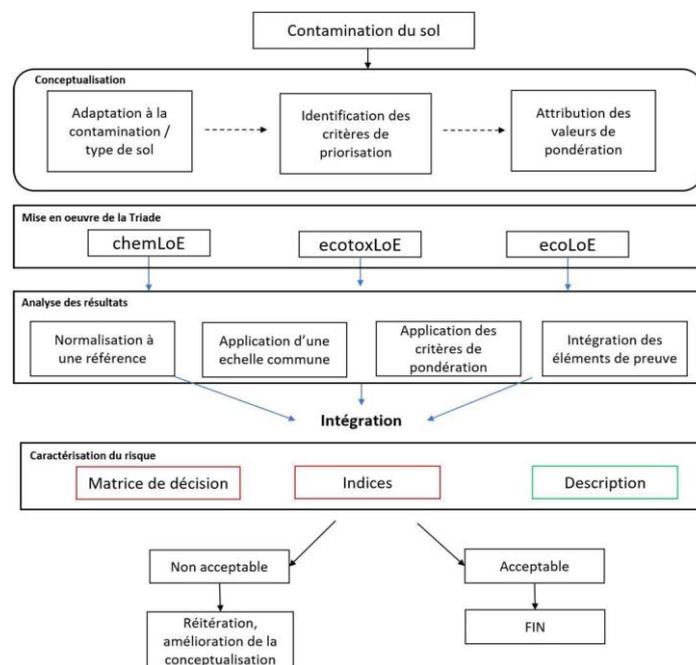
1 Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR ECOSYS – 91120 Palaiseau, France;

2 INERIS, unit ETES, Parc Technologique ATALA, 60550 Verneuil en Halatte, France ;

3 Ecotox Centre EPFL ENAC IIE, GE, CH-1015 Lausanne, Suisse, CentreEcotox, 8600 Dübendorf, Switzerland

contact : juliette.fabure@agroparistech.fr

Les sols peuvent être le puits de mélanges de polluants dont les effets sur les écosystèmes terrestres sont encore difficilement interprétables. L'évaluation des risques est assez codifiée et de nombreuses approches ont été utilisées dans le cas de sites fortement pollués. Néanmoins, des questions restent en suspens lorsqu'il s'agit de pollution diffuse, y compris les apports chroniques de faibles concentrations sublétales de mélanges de micropolluants. Nous avons passé en revue l'une des dernières approches prometteuses, l'approche Triade, afin de comprendre son domaine d'application dans les écosystèmes, les modalités d'applicabilité et l'efficacité de son application réelle. Dans le cas de la pollution diffuse, pour lequel tous les critères de l'approche de la Triade pour le risque peuvent aboutir à des conclusions différentes, certaines particularités devraient être ajoutées ou mieux utilisées dans les mesures chimiques, écologiques ou écotoxicologiques pour être en mesure d'identifier clairement le risque et d'aborder les incertitudes liées aux faibles teneurs sublétales des contaminants.



Mots clés : Évaluation intégrative des risques, écotoxicologie, biomarqueur, exposition, pollution terrestre.

Session 5 - Gestion et Remédiation des sols contaminés

Présentations

PHYTOManagement et remédiation de sols maraichers contaminés aux Pesticides OrganoChlorés»(PHYTOPOC)

M. Mench¹, M.-C. Affholder², M. Henrion¹, J. Arthaud², E. Bourget², M. Goidin², C. Guyot², A. Laurede², E. Gaillard¹, C. Breuzin², H. Delval², I. Mouzda², C. Perrier², S. Beaujean¹, S. Courvoisier³, G. Cohen²

1 Univ. Bordeaux, INRAE, UMR BIOGECO INRAE 1202, Bat. B2, Allée G. St-Hilaire, CS50023, 33615 Pessac cedex, France

2 Univ. Bordeaux, Bordeaux INP, EPOC, UMR CNRS 5805, équipe PROMESS, avenue des Facultés, CS60099, 33400 Talence, France

3 Univ. Bordeaux, Bordeaux INP, UMR PASSAGES CNRS 5319, 19 esplanade des Antilles, 33607 Pessac cedex France

Plusieurs cas de contaminations de terres maraichères et de cucurbitacées (e.g. courgettes, concombre) par des pesticides organochlorés persistants (POC, e.g. dieldrine, chlordanes) ont été identifiés en France (e.g. Gironde, Morbihan) et dans le monde. PHYTOPOC est un projet de recherche-action qui développe, expérimente et optimise des procédés de gestion/remédiation de sols agricoles affectés par la dieldrine et les chlordanes en utilisant les techniques agronomiques et de phytomanagement. Ces solutions doivent être facilement applicables, à faible coût et à l'échelle des exploitations. Plusieurs actions sont menées: identification de pratiques culturales, détermination de mécanismes d'absorption et transfert de ces molécules par les végétaux, évaluation d'espèces végétales et variétés (dont cucurbitacées) valorisables qui accumulent ou excluent ces molécules et/ou favorisent leur dissipation, et leviers socio-économiques de mise en œuvre des solutions. In fine, le but est d'avoir des produits végétaux avec des teneurs en dieldrine et chlordanes les plus basses possibles, au minimum inférieures aux LMR en vigueur. On présente les variabilités intra- et interspécifiques dont celles de Cucurbitacées cultivées dans une parcelle maraichère en Gironde et les capacités de phytoextraction en pleine terre. Puis la capacité de la β -cyclodextrine (CD) à solubiliser les composés hydrophobes est évaluée avec des courgettes cultivées en pot, à 3 doses (0%, 1% et 3%) couplées avec 9 traitements de phytomanagement. La biomasse aérienne des courgettes est plus élevée sans β -cyclodextrine, la dose 3% donnant à court terme une plus forte hydrophobicité au sol sableux. L'ajout de CD n'optimise pas l'accumulation de la dieldrine dans les parties aériennes de courgettes. La bioaugmentation de la communauté microbienne du sol et la fertilisation minérale NPK modifient l'allocation de la dieldrine entre tiges et feuilles. La bioaugmentation associée à l'apport de compost et de vers de terre (*Lumbricus terrestris*) permet de phytoextraire le plus de dieldrine.

Le projet PHYTOPOC est cofinancé par l'ADEME (Service Friches Urbaines et Sites Pollués (SFUSP) Appel à projet de recherche GRAINE 2019), Bordeaux-Métropole et le Conseil Général de la Gironde) et coordonné par : Grégory COHEN. L'UMR BIOGECO est membre de l'action COST 19116 PlantMetals (<https://plantmetals.eu/plantmetals-home.html>) et du réseau INRAE Ecotox <https://ecotox.hub.inrae.fr/>

Étude en colonne de sol de l'effet d'un apport de Thés de Compost Oxygéné sur le transfert en profondeur et la phytoextraction de Cu

P. Eon¹, J.-M. Deogratias², T. Robert¹, L. Denaix¹, J.-Y. Cornu¹

1 ISPA, Bordeaux Sciences Agro, INRAE, F-33140 Villenave-d'Ornon cedex, France

2 ASTREDHOR Sud-Ouest, 33140, Villenave d'Ornon, France

Suite à l'usage du cuivre comme fongicide, de nombreux sols viticoles sont aujourd'hui contaminés. La phytoextraction qui est une des méthodes pouvant décontaminer les sols, se heurte à la limite de la disponibilité du cuivre. En effet, le cuivre est fortement sorbé à la matière organique dans les sols. Les thés de compost oxygéné (TCO), riches en substances humiques solubles (SHS), peuvent augmenter la disponibilité du Cu dans la solution du sol. Ces complexants naturels et peu coûteux sont de bons candidats pour remplacer les complexants chimiques qui peuvent poser des problèmes environnementaux. Cependant cet ajout peut favoriser le transfert du cuivre vers la profondeur. L'objectif de cette étude est donc d'évaluer l'impact de l'apport de TCO sur le transfert de Cu en profondeur et sur l'extraction de Cu d'un mélange de plantes.

Deux sols viticoles aux propriétés contrastées ont été conditionnés et placés dans des colonnes de sol avant d'être contaminés par l'équivalent de 10 kg ha⁻¹ de Cu_{naturel} ou de ⁶⁵Cu et soumis ou non à des apports de TCO. La concentration de Cu, l'absorbance à 254 nm (proxy de la concentration de SHS) et le rapport isotopique ⁶³Cu/⁶⁵Cu ont été mesurés dans des extraits KCl de sol prélevés à différentes profondeurs. Le transfert en profondeur du Cu a ainsi été mis en relation avec les apports de TCO. Le potentiel d'extraction de Cu a été évalué à partir de la production de biomasse et des concentrations de Cu dans les plantes.

Les premiers résultats mettent en évidence que les SHS contenues dans les TCO sont capables de solubiliser le Cu dans la solution de sol, et cet effet est observé dans les premiers centimètres du sol uniquement, limitant ainsi le risque de transfert de Cu en profondeur. On s'attend à ce que l'apport de TCO augmente le potentiel de phytoextraction de Cu et que le "Cu frais" soit plus facilement mobilisé et absorbé par les plantes.

Optimisation des stratégies de phytomanagement pour un sol agricole contaminé par des métaux (Cd, Pb, Zn et Cu) afin de fournir de la biomasse pour produire des biocarburants propres - progrès de l'essai en pot

F. Ofori-Agyemang¹, C. Waterlot¹, A. Burges¹, M. Mench², N. Oustrière¹

1 Univ. Lille, Institut Mines-Télécom, Univ. Artois, JUNIA, ULR 4515 – LGCgE, Laboratoire de Génie Civil et géo-Environnement, F-59000 Lille, France ;

2 Univ. Bordeaux, INRAE, BIOGECO, Bat B2, allée G. St-Hilaire, F-33615 Pessac, France

Corresponding author email: michel.mench@inrae.fr; nadege.oustriere@junia.com

Les cultures ligno-cellulosiques à haut rendement telles que le miscanthus, le sorgo et le chanvre industriel sont capables de pousser sur des sols contaminés et/ou dégradés, et donc adaptées au phytomanagement. Ces plantes sont une alternative prometteuse pour les secteurs de la bioénergie, des biocarburants et des écomatériaux et, simultanément, une opportunité pour la gestion des sols dégradés. Des amendements (e.g. compost, biochars, matériaux inorganiques et chélates) ont été utilisés dans les sols phytomanagés pour réduire l'exposition aux métaux /métalloïdes via la solution du sol, promouvoir la croissance des plantes et leur potentiel de remédiation, et améliorer la qualité du sol et les services écosystémiques. En raison des effets secondaires négatifs de certains chélates organiques, les champignons mycorhiziens et les biostimulants tels que les hydrolysats de protéines et les mélanges d'acides humiques / fulviques ont été utilisés comme traitements alternatifs pour le phytomanagement. Ils peuvent améliorer la croissance des plantes et la qualité du sol, directement ou non.

Les stratégies visant à intensifier la production de biomasse à l'aide de champignons mycorhiziens, de biostimulants et de leurs combinaisons ne sont pas bien documentées pour les cultures ligno-cellulosiques cultivées sur des sols contaminés par des métaux. Cette étude visait à évaluer le rendement du *Miscanthus x giganteus* et du *Cannabis sativa* cultivés sur un sol agricole contaminé par des métaux et amendé avec des biostimulants et/ou des champignons mycorhiziens, ainsi que l'absorption de Cd, Pb, Zn et Cu par les plantes, pour optimiser les conditions d'exploitation d'essais ultérieurs sur le terrain.

Le sol a été collecté dans un champ proche de l'ancienne fonderie de Pb/Zn Metaleurop Nord, à Evin-Malmaison, France. L'essai en pot comprenait six traitements (contrôle (C), hydrolysats de protéines (B1), acides humiques/fulviques (B2), mycorhizes (M), hydrolysats de protéines et mycorhizes (B1xM), et acides humiques/fulviques et mycorhizes (B2xM) (12 kg de sol/pot, 3 répliques). Les concentrations en métaux, le potentiel d'oxydoréduction et la conductivité électrique (EC) de la solution du sol (SPW) ont été déterminées après 17, 21, 50, 71 et 85 jours, de même que le pH du sol. Les parties aériennes du miscanthus et du chanvre ont été récoltées au jour 90. Les concentrations de Cd, Pb et Zn dans la solution des sols B1 et B1xM étaient respectivement 2,0, 1,9 et 3,4 fois plus élevées pour le miscanthus et 7,8, 1,3 et 23 fois plus élevées pour le chanvre que dans le sol non amendé. La biomasse (MS) des parties aériennes des miscanthus B1 et B1xM a diminué par rapport aux plantes témoins. Les concentrations de Cd, Pb, Zn et Cu dans les solutions de sol B2 et B2xM ont diminué entre 0,4 et 0,7 fois par rapport à celles du sol contrôle et sont restées faibles tout au long de l'essai. Le traitement B2xM a conduit au rendement le plus élevé pour le miscanthus et le chanvre. Il serait pertinent pour l'essai sur le terrain.

Le projet européen GOLD – Bridging the gap between phytoremediation solutions on growing energy crops on contaminated lands and clean biofuel production est financé par European Union Horizon 2020 Programme. Website: <https://www.gold-h2020.eu/>

L'UMR BIOGECO est membre de l'action COST 19116 PlantMetals (<https://plantmetals.eu/plantmetals-home.html>) et du réseau INRAE Ecotox <https://ecotox.hub.inrae.fr/>

References:

[1] Calvo P, L Nelson and J W Kloepper Agricultural uses of plant biostimulants, *Plant and Soil* 383: 3-41 (2014).

[2] Vargas C, J Pérez-Esteban, C Escolástico, A Masaguer and A Moliner Phytoremediation of Cu and Zn by vetiver grass in mine soils amended with humic acids, *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 23: 13521-13530 (2016).

Conférence invitée 3 : Les implications métaboliques et écotoxicologiques des stress thermiques et métalliques pour les poissons d'eau douce

Conférencier invité : Patrice Couture

Professeur à l'Institut National de la Recherche Scientifique - Centre Eau-Terre-Environnement – Québec (Canada).

La plupart des processus physiologiques sont intimement liés à la température. Les poissons varient grandement quant à leur tolérance aux variations thermiques, qui modifient la croissance, l'appétit, la respiration, la prise en charge et l'élimination des contaminants et plusieurs autres processus métaboliques. Avec l'augmentation des pics de température des eaux de surface durant l'été depuis quelques décennies, l'étude des effets combinés du stress thermique et de la contamination est essentielle pour anticiper les impacts sur les ressources halieutiques, particulièrement dans les régions nordiques. Au Canada, la transition énergétique stimule l'augmentation de l'exploitation minière. Les ressources minérales se trouvent majoritairement au nord, où l'amplitude des changements climatiques est beaucoup plus importante que dans le sud et où les écosystèmes sont moins résilients. Deux décennies de recherche à l'aide de biomarqueurs biométriques, physiologiques et génomiques ont permis d'identifier les processus métaboliques les plus sensibles aux stress combinés de températures élevées et de l'exposition aux métaux. Sur le terrain, l'étude des variations saisonnières de ces paramètres chez les poissons d'eau douce de milieux propres et contaminés nous aide à mieux saisir les relations entre la température, la prise en charge des contaminants et leurs effets. Cependant, plusieurs processus écologiques varient également au fil des saisons, ce qui complique l'identification des conséquences directes de la température et des contaminants. Des études en milieu contrôlé de laboratoire ont permis d'identifier plusieurs perturbations potentiellement dommageables lorsque des poissons sont simultanément exposés à un stress thermique et à des métaux, comme le cadmium, le cuivre, le nickel, le zinc ou le manganèse. Les deux stressseurs induisent un stress oxydant, une perturbation des capacités métaboliques, en particulier le métabolisme mitochondrial, et une modification de la composition des phospholipides membranaires. Dans cette présentation, nous ferons un survol des connaissances actuelles sur les conséquences physiologiques de la contamination métallique pour les poissons d'eau douce, dans un contexte de réchauffement planétaire. Puisque les espèces qui composent les réseaux trophiques aquatiques varient quant à leur tolérance à ces facteurs et à leur capacité d'adaptation, nous aborderons aussi les conséquences écologiques.



Patrice Couture est professeur à l'Institut national de la recherche scientifique à Québec. Il est membre fondateur et directeur d'EcotoQ, le centre de recherche en écotoxicologie du Québec. Depuis plus de vingt ans, il dirige des études de terrain et de laboratoire visant à mieux comprendre les conséquences des métaux, hydrocarbures et autres contaminants sur les organismes aquatiques. Il s'intéresse particulièrement aux effets combinés des métaux et du stress thermique sur les capacités métaboliques des poissons. Ses travaux de recherche l'amènent à considérer les enjeux de santé globale et les préoccupations autochtones pour un développement minier durable dans un contexte de changements climatiques.

Session 6 - Préparer l'avenir : les contaminants émergents

Présentations

Co-exposition des premiers stades de vie de l'omble chevalier (*Salvelinus alpinus*) à un toxique issu de particules de pneus et à une hausse de la température.

F.-L. Thomassin^{1,2}, N. Cottin¹, E. Naffrechoux¹, S. Reynaud³, J. Guillard², E. Réalis-Doyelle²

1 Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS, EDYTEM, 73370 Le Bourget-du-Lac

2 Univ. Savoie Mont Blanc, INRAE, CARRTEL, 74200 Thonon-les-bains

3 Univ. Grenoble Alpes, CNRS, LECA, 38610 Gières

Un large nombre d'études s'accordent à démontrer les impacts négatifs de l'élévation de la température et des rejets de xénobiotiques sur les populations de poissons et notamment leurs premiers stades de vie qui sont les plus sensibles à ces variations. Le Léman, plus grande réserve d'eau douce d'Europe, n'échappe pas à ces problématiques globales puisqu'il est estimé qu'environ 354 tonnes de plastiques sont stockées dans ses eaux, dont 60% proviendrait de l'usure de la gomme de pneus de voiture et de la chaussée. La N-(1,3-diméthylbutyl)-N'-phényl-p-phenylenediamine-quinone ou 6PPD-quinone, un composé de dégradation d'une molécule anti-ozone participant à l'allongement de la durée de vie de pneus, a récemment été identifiée comme hautement toxique pour le saumon Coho (*Oncorhynchus kisutch*). L'objectif de cette étude a été d'étudier l'impact d'une exposition du stade embryonnaire de l'omble chevalier (*Salvelinus alpinus*), un salmonidé et espèce sentinelle du changement climatique, à une élévation de la température couplée à la 6PPD-quinone à des concentrations environnementales. Les résultats ont montré une interaction synergique de la température et de la contamination.

Ecotoxicité des produits de transformation des pesticides dans les milieux aquatiques

S. Morin¹, J. Artigas², A. Chaumot³, M. Claitte³, N. Creusot¹, N. Delorme³, M. Eon¹, O. Geffard³, C. Guillemain³, G. Jan¹, D. Millan-Navarro¹, C. Sand², J. Veron³, I. Viemont-Lefevre¹, C. Bonnineau^{1,3}, C. Margoum³

- (1) INRAE EABX, 50 avenue de Verdun, 33610 Cestas
- (2) LMGE UMR 6023, 1 Impasse Amélie Murat, 63178 Aubière
- (3) INRAE UR RiverLy, 5 rue de la Doua, 69100 Villeurbanne

Une fois appliquées sur les cultures, les substances actives de pesticides sont soumises à divers processus biotiques et abiotiques qui gouvernent leur devenir et leur transfert dans les différents compartiments de l'environnement. Les produits de transformation (TP) issus de ces processus sont potentiellement très nombreux, présents à faibles teneurs dans les milieux aquatiques. Leur détection et leur occurrence sont amenées à évoluer compte tenu du développement des stratégies analytiques et de la modification des conditions climatiques. L'écotoxicité des TP est encore peu étudiée, mais diverses études indiquent une écotoxicité potentiellement différente de la substance active mère. Dans ce contexte, le projet TAPIOCA, financé dans le cadre de l'APR Ecophyto II+ « Santé écosystèmes », poursuit trois objectifs : i) mettre au point des méthodes analytiques sensibles pour l'identification de TP de pesticides dans les eaux ; ii) améliorer les connaissances sur les effets d'une sélection de pesticides et de TP associés, sur les communautés microbiennes et les macroinvertébrés aquatiques ; et iii) tester l'apport d'outils de prédiction des propriétés de dissipation et de transferts de TP de pesticides pour mieux cerner leur potentiel de présence dans l'environnement.

Ici, nous présentons quelques résultats marquants en lien avec la caractérisation de l'écotoxicité chronique à 3 pesticides (le fongicide tébuconazole, l'insecticide fénoxycarbe et l'herbicide terbuthylazine) et leurs TP. Des expérimentations en microcosmes avec des organismes aquatiques (périphyton, communautés microbiennes d'hyphomycètes ou gammares) ont permis d'évaluer les effets de plusieurs scénarios d'exposition aux pesticides et à des TP associés (produits commercialement disponibles ou obtenus par photodégradation contrôlée de pesticides dits « vieillis ») sur différents descripteurs biologiques. Les premiers résultats montrent globalement une toxicité moindre des TP comparativement aux trois molécules mères sur les organismes étudiés. Néanmoins, la terbuthylazine et son TP terbuthylazine-desethyl présentent une toxicité inattendue pour les fonctions de reproduction des gammares, organismes non-cibles de cet herbicide.

			
Fenoxycarbe <i>vieilli</i> 	TOX TOX		TOX
Tebuconazole <i>vieilli ou TP</i>	TOX TOX	TOX TOX	TOX
Terbuthylazine <i>vieilli ou TP</i> 	TOX TOX		TOX TOX

MINAGRIS : impact des micro- et nanoplastiques sur les communautés microbiennes des sols agricoles

C.Thiour Mauprivez¹, M. Cooper¹, M.-C. Breuil¹, N. Rouard¹, M. Devers¹, F. Martin-Laurent¹, A. Spor¹

¹Agroécologie, INRAE, Institut Agro, Univ. Bourgogne, Univ. Bourgogne Franche-Comté, F-21000 Dijon, France

Le devenir et l'impact des micro- et nanoplastiques, produits de dégradation des macroplastiques, sont documentés en milieu aquatique mais le sont très peu dans les sols agricoles. Dans le cadre du projet Horizon Europe MINAGRIS qui regroupe vingt partenaires de treize pays européens, nous mesurons l'impact écotoxicologique des microplastiques sur les communautés microbiennes telluriques, actrices majeures des services écosystémiques rendus par les sols, en lien avec le cycle de l'azote notamment. Nous émettons l'hypothèse que les microplastiques pourraient constituer une nouvelle niche, la plastisphère, pouvant influencer pour les communautés microbiennes en impactant leur abondance, leur diversité, mais aussi leur réponse vis-à-vis d'autres polluants dans un contexte multi-stress.

Pour tester cette hypothèse, des microcosmes de sol ont été exposés, ou non (contrôle), trois types de microplastiques à différentes doses en combinaison, ou non (contrôle), avec des matières actives issues de la synthèse chimique utilisés en élevage (albendazole, antiparasitaire) et en agriculture (pyraclostrobine, un fongicide) ou un mélange de ces deux matières actives. Après trois mois d'incubation, la concentration de nitrates et d'ammonium ainsi que le potentiel de nitrification ont été mesurés. Parallèlement à cela, l'abondance des gènes liés au cycle de l'azote a été mesurée par q-PCR et la composition et la diversité des communautés bactériennes ont été analysées par séquençage Illumina. Ces résultats sont en cours d'analyse et seront présentés lors du congrès.

A terme, les résultats obtenus devraient permettre d'évaluer l'impact écotoxicologique des microplastiques sur les communautés microbiennes des sols et de définir des recommandations pour réduire l'impact des microplastiques sur les sols agricoles.

Mots-clés : micro-plastiques ; communautés microbiennes ; sols agricoles ; écotoxicologie microbienne ; multi-stress.