

# Table des matières

<b>1. Approches omiques chez les espèces non modèles pour comprendre les mécanismes et effets des contaminants</b>	<b>1</b>
Exposition précoce aux contaminants chez l’huître <i>Magallana gigas</i> : conséquences sur son microbiome et sa sensibilité à une infection virale, Roger Maëllann . . . .	1
Ecotoxicologie de la plastisphère : effets des plastiques sur les microorganismes aquatiques, Ghiglione Jean-François . . . . .	3
Effets du MErcure sur les Réponses Omiques chez <i>Dreissena polymorpha</i> dans un contexte d’exposOME (MEROME), Zarader Eulalie [et al.] . . . . .	4
Exposition multi-voies à l’oxyde de graphène (GO) chez <i>Xenopus laevis</i> : réponses de l’holobionte., Chapeau Florian [et al.] . . . . .	5
Sphéroïdes hépatiques de bar européen ( <i>Dicentrarchus labrax</i> ) : vers un nouveau modèle 3D in vitro pour l’étude de la biotransformation et des mécanismes d’action des contaminants chimiques, Le Garrec Soizig [et al.] . . . . .	6
Effets de perturbateurs endocriniens sur l’holobionte d’un poisson aquacole, Bellec Laure . . . . .	7
Etude protéomique des effets d’une irradiation sur les gonades de <i>G. fossarum</i> - Analyses statistiques multiples., Sandrine Frelon [et al.] . . . . .	8
Approche transdisciplinaire sur l’étude des interactions contaminants et (micro)biotes, Chapron Leila . . . . .	9
Évaluation des effets de cinq solvants sur le métabolome du corail <i>Pocillopora damicornis</i> , Byzyk Vincent . . . . .	10
Exposome de la Côte Vermeille : Impact environnemental des contaminants d’intérêt émergent en milieu marin dans un contexte de changement global, Debuck Lenny	11

## 2. Intégration biologique, vulnérabilité des espèces pour mieux évaluer la qualité des milieux. 12

(Mal)adaptive plastic response in fish to trace metal contamination in Pyrenean Mountain rivers, Gouthier Laurine . . . . .	12
Longueur des télomères chez l'huître creuse : résultats des projets TELOMER et PHIBIE, Akcha Farida . . . . .	15
Évaluation écotoxicologique de bétons bas-carbone en milieu marin, Thibault Océane	16
Etude de l'efficacité, de la dégradation et des risques environnementaux des nouveaux revêtements anti-salissures de bateau sans biocides – projet RAS, Cachot Jérôme [et al.] . . . . .	17
CRUStacés face à la contamination CHimique : adaptabilité des populations des rivières et des côtes, et vulnérabilité aux changements environnementaux (Projet CRUSCH), Chaumot Arnaud [et al.] . . . . .	18
Évaluation toxicologique et chimique de lixiviats issus de différents temps de lixiviation par des tests marins normalisés, Leistenschneider David [et al.] . . . . .	19
Modélisation du cycle de mue chez l'espèce sentinelle Gammarus fossarum : effets des métaux lourds sur sa reproduction, Debelgarric Mélanie [et al.] . . . . .	20
Divergence phénotypique induite par la pollution chez la gambusie (Gambusia holbrooki) et ses conséquences sur les écosystèmes, Martin Nicolas [et al.] . . . . .	22
Formulated sediment: a good control to assess freshwater sediment toxicity in Gammarus fossarum?, Luc-Rey Cécile [et al.] . . . . .	23
Influence des fongicides SDHI (succinate deshydrogenase inhibitor) sur le comportement et la régénération des planaires, Vignet Caroline [et al.] . . . . .	24
Rôle du microbiote dans les processus d'adaptation aux stress environnementaux : impacts sur le risque de maladie chez les poissons sauvages, Jeantet Aurélie [et al.]	25
Comparative Ecotoxicological Assessment of Nano-formulated and Conventional Copper-based Pesticides on the Aquatic Compartment using Daphnia magna, Planorbarius corneus, Chironomus riparius, and Xenopus laevis, Moura Thomas [et al.] . . . . .	26

## 3. Effets différés, effets multigénérations et transgénérationnels 27

Predicting maternal transfer of organic pollutants across aquatic reptiles, chemicals, and matrices, C.munoz Cynthia [et al.] . . . . .	27
---	----

#### 4. Mécanismes d'accumulation, devenir et transfert des contaminants le long des chaînes trophiques 29

Assessing lifelong bioaccumulation of pollutants in aquatic top predators: a simulation model for alligators in lakes, Vermeiren Peter [et al.] . . . . . 29

Présentation 1ère année de doctorat - Occurrence et impact des contaminants organiques hydrophobes d'intérêt émergent dans les organismes marins du Bassin d'Arcachon, Le Bihan Marie-Lou [et al.] . . . . . 31

Développement d'une étude de toxicocinétique chez le corail tropical Pocillopora damicornis exposé par voie alimentaire à l'Uvinul A+, Clergeaud Fanny [et al.] . 32

Modélisation de la bioaccumulation d'éléments-traces métalliques (ETM) en mélange complexe chez Gammarus fossarum, Ciccia Théo [et al.] . . . . . 33

# 1. Approches omiques chez les espèces non modèles pour comprendre les mécanismes et effets des contaminants

---

# Exposition précoce aux contaminants chez l'huître *Magallana gigas* : conséquences sur son microbiome et sa sensibilité à une infection virale

Maëlann Roger<sup>1</sup>, Benjamin Morga<sup>2</sup>, Lionel Degrémont<sup>2</sup>, Fanny Troncin<sup>3</sup>, Delphine Tourbiez<sup>2</sup>, Elise Maurouard<sup>2</sup>, Farida Akcha<sup>1</sup> and Anthony Bertucci<sup>1</sup>

1 : Ifremer, CCEM Contamination Chimique des Écosystèmes Marins, Nantes, France

2 : Ifremer, ASIM Adaptation et Santé des Invertébrés Marins, La Tremblade, France

3 : Université de Bordeaux, France

**Mots clés (5 max)** : microbiome ; pesticides; écotoxicologie ; OsHV-1 ; huître creuse

## Type de présentation

Résultats de recherche, projet de recherche déposé et/ou accepté

## Résumé

Chez l'huître creuse (*Magallana gigas*), les stades précoces de développement sont particulièrement vulnérables aux xénobiotiques. C'est également à ce moment que s'établit son microbiome : une communauté au rôle reconnu dans la nutrition, les fonctions immunitaires, le développement ou la réponse aux stress environnementaux. Or, si de nombreuses études écotoxicologiques se sont intéressées à l'exposome de l'huître et ses impacts physiologiques, les perturbations du microbiome induites par les polluants et les conséquences sur la santé de l'hôte - appelées symbiototoxicité - restent largement négligées.

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'influence d'une exposition précoce à un mélange de contaminants sur la composition du bactériome de *M. gigas* et sur la sensibilité des individus à l'infection par le virus OsHV-1  $\mu$ var au stade juvénile. Pour cela, six familles d'huîtres montrant des sensibilités différentes au virus ont été étudiées. Les larves ont été exposées durant dix jours à un mélange de dix-huit contaminants (pesticides et métaux utilisés dans la formulation des pesticides) puis infectées au virus OsHV-1 au stade juvénile. Les communautés bactériennes ont été caractérisées par séquençage à haut débit du gène codant pour l'ARNr 16S à l'aide de la technologie *long-read* Oxford Nanopore.

Les résultats préliminaires montrent que l'exposition aux contaminants réduit le taux de fécondation de la plupart des lignées. Concernant le microbiome, au stade larvaire, la richesse spécifique (diversité alpha) ne diffère pas significativement entre les conditions d'exposition, bien qu'une diminution soit observée au cours du développement. Cependant, la structure des communautés microbiennes (diversité bêta) diffère dans le temps, entre lignées génétiques et avec l'exposition aux polluants. Par ailleurs, si des différences de mortalité sont observées entre familles, aucune différence n'est détectée entre huîtres exposées et non exposées lors du défi viral à OsHV-1.

Les analyses en cours sur la dynamique du bactériome au cours de l'infection virale, permettront de préciser les interactions tripartites entre contaminants, microbiote et hôte. Ces travaux apportent de nouveaux éléments pour l'étude de la symbiototoxicité et contribuent à une meilleure compréhension des mécanismes reliant exposition précoce, altération du microbiome et santé de l'huître. Ils soulignent par ailleurs l'importance d'intégrer la dimension microbienne et les perturbations de la symbiose hôte-microbiote dans l'évaluation des risques écotoxicologiques.

---

# Ecotoxicologie de la plastisphère : effets des plastiques sur les microorganismes aquatiques

Camille Saint Picq<sup>1,2</sup>, Marion Hingant<sup>1</sup>, Justine Jacquin<sup>1</sup>, Léna Philip<sup>1,3</sup>, Leila Meistertzheim<sup>3</sup>, Mireille Pujo-Pay<sup>1</sup>, Pascal Conan<sup>1</sup>, Alexandra ter Halle<sup>2</sup>, Jean-François Ghiglione<sup>1</sup>

1 : CNRS, Sorbonne Université, Laboratoire d'Océanographie Microbienne (UMR7621), Banyuls/mer

2 : CNRS, Université de Toulouse, Laboratoire Softmat, UMR 5623, Toulouse

3 : Société PlasticAtSea, Banyuls sur mer, France

**Mots clés** : pollution plastique, plastisphère, écotoxicologie microbienne

## Type de présentation

☒ Résultats de recherche, projet de recherche déposé et/ou accepté

## Résumé

La contamination des écosystèmes aquatiques par les déchets plastiques constitue aujourd'hui un enjeu écologique majeur à l'échelle mondiale. Si de nombreuses études ont démontré la toxicité des plastiques pour divers organismes aquatiques, l'évaluation des risques réels en conditions environnementales demeure encore incomplète.

L'étude de l'impact des plastiques sur les communautés microbiennes aquatiques ont montré que les microorganismes colonisant les plastiques – la *plastisphère* – représentent une nouvelle niche écologique, distincte des communautés microbiennes de l'eau environnante (Dussud et al. 2018). Les microorganismes photosynthétiques, notamment les cyanobactéries et les diatomées, y sont particulièrement sur-représentés. Dans une étude comparant les deux zones les plus polluées par les microplastiques (Méditerranée et gyre du Pacifique Nord) avec des approches OMICs, nous avons observé de manière récurrente une plus forte abondance de gènes impliqués dans les cycles biogéochimiques de l'azote et du phosphore au sein de la plastisphère (Jacquin et al. 2024). En parallèle, nous avons mesuré pendant 2 ans l'impact des microplastiques sur la production primaire et l'activité hétérotrophe en mer Méditerranée Nord Occidentale. Nous avons pu démontrer un couplage très clair entre ces deux activités sur les plastiques. La production primaire sur les microplastiques peut supporter la totalité (autotrophie nette) de la demande en carbone pour les activités hétérotrophes, pouvant même constituer un apport de carbone pour l'eau environnante – notamment en conditions oligotrophes (Conan et al. 2022).

Par ailleurs, nous avons évalué le potentiel des microplastiques à agir comme vecteurs de contaminants chimiques et biologiques, *via* la plastisphère. Dans le cadre d'un projet mené sur neuf fleuves européens (expédition *Tara Microplastiques*), nous avons identifié la présence concomitante de contaminants chimiques et biologiques sur les microplastiques, susceptibles d'être transportés sur de longues distances (Ghiglione et al. 2025). Certains agents pathogènes présentant un risque pour la santé humaine ont été détectés, bien que le risque de transfert entre eaux douces et milieux marins demeure faible (Philip et al. 2025). Nos travaux en cours visent désormais à mieux comprendre le rôle de la plastisphère dans l'adhésion et la rétention des contaminants chimiques à la surface des microplastiques, afin de préciser leur contribution potentielle aux risques écotoxicologiques associés aux plastiques en milieu aquatique.

## Références citées dans le texte :

- Conan et al. (2022) <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120463>
- Dussud et al. (2018) <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.12.027>
- Ghiglione et al. (2025) <https://doi.org/10.1007/s11356-023-26883-9>
- Jacquin et al. (2024) <https://doi.org/10.1007/s11356-024-33847-0>
- Philip et al. (2025) <https://doi.org/10.1007/s11356-024-35658-9>

---

# Effets du MErcury sur les Réponses Omiques chez *Dreissena polymorpha* dans un contexte d'exposOME (MEROME)

Eulalie ZARADER<sup>1</sup>, Lars-Eric HEIMBÜRGER-BOAVIDA<sup>2</sup>, Claudia COSIO<sup>1</sup>

1 : Université de Reims Champagne-Ardenne, Université Le Havre Normandie, INERIS, Normandie Univ, UMR-I 02 SEBIO, Reims, France

2 : Aix Marseille Université, CNRS/INSU, Université de Toulon, IRD, Mediterranean Institute of Oceanography (MIO) UM 110, Marseille, France

**Mots clés :** mercure, omiques, *Dreissena polymorpha*

## Type de présentation

- ☐ Résultats de recherche, projet de recherche déposé et/ou accepté
- ☒ Doctorante en 1<sup>ère</sup> année
- ☐ Appel à collaboration (projet en construction, verrous méthodologiques)

## Résumé

Les milieux aquatiques constituent l'exutoire final d'un grand nombre de contaminants émis par les activités anthropiques, tels que les éléments-traces métalliques. Le mercure (Hg), en particulier sous sa forme méthylée, se bioaccumule au sein des organismes exposés puis se bioamplifie à travers les réseaux trophiques tout en présentant une forte toxicité. Il représente ainsi un problème de santé publique global majeur. Dans ce contexte, l'écotoxicologie doit aujourd'hui développer des outils plus performants pour évaluer la qualité des milieux aquatiques et répondre ainsi aux défis actuels de la gestion des ressources en eau. Par ailleurs, les outils omiques ont montré un niveau de sensibilité utile pour l'évaluation aux concentrations environnementales. Toutefois, le lien entre les réponses multi-omiques précoces et les effets physiologiques à plus long terme reste peu exploré, notamment dans des conditions environnementales réalistes. Le bivalve dulcicole *Dreissena polymorpha* (moule zébrée) est un organisme non modèle prometteur en écotoxicologie car il présente une large distribution géographique, une forte abondance, un caractère sessile, une forte activité de filtration de l'eau, une capacité de bioaccumulation des contaminants présents dans son exposome (*i.e.* contexte physico-chimique), ainsi qu'une large diversité de biomarqueurs. Dans cette thèse, *D. polymorpha* sera utilisé comme biotraceur pour explorer les effets du Hg à différentes échelles d'organisation, allant des réponses multi-omiques (transcriptomique et métabolomique) aux réponses physiologiques et comportementales (peroxydation lipidique, taux de filtration et valvométrie). Pour ce faire, des approches expérimentales en laboratoire seront combinées à des encagements *in situ* dans la Seine. Plus précisément, les objectifs sont (i) de déterminer quelles sont les voies de toxicité du Hg à concentrations environnementales, (ii) de relier les signatures omiques précoces à la bioaccumulation du Hg en contexte d'exposome ainsi qu'aux effets physiologiques et comportementaux, et (iii) de développer des biomarqueurs précoces à tester en biosurveillance. Finalement, cette thèse contribuera à améliorer la compréhension du responsome et des voies de toxicité du Hg chez *D. polymorpha* en contexte d'exposome, dans le but de renforcer les stratégies de surveillance de la qualité de l'eau.

---

# Exposition multi-voies à l'oxyde de graphène (GO) chez *Xenopus laevis* : réponses de l'holobionte.

Florian Chapeau<sup>1</sup>, Thomas Moura<sup>1</sup>, Van Xuan Nguyen<sup>1</sup>, Sandra Dailhau<sup>3</sup>, Marion Vivant<sup>1</sup>, Maialen Barret<sup>1</sup>, Éric Pinelli<sup>1</sup>, Emmanuel Flahaut<sup>2</sup>, Laury Gauthier<sup>1</sup>, Florence Mouchet<sup>1</sup>.

1 : Centre de recherche sur la biodiversité et l'environnement (CRBE), Université de Toulouse, Toulouse INP, CNRS, IRD, Toulouse, France.

2 : CIRIMAT, Université de Toulouse, Toulouse INP, CNRS, Toulouse, France.

3 : Centre de recherche en cancérologie de Toulouse (CRCT), INSERM UMR 1037, CNRS UMR 5071, Université de Toulouse, Toulouse, France.

**Mots clés :** Nanomatériaux, Amphibiens, Transcriptome, Microbiote.

## Type de présentation

X Résultats de recherche, projet de recherche déposé et/ou accepté

## Résumé

Les nanomatériaux à base de graphène, et plus particulièrement l'oxyde de graphène (GO), sont de plus en plus utilisés dans divers domaines, allant de l'électronique à la médecine, en passant par la remédiation environnementale. Cette industrie engendre donc un risque de dissémination de ces matériaux vers les milieux aquatiques, à différentes étapes de leur cycle de vie (production, vieillissement, recyclage). Si leurs effets écotoxicologiques ont déjà été explorés, la plupart des recherches se concentre sur des expositions monovoies, focalisée sur les impacts directs chez les organismes modèles, sans considérer ni les transferts trophiques, ni les interactions avec les communautés microbiennes associées. Il est donc nécessaire d'explorer des scénarios d'exposition plus complexes et réalistes, *via* une approche intégrative, afin d'affiner l'évaluation du risque lié à ces contaminants émergents.

Ce travail évalue, chez *Xenopus laevis* post-métamorphique, les effets d'une exposition combinée au GO par voie directe (colonne d'eau) et trophique (ingestion de proies contaminées), en reliant les réponses de l'hôte aux altérations des microbiotes associés. Pour mimer une situation environnementale, des larves de chironomes sont exposées 24 h à différentes concentrations de GO puis utilisées comme proies pour nourrir les juvéniles simultanément exposés au GO dans l'eau. Des prélèvements (sang, foie, intestin, peau) sont réalisés après 24 h et 96 h d'exposition.

L'analyse du transcriptome hépatique (RNA-seq) met en évidence des perturbations dès 0,1 mg/L, avec à 96 h, un signal dominant sur le métabolisme lipidique et la régulation du cycle cellulaire, en accord avec les résultats de cytométrie en flux sur érythrocytes de ces individus, indiquant une dérégulation du cycle. En parallèle, les microbiotes intestinaux et cutanés sont modifiés, avec des variations de *phyla* clés (*Firmicutes*, *Bacteroidetes*) dans l'intestin et une altération des consortiums cutanés incluant des *Proteobacteria*, potentiellement impliquées dans la résistance à des pathogènes.

Au final, cette étude souligne l'intérêt d'une approche intégrée, dans un scénario multi-voies, pour décrypter mécanismes d'action et effets indirects du GO, et plaide pour des suivis à plus longs terme afin de ne pas sous-estimer son impact écologique.

---

# Sphéroïdes hépatiques de bar européen (*Dicentrarchus labrax*) : vers un nouveau modèle 3D *in vitro* pour l'étude de la biotransformation et des mécanismes d'action des contaminants chimiques

Soizig Le Garrec<sup>1</sup>, Isabelle Leguen<sup>2</sup>, Yann Aminot<sup>1</sup>, Aourel Mauffret<sup>1</sup>, Olivia Terceve<sup>3</sup>, Thibaut Larcher<sup>3</sup>, Thibaut Léger<sup>4</sup>, and Audrey Barranger<sup>1</sup>

1 Ifremer, CCEM Contamination Chimique des Écosystèmes Marins, F-44000, Nantes, France

2 MARBEC, Univ. Montpellier, CNRS, Ifremer, IRD, INRAE, 34250, Palavas-Les-Flots, France

3 INRAE Oniris, UMR 703, PanTher, APEX, 44300 Nantes, France

4 Toxicology of Contaminants Unit, Fougères Laboratory, French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety (ANSES), 35306 Fougères CEDEX, France

**Mots clés :** Nouvelles Approches Méthodologiques, sphéroïdes hépatiques, Biotransformation, Mode d'action, Protéomique

## Type de présentation

- ☐ Résultats de recherche, projet de recherche déposé et/ou accepté

## Résumé

L'exposome chimique marin comprend des milliers de contaminants, historiques et émergents, dont la toxicité, les modes d'action et la biotransformation restent partiellement caractérisés chez les organismes marins. Cette complexité souligne le besoin de Nouvelles Approches Méthodologiques (NAM) *in vitro* pour améliorer notre compréhension des effets biologiques des contaminants chimiques, tout en réduisant le recours aux expérimentations animales. Parmi ces approches, les modèles hépatiques tridimensionnels (3D) suscitent un intérêt croissant en raison de leur meilleure conservation de l'architecture tissulaire et des fonctions métaboliques, par rapport aux cultures cellulaires conventionnelles bidimensionnelles (2D). Ces caractéristiques les rendent particulièrement adaptés à l'étude de la biotransformation et des modes d'action des contaminants chimiques. L'objectif de ce projet est de développer et de caractériser un modèle 3D de cellules hépatiques primaires de bar européen (*Dicentrarchus labrax*), un téléostéen marin d'une grande importance écologique et économique. Cette caractérisation vise, dans un premier temps, à comparer les caractères phénotypiques des modèles 3D à ceux des cultures 2D et à l'organe parent, grâce à des mesures biométriques, de viabilité cellulaire, d'histologie et d'expression de gènes hépatiques clés. Ces premiers résultats ont démontré que les sphéroïdes restaient viables pendant plus d'un mois et conservaient des caractéristiques hépatiques plus prononcées que les cultures 2D, confirmant un phénotype plus stable et proche du foie d'origine. Dans un second temps, pour évaluer la pertinence fonctionnelle de ce modèle afin d'étudier le devenir et les modes d'action des contaminants chimiques, les sphéroïdes ont été exposés au pyrène, un hydrocarbure aromatique polycyclique modèle. La capacité de biotransformation a été démontrée dans les cultures 2D et 3D, *via* l'activation des métabolismes de Phase I et II. Des analyses protéomiques en cours permettront d'affiner la caractérisation phénotypique des sphéroïdes hépatiques, mais aussi d'étudier en détail les modes d'action du pyrène selon les modalités de culture. Dans l'ensemble, nos résultats confirment que ce modèle hépatique 3D constitue un système *in vitro* pertinent pour le bar européen. Enfin, la possibilité de générer plus de 70 000 sphéroïdes à partir d'un seul foie de poisson illustre le potentiel de ce modèle pour mener des approches mécanistiques à haut débit en écotoxicologie marine.

---

## Effets de perturbateurs endocriniens sur l'holobionte d'un poisson aquacole

Laure Bellec<sup>1</sup>, Marine Suchet<sup>1</sup>, Nolwenn Gauvreau<sup>2</sup>, Jérôme Cachot<sup>1</sup>, Thibaut Léger<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Université Bordeaux, CNRS, Bordeaux INP, EPOC, UMR 5805, F-33600 Pessac, France

<sup>2</sup> Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail, Unité Toxicologie des contaminants, 35306 Fougère, France

De nombreuses molécules chimiques issues des activités agricoles et industrielles peuvent perturber le système endocrinien des poissons et sont aujourd'hui considérées comme des substances préoccupantes. Cette étude vise à évaluer l'impact de deux perturbateurs endocriniens (PE) sur le développement de la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*), espèce majeure en aquaculture : (1) le fluorure de sodium, un PE suspecté utilisé dans l'industrie pour diverses applications (médicaments, soudure, teinture pour textiles, etc.) et présent à différentes concentrations dans les eaux (eaux souterraines, eaux potables et en bouteille), et (2) le Tébuconazole, un fongicide perturbateur endocrinien confirmé, largement utilisé en agriculture et détecté dans les eaux continentales.

Cette étude cible les effets de ces deux contaminants sur l'holobionte, c'est-à-dire l'hôte et l'ensemble de ses microbiotes via une approche multi-omique.

Les objectifs sont d'analyser de potentiel perturbations de la composition et du fonctionnement des microbiotes respiratoire, digestif et cutané ainsi que le système immunitaire essentiels à la croissance, au développement et à la santé de la truite arc-en-ciel.

Des truites ont été exposées de manière chronique dès 6 jours post-fécondation, durant 7 mois, à des concentrations environnementales de fluorure de sodium ou de tébuconazole. Le microbiote bactérien des trois tissus a été analysé par séquençage de la région V3-V4 du gène 16S, puis traité bio informatiquement (pipeline FROGS). Les analyses de diversité (alpha, bêta) et les analyses différentielles montrent que ces polluants entraînent des modifications significatives de la structure des communautés bactériennes. Une analyse protéomique de la rate (organe clé de l'immunité) par LC-MS/MS a été réalisée en parallèle.

Les résultats de cette étude contribueront à identifier des biomarqueurs d'exposition et à mieux évaluer les risques liés aux PE pour les espèces aquacoles, dans une perspective One Health.

---

## Etude protéomique des effets d'une irradiation sur les gonades de *G. fossarum* - Analyses statistiques multiples

Sandrine FRELON<sup>\*1</sup>, Rémi RECOURA-MASSAQUANT<sup>2</sup>, Marie-Laure DELIGNETTE-MULLER<sup>3</sup>, Jean-Charles GAILLARD<sup>4</sup>, Nicolas DUBOURG<sup>1</sup>, Jean-Marc BONZOM<sup>1</sup>, Olivier GEFFARD<sup>2</sup>, Arnaud CHAUMOT<sup>2</sup>, Jean ARMENGAUD<sup>4</sup>, Davide DEGLI-ESPOSTI<sup>2</sup>

(1) ASNR PSE-ENV/LECO 13115 - St Paul lez Durance

(2) INRAE Riverly 69625 - Villeurbanne

(3) LBBE, UMR CNRS UCBL VetAgro Sup, 69280 - Marcy l'Etoile

(4) CEA LI2D 30207 – Bagnols-sur-Cèze

\*Contact e-mail : sandrine.frelon@asn.fr

**Mots clés (5 max) :** Pollution chronique – Rayonnement ionisant - Gammare – Protéomique - Analyses statistiques multiples

### Type de présentation

X Résultats de recherche, projet de recherche déposé et/ou accepté

### Résumé

Chez *Gammarus fossarum*, crustacé amphipode sentinelle de l'environnement, reconnu pour sa sensibilité à la qualité des milieux, une exposition au rayonnement ionisant (RI) γ externe impacte fortement la fécondité parentale post-irradiation (i.e. survie de la descendance), plus sensiblement chez les mâles, sans affecter d'autres paramètres de toxicité générale telles la survie ou l'alimentation<sup>1</sup>. Afin de comprendre les mécanismes mis en jeu dans cette reprotoxicité différentielle mâles/femelles, une étude de la génotoxicité<sup>2</sup> et une analyse protéomique shotgun dans les gonades ont été conduites sur des couples irradiés à 4 niveaux de dose, en complément de l'analyse de leur fécondité.

L'analyse protéomique a permis l'identification de 2 046 protéines chez les mâles et 974 protéines chez les femelles. Leur profil d'abondance a été analysé à l'aide de différentes méthodes complémentaires afin de modéliser leur réponse en fonction de la dose et déterminer la radio-sensibilité des processus biologiques impliqués via le calcul d'une dose repère, Bench Mark Dose (BMD) (DRomics<sup>3</sup>), et d'analyser les processus biologiques de groupes de protéines ayant un profil d'abondance similaire, corrélés aux conditions d'exposition et/ou aux effets reprotoxiques via une analyse de co-expression(WGCNA<sup>4</sup>).

Sur les gonades mâles, le calcul d'une BMD a été possible pour 23 protéines, appartenant à des processus fonctionnels tels que la réponse au stress, le métabolisme énergétique, la réparation de l'ADN, la famille myosine-actine. La BMD médiane, déterminée pour chaque processus biologique identifié, montre une forte sensibilité de la réponse au stress. Au niveau réseau de co-expression (WGCNA), sept modules corrélés à la dose ou à l'exposition ont été détectés, dont deux sont commun à la dose et l'exposition. Ils sont composés de protéines dont les profils d'abondances diffèrent en fonction de la dose. Ces protéines appartiennent à des processus fonctionnels incluant ceux retrouvés par la modélisation dose-réponse avec DRomics, ce qui montre une concordance des deux approches au niveau intégratif supérieur que sont les voies métaboliques et physiologiques. Pour les gonades femelles, seule une dizaine de protéines modulées entre le contrôle et la plus forte dose (activité de détoxification, néosynthèse des protéines) a pu être mise en évidence. Aucun calcul de dose repère n'a été possible à cause d'une forte variabilité individuelle de la réponse.

---

<sup>1</sup> Frelon, S., [...], Degli Esposti, D. (2024) Env Toxicol & Chem ; <sup>2</sup> Lacaze et al. (2011) Env Res ; <sup>3</sup> Delignette-Muller, M Larras, F. (2023). Peer Community Journal, 3, no. e90 <sup>4</sup> Degli Esposti, D. et al. (2019) Sci Rep.

---

# Approche transdisciplinaire sur l'étude des interactions contaminants et (micro)biotes

Chapron L<sup>1</sup>.

1. Université de Perpignan Via Domitia, Laboratoire de Biodiversité et Biotechnologies Microbiennes, LBBM, 66860, Perpignan, France.

*(pour information : l'auteur.ice souligné.e est la personne qui fait la présentation)*

**Mots clés (5 max) : Ecophysiologie, Contaminant, Microbiologie, Holobionte**

## Type de présentation

- ☐ Résultats de recherche, projet de recherche déposé et/ou accepté
- ☐ Doctorant.e en 1<sup>ère</sup> année
- ✓ Appel à collaboration (projet en construction, verrous méthodologiques)

## Résumé

Mon profil s'inscrit dans une approche transdisciplinaire, centrée sur l'analyse des interactions entre les contaminants et les différents biotes et microbiotes. Cette démarche s'articule autour de trois grands axes principaux : L'écotoxicologie microbienne dans un contexte de pollution et de biodégradation, le développement de bioindicateurs et de biomarqueurs à différents niveaux biologiques, et l'écotoxicologie à l'échelle de l'holobionte comprenant le microbiote du métaorganisme.

Dans un premier axe, j'étudie les interactions entre contaminants et microbiote en milieu aquatique notamment sur la présence de bactéries pathogènes associées aux plastiques par des approches en génomique ou sur les potentiels réponses de biodégradation. Je développe également des bioindicateurs microbiens fonctionnels permettant de caractériser l'état des écosystèmes en présence de pollution. Parallèlement, je développe dans un second axe des biomarqueurs à plusieurs niveaux biologiques afin d'évaluer les réponses d'organismes face à différents stress, en mobilisant des approches ciblées et non ciblées. J'étudie également les effets à l'échelle écosystémiques par des analyses de bioaccumulation et de réseaux trophique, notamment pour plusieurs espèces coralliaires. Ainsi, j'applique une approche intégrée, combinant multi-biomarqueurs, multi-niveaux et analyses multivariées dans divers contextes écotoxicologiques.

Depuis décembre, j'intègre l'unité du LBBM où je vais poursuivre l'étude des interactions entre contaminants, biotes et microbiotes en mobilisant plusieurs outils transversaux. Cette nouvelle intégration me permet d'élargir mes approches et de renforcer les liens entre données fonctionnelles, physiologiques et écologiques. Je suis également intéressé par de nouveaux projets : n'hésitez pas à venir me voir pour en discuter. Si mon profil vous intéresse ou si vous avez une idée de collaboration, je suis très ouvert et ravi d'échanger !

---

# Évaluation des effets de cinq solvants sur le métabolome du corail *Pocillopora damicornis*

Vincent. Byzyk, Didier. Stien, Emeline. Houël, Maeva. Giraudo,

Sorbonne Université, UPVD, CNRS, Laboratoire de Biodiversité et Biotechnologies Microbiennes, LBBM, F-66650 Banyuls-sur-Mer, France

Corail / Solvant / Métabolomique / Physiologie

## Type de présentation

Résultat de recherche, Projet de recherche accepté

## Résumé

Les récifs coralliens subissent un déclin marqué, principalement en raison du changement climatique et de pressions anthropiques telles que la pollution. Dans ce contexte, les tests écotoxicologiques menés sur les coraux se sont multipliés et font régulièrement usage de solvants organiques. Ces solvants sont utilisés dans les études de toxicité en milieu aquatique pour solubiliser des composés hydrophobes, notamment certains filtres UV, pesticides ou hydrocarbures aromatiques polycycliques. Toutefois, leurs effets propres sur les organismes marins restent peu documentés et insuffisamment standardisés, en particulier chez des espèces non modèles comme les coraux. Afin de contribuer à combler cette lacune, nous avons évalué l'impact de cinq solvants fréquemment employés : méthanol, acétone, éthanol, diméthylsulfoxyde et diméthylformamide, sur le corail tropical *Pocillopora damicornis*. Des boutures de corail ont été exposées durant 7 jours à une gamme de concentrations (0,01 %, 0,1 %, 0,25 % et 1 %). Les réponses biologiques ont été caractérisées à travers l'observation de l'état physiologique des coraux (rétractation des polypes, décoloration des tissus) et par une analyse métabolomique non ciblée visant à détecter d'éventuelles perturbations du métabolome. Les résultats obtenus permettent d'identifier les solvants les plus appropriés pour les études de toxicité chez les coraux portant sur des substances peu solubles.

---

# Exposome de la Côte Vermeille : Impact environnemental des contaminants d'intérêt émergent en milieu marin dans un contexte de changement global

Lenny Debuck, Didier Stien, Thierry Noguer

Université de Perpignan Via Domitia, Sorbonne Université, CNRS, Laboratoire de Biodiversité et Biotechnologies Microbiennes, F-66860 Perpignan Cedex, France

*(pour information : l'auteur.ice souligné.e est la personne qui fait la présentation)*

**Mots clés (5 max) : Côte Vermeille, Polluants émergents, Echantillonneurs passifs, Méduses, Chimie environnementale**

## Type de présentation

- ☐ Résultats de recherche, projet de recherche déposé et/ou accepté
- ☒ **Doctorant.e en 1<sup>ère</sup> année**
- ☐ Appel à collaboration (projet en construction, verrous méthodologiques)

## Résumé

Les régions méditerranéennes sont soumises aux effets du changement global et à des pressions variées, induisant notamment la présence de contaminants d'origine anthropique dans les eaux côtières. Des analyses non ciblées en spectrométrie de masse ont révélé une grande diversité de contaminants dans des eaux de la Côte Vermeille, dont beaucoup ne sont pas suivis par les programmes classiques de surveillance. Certains de ces contaminants ont un effet néfaste sur l'environnement marin aux concentrations mesurées. Ces résultats soulignent la nécessité d'approches plus holistiques pour évaluer l'état chimique des eaux côtières et l'impact sur les organismes marins. Ce projet de thèse s'inscrit dans la continuité de ces travaux préliminaires. Des échantillonneurs passifs ont été utilisés pour collecter les composés présents dans la colonne d'eau, et des prélèvements de sédiment ont été réalisés concomitamment. Plus tard, des études sur le biote sauvage seront menées pour étudier la bioaccumulation et éventuellement la biotransformation de ces composés dans les organismes aquatiques.

Parallèlement, des tests d'écotoxicité seront menés sur des juvéniles de méduses, en ciblant certains des contaminants potentiellement toxiques. L'objectif est d'améliorer la couverture trophique des données d'écotoxicité avec une espèce adaptée au milieu méditerranéen. Les méduses occupent une place clé dans le réseau trophique, sont encore peu exploitées comme modèles biologiques parmi les Cnidaires, et présentent une forte capacité à bioaccumuler les polluants. L'espèce *Aurelia aurita* a été retenue. Ces tests évalueront également l'impact combiné du réchauffement des eaux, dans le contexte du changement climatique.

**Tout doit tenir dans 1 seule page maximum**

## 2. Intégration biologique, vulnérabilité des espèces pour mieux évaluer la qualité des milieux.

---

# (Mal)adaptive plastic response in fish to trace metal contamination in Pyrenean Mountain rivers

GOUTHIER Laurine<sup>1\*</sup>, HANSSON Sophia Veronica<sup>1</sup>, LALOT Bénédicte<sup>1</sup>, GIRAUD Jules<sup>1</sup>,  
BLANCHET Simon<sup>2</sup>, SAINT-PÉ Keoni<sup>2</sup>, JEAN Séverine<sup>1</sup>, JACQUIN Lisa<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Centre de Recherche sur la Biodiversité et l'Environnement (CRBE), UMR 5300, Université de Toulouse, CNRS, IRD, Toulouse INP, Université Toulouse III – Paul Sabatier (UT3), Toulouse, France

<sup>2</sup>Station d'Écologie Théorique et Expérimentale (SETE) du CNRS, UMR 5321, Université Toulouse III Paul Sabatier, Moulis, France

<sup>3</sup>Institut Universitaire de France (IUF), Paris, France

\*Corresponding author: [laurine.gouthier@univ-tlse3.fr](mailto:laurine.gouthier@univ-tlse3.fr)

**Keywords:** Plastic response; metal contamination; *Salmo trutta*; caging; field experiment.

Natural selection imposed by pollution can sometimes lead to genetic, epigenetic, and/or plastic responses, resulting in local adaptation and improved resistance/tolerance to stressors. Depending on the context, plasticity can be adaptive, offering a fitness advantage (Ghalambor et al. 2007), but may also be maladaptive and reduce individual fitness when bearing a cost (Brady et al. 2019). However, the role of plasticity in adaptation to pollution in wild populations remains poorly known, especially under natural conditions (Uren Webster et al. 2013, Petitjean et al. 2023).

To fill this knowledge gap, we investigated the short-term plastic response of wild brown trout populations (*Salmo trutta*) to metal contamination (Cu, Zn, As, Se, Cd and Pb) due to past mining activities in the Pyrenean mountains. We conducted a reciprocal transplantation experiment, transferring fish from High-Contaminated (HC) rivers into Low-Contamination (LC) rivers in cages, and *vice versa* (2 replicates each, Figure 1). We measured metal accumulation or depuration in fish body after two-weeks, as well as several health biomarkers across different biological levels (i.e. gene expression, cell, organism) to characterize plastic responses in realistic conditions. Specifically, we focused on several key biological genes and functions involved in metal sequestration, oxidative stress, cell apoptosis or immunity, as well as immune response, genotoxic damage, energy management and body condition.

Results showed clear divergence between populations according to their origin, notably in terms of metal concentration in their body (Se, As, Pb, Cd). Furthermore, fish originating from HC rivers transplanted into LC rivers rapidly detoxified some highly toxic metals (As and Pb) within 2 weeks, and exhibited markedly lower expression levels of genes involved in metal sequestration (metallothionein) and oxidative stress compared to fish maintained in their native HC environment. Despite this rapid adjustment, HC fish also displayed increased micronucleus rates, suggesting genotoxic damage. In contrast, naive fish originating from LC rivers transplanted into HC rivers exhibited rapid bioaccumulation of some toxic metals (As and Cd). These fish also had decreased energy reserves (lipid content), and showed a notable reduction in the expression of genes involved in energy regulation, highlighting high energetic costs associated with sudden exposure.

Together, our findings reveal strong population-specific plasticity in response to metal pollution, suggesting that long-term exposure may have shaped divergent reaction norms between HC and LC populations. This emphasizes the need to investigate the genetic basis underlying these differences in plasticity, a crucial step to understand the evolutionary potential of populations facing anthropogenic pollution. In the emerging field of evolutionary ecotoxicology, our study highlights the importance of accounting for intraspecific variability to better anticipate the impacts of pollution on wildlife health.

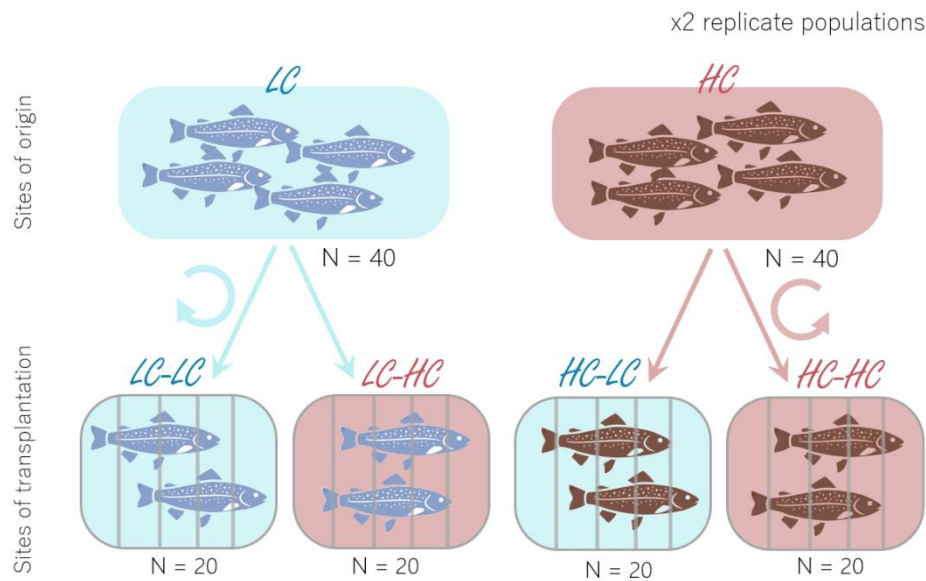


Figure 1. Reciprocal transplant design.

## Bibliography

- Brady, S.P.; Bolnick, D.I.; Angert, A.L.; Gonzalez, A.; Barrett, R.D.H.; Crispo, E.; et al. 2019. Causes of maladaptation. *Evolutionary Applications* 12: 1229–1242.
- Ghalambor, C.K.; McKAY, J.K.; Carroll, S.P.; Reznick, D.N. 2007. Adaptive versus non-adaptive phenotypic plasticity and the potential for contemporary adaptation in new environments. *Functional Ecology* 21: 394–407.
- Petitjean, Q.; Laffaille, P.; Perrault, A.; Cousseau, M.; Jean, S.; Jacquin, L. 2023. Adaptive plastic responses to metal contamination in a multistress context: a field experiment in fish. *Environmental Science and Pollution Research*.
- Uren Webster, T.M.; Bury, N.; van Aerle, R.; Santos, E.M. 2013. Global Transcriptome Profiling Reveals Molecular Mechanisms of Metal Tolerance in a Chronically Exposed Wild Population of Brown Trout. *Environmental Science & Technology* 47: 8869–8877.

# Longueur des télomères chez l'huître creuse : résultats des projets TELOMER et PHIBIE

F. Akcha<sup>1</sup>, R. Le Roux<sup>1</sup>, V. François<sup>2</sup>, J. Le Roy<sup>2</sup>, M. Rabiller<sup>2</sup>, H. Budzinski<sup>3</sup>, N. Tapie<sup>3</sup>, O. Pierre-Duplessix<sup>4</sup>, K. Collin<sup>4</sup>, J. Armengaud<sup>5</sup>, P. Gonzalez<sup>3</sup>, C. Stavrakakis<sup>2</sup>, P. Le Monnier<sup>1</sup>, F. Courant<sup>6</sup>.

<sup>1</sup>Ifremer, Unité CCEM, Nantes.

<sup>2</sup>Ifremer, Unité EMMA, Plateforme Mollusques Marins Bouin.

<sup>3</sup>UMR EPOC LPTC, Talence.

<sup>4</sup>Ifremer Unité COAST, LERMPL, Nantes.

<sup>5</sup>LI2D, CEA Institut Frédéric Joliot, Marcoule.

<sup>6</sup>UMR HydroSciences, Montpellier.

**Mots clés : Huître, contaminants, pesticides, dommages ADN, omics**

## Type de présentation

☒ Résultats de recherche, projet de recherche déposé et/ou accepté

☐ Doctorant.e en 1<sup>ère</sup> année

☐ Appel à collaboration (projet en construction, verrous méthodologiques)

## Résumé :

Les projets TELOMER et PHIBIE sont deux projets complémentaires qui visent à poursuivre les recherches entreprises à l'Ifremer concernant les effets de l'exposition à des substances chimiques sur le génome de l'huître creuse. Dans le but de proposer un nouveau biomarqueur de génotoxicité, les effets des pesticides sur la dynamique des télomères de l'huître ont été étudiés. Les télomères jouent un rôle clef dans la stabilité du génome et la mesure de leur longueur a été proposée chez l'homme et chez plusieurs espèces animales comme un biomarqueur de vieillissement cellulaire et d'exposition cumulée au stress chimique.

Dans un premier temps, des développements méthodologiques ont été réalisés pour l'étude de la dynamique des télomères (mesure de la LT, de l'expression du gène et de l'activité télomérase) chez l'huître. Ces développements ont par la suite été appliqués dans le cadre des volets, *in situ* et expérimental, de ces deux projets. Le volet *in situ*, réalisé de mars 2023 à mars 2024, a été basé sur la transplantation d'animaux sur le site de La Coupelasse en Baie de Bourgneuf. Le volet expérimental lancé en mars 2024 a quant à lui permis d'exposer pendant 72j des huitres à un mélange réaliste de pesticides.

Les échantillons collectés grâce à ces expérimentations ont déjà permis la réalisation de nombreuses analyses pour étudier le lien entre l'exposition à des substances chimiques (bioaccumulation des métaux traces, des polluants organiques : PCB, PBDE, OCs, PFAS, dioxines et furanes, suivi des pesticides dans l'eau), les réponses biologiques (biomarqueurs de génotoxicité dont la longueur des télomères, activités enzymatiques, peroxydation lipidique, expression de gènes cibles) et la physiologie de l'huître (survie, croissance). Ils seront complétés prochainement par ceux issus d'une approche multi-omiques (xéno et endo métabolome, protéome) toujours en cours. Cette présentation propose un aperçu de l'ensemble de ces résultats.

---

# Évaluation écotoxicologique de bétons bas-carbone en milieu marin

Océane Thibault <sup>1</sup>, Camille Ferre <sup>1</sup>, Vanessa Sonois <sup>2</sup>, Lucas Leroy <sup>1</sup>, Gennaro Candela <sup>1</sup>, Maud Schiettekatte <sup>2</sup>, Deeksha Margapuram <sup>2</sup>, Fanny Clergeaud <sup>1</sup>, Maeva Giraudo <sup>1</sup>, Carole Veckerlé <sup>1</sup>, Laurent Intertaglia <sup>1</sup>, Marie Salgues <sup>3</sup>, Alexandra Bertron <sup>2</sup>, Benjamin Erable <sup>4</sup>, Raphaël Lami <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Sorbonne Université, UPVD, CNRS, Laboratoire de Biodiversité et Biotechnologies Microbiennes, LBBM, F-66650 Banyuls-sur-Mer, France

<sup>2</sup> LMDC, Université de Toulouse, UPS, INSA, Toulouse, France

<sup>3</sup> LMGC, IMT Mines Alès, Université de Montpellier, CNRS, Alès 30100, France

<sup>4</sup> Laboratoire de Génie Chimique, CNRS, Université de Toulouse, Toulouse, France

## Mots clés (5 max) :

Ciments bas-carbone, Ecotoxicité, Lixiviation, Biosenseurs

## Type de présentation

Résultat de recherche, Projet de recherche accepté

## Résumé

Dans le cadre de la transition énergétique, l'expansion de l'éolien offshore flottant (EOF) et plus généralement des infrastructures marines nécessite des exigences accrues concernant la durabilité et l'efficacité des matériaux immergés. Bien que les caractéristiques mécaniques des matériaux cimentaires soient largement documentées, leur compatibilité écologique dans un environnement marin demeure peu explorée.

Dans le cadre du projet DuMaCoBio (Région Occitanie), et d'une thèse financée par le GDR OMER (CNRS), ce travail vise à caractériser l'écotoxicité de matériaux cimentaires conventionnels et bas carbone en milieu salin. Trois formulations (CEM I, III, V) sont étudiées afin d'intégrer leur impact environnemental dans l'analyse de leur cycle de vie. L'originalité de l'approche réside dans l'étude de la lixiviation en eau salée, encore peu explorée, combinée à l'évaluation chimique des éléments libérés, à la caractérisation structurale des matériaux et à des tests écotoxicologiques multi-trophiques enrichis par des biosenseurs bactériens ciblant différents types de stress cellulaires.

Les résultats montrent que les matériaux cimentaires bas comme haut-carbone (i) libèrent des composés comparables en solution, avec des concentrations quasiment stables quel que soit le matériau testé (ii) engendrent des effets toxiques détectables sur deux niveaux trophiques, se traduisant par une inhibition de la bioluminescence chez *Aliivibrio fischeri*, une diminution significative du taux de croissance de *Phaeodactylum tricornutum* (iii) affectent la production de biofilm microbien colonisateur (iv) induisent des stress cellulaires (stress oxydatif, dommages à l'ADN, aux protéines, perturbation des interactions cellulaires ; mesurés par une collection de biosenseurs microbiens).

Ces données soulignent l'importance d'intégrer une perspective écotoxicologique dans l'évaluation de la durabilité et du cycle de vie des matériaux destinés aux infrastructures marines.

---

## Etude de l'efficacité, de la dégradation et des risques environnementaux des nouveaux revêtements anti-salissures de bateau sans biocides – projet RAS

Cachot Jérôme<sup>1</sup>, Sophie Lecomte<sup>2</sup>, Fabienne Fay<sup>3</sup>, Cécile Massé<sup>4</sup> et Florane Le Bihanic<sup>5</sup>

1. EPOC UMR 5805, Univ. Bordeaux, CNRS, Bordeaux INP, 33600 Pessac
2. CBMN UMR 5248, Univ. Bordeaux, CNRS, Bordeaux INP, 33600 Pessac
3. LBCM EMR-6076, Université de Bretagne Sud, CNRS, 56100 Lorient
4. PatriNat, OFB, MNHN, CNRS, IRD, 75005 Paris, France
5. Parc naturel marin du Bassin d'Arcachon, Office Français de Biodiversité, 33470 Le Teich

**Mots clés (5 max) :** revêtements de bateau, antisalissure, efficacité, dégradation, écotoxicité

**Type de présentation :** Appel à collaboration

**Résumé :** Des biosalissures se développent sur toute surface immergée non traitée. Elles altèrent les performances et la durée de vie des bateaux et peuvent conduire à disséminer des espèces non indigènes dans les milieux aquatiques. Pour limiter cet encrassement biologique, des peintures anti-salissures sont régulièrement appliquées sur la coque des navires. Celles-ci contiennent généralement des biocides qui sont libérés progressivement dans l'environnement. En raison de leur persistance et/ou de leur toxicité ces biocides font peser un risque non négligeable pour les espèces aquatiques. Pour limiter ce risque écotoxicologique, des revêtements anti-salissures dit sans biocides ont été développés ou sont en cours de développement, mais leur innocuité pour l'environnement reste encore à démontrer. Le projet RAS vise à évaluer l'efficacité anti-salissures, la dégradation et les risques physico-chimiques, chimiques et biologiques de six revêtements anti-salissures sans biocide. L'activité anti-salissures des différents revêtements sera évaluée en laboratoire par la mesure de l'adhésion de bactéries et microalgues modèles et *in situ* par le suivi de la fixation d'espèces colonisatrices et d'espèces non indigènes et aussi de microorganismes ou de virus pathogènes. La dégradation des différents revêtements sera étudiée en conditions de laboratoire après traitement aux UV et lixiviation et aussi en conditions de terrain avec l'immersion des revêtements pendant 6 mois dans le bassin d'Arcachon. Les produits de dégradation émis (additifs et particules) seront dosés dans les lixiviats et/ou dans le milieu (sédiments et moules). L'état de surface des revêtements sera suivi au cours du temps par des méthodes de microscopies vibrationnelles (Raman et FTIR). Enfin, l'écotoxicité de ces matériaux sera évaluée en laboratoire et sur le terrain par une approche multi-espèces (cibles et non cibles) et multi-marqueurs à différents niveaux d'organisation biologique pour prendre en compte la sensibilité différentielle des espèces et les effets cocktails à faibles doses. Des essais de toxicité standardisés seront ainsi réalisés sur bactéries, microalgues, microcrustacés et embryons et larves de bivalves et de poissons marins. Enfin, la contamination par les produits de dégradation et les effets toxiques de ces revêtements anti-salissures seront déterminés *in situ* sur des moules marines encagées. Les moules exposées pendant 3 et 6 mois à ces nouveaux revêtements seront soumis un examen histopathologique complet ainsi des mesures d'expression génique et protéique et de dommages oxydatifs seront évalués de façon à caractériser le spectre d'effet de ces matériaux. Ce projet original devrait apporter des données nouvelles sur l'efficacité, le comportement et le risque pour l'environnement de ces nouveaux revêtements anti-salissures de bateau sans biocides et ainsi permettre de guider les politiques publiques dans le secteur des activités nautiques pour la préservation du milieu marin. Ce projet est financé par le PNR 2025 Environnement-Santé-Travail de l'ANSES. Il regroupe des partenaires du GDR Biofouling et Environnement.

# CRUStacés face à la contamination CHimique : adaptabilité des populations des rivières et des côtes, et vulnérabilité aux changements environnementaux (Projet CRUSch)

A Chaumot<sup>1</sup>, R Coulaud<sup>2</sup>, B Xuereb<sup>2</sup>, E Gonzalez-Ortegon<sup>3</sup>, D Degli Esposti<sup>1</sup>, O Geffard<sup>1</sup>, R Recoura-Massaquant<sup>1</sup>, T Rigaud<sup>4</sup>, R Wattier<sup>4</sup>

1 : INRAE RiverLy laboratoire d'écotoxicologie, Villeurbanne, France

2 : Université Le Havre Normandie, Normandie Univ, FR CNRS 3730 SCALE, UMR-I 02 SEBIO, Le Havre, France

3 : Institute of Marine Sciences of Andalusia (ICMAN), CSIC, Puerto Real, Spain

4 : Biogéosciences, UMR CNRS 6282, Université de Bourgogne, Dijon, France

**Mots clés (5 max) :** effets multigénération, diversité, pression chimique, large échelle, multistress

## Type de présentation

- ☒ Résultats de recherche, projet de recherche déposé et/ou accepté
- ☐ Doctorant.e en 1<sup>ère</sup> année
- ☒ Appel à collaboration (projet en construction, verrous méthodologiques)

## Résumé

Le projet ANR CRUSch (2026-2030) vise à traiter une question clé en écotoxicologie dans le contexte de la crise de la biodiversité aquatique: évaluer et comprendre les effets à long terme de l'exposition des populations à la pression chimique dans les environnements contaminés. Les méthodes actuelles d'évaluation du risque écologique reposent sur des données de toxicité issues de souches de laboratoire, ignorant les variations génétiques et écologiques au sein des espèces. Cette approche néglige les effets éco-évolutifs des contaminants et les conséquences indirectes pour les populations exposées aux changements environnementaux.

CRUSch propose une étude empirique de cette problématique, basée sur une approche comparative à grande échelle pour évaluer l'adaptabilité des populations de crustacés (gammaridés en eau douce et palaemonidés en milieu côtier) dans divers contextes de contamination, en intégrant leur diversité (phylo)génétique. Deux hypothèses seront testées chez ces deux modèles présentant des contraintes phytogéographiques contrastées : (1) l'exposition multigénérationnelle aux contaminants induit des processus éco-évolutifs locaux (plasticité phénotypique, sélection) générant des différences de sensibilité entre populations plus importantes qu'entre espèces ou lignées phylogénétiques; (2) cette exposition prolongée des populations accroît leur vulnérabilité à d'autres stress environnementaux. Pour cela, CRUSch poursuivra 4 objectifs:

- établir les relations phylogénétiques et la variabilité de sensibilité à 4 contaminants des peuplements de 100 rivières françaises et 30 stations côtières franco-espagnoles, exposées ou non à la contamination;
- caractériser la nature plastique des tolérances à l'échelle individuelle ou intergénérationnelle, et l'existence de capacités adaptatives différentes entre espèces ou lignées cryptiques;
- évaluer les effets de l'exposition sur la diversité génétique;
- tester la vulnérabilité des populations tolérantes au contaminant à d'autres stress (parasitisme, vague de chaleur, hypoxie, acidification océanique).

La présentation sera l'occasion d'échanger autour de l'approche adoptée (empirisme, large échelle vs mécaniste, cas d'étude ciblé), du choix des bassins ou zones d'étude qui sont encore à déterminer et qui pourraient faire l'objet de synergie entre équipes du GDR, et discuter également des approches moléculaires qui seront mises en place pour caractériser la diversité génétique des populations et espèces de ces peuplements « non modèles ».

---

# Évaluation toxicologique et chimique de lixiviats issus de différents temps de lixiviation par des tests marins normalisés

David Leistenschneider<sup>1,2</sup>, Karine Lebaron<sup>1</sup>, Boris Eyheraguibel<sup>3</sup>, Martin Leremboure<sup>3</sup>, Isabelle Calves<sup>1</sup>, Jean-François Ghiglione<sup>2</sup> & Anne-Leila Meistertzheim<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Plastic At Sea, Observatoire Océanologique de Banyuls, France

<sup>2</sup> CNRS, Sorbonne Université, UMR 7621, Laboratoire d'Océanographie Microbienne, Observatoire Océanologique de Banyuls, France

<sup>3</sup> Université Clermont Auvergne, Clermont Auvergne INP, CNRS, Institut de Chimie (ICCF), Clermont–Ferrand, France

**Mots clés (5 max) :** Lixiviation de plastique, Additifs métalliques et organiques, Plastique recyclé, Test de toxicité normalisé

## Type de présentation

- ☐ **Résultats de recherche, projet de recherche déposé et/ou accepté**
- ☐ Doctorant.e en 1<sup>ère</sup> année
- ☐ Appel à collaboration (projet en construction, verrous méthodologiques)

## Résumé

La toxicité liée à l'omniprésence du plastique dans l'environnement constitue un enjeu majeur du XXI<sup>e</sup> siècle. En effet, ce polluant peut induire des effets toxiques de nature différente : physique, chimique et biologique.

L'objectif de cette étude est d'évaluer la toxicité des produits chimiques relargués par le plastique. Différents temps de lixiviation (i.e. 1 jour, 10 jours, 1 mois, 2 mois, 4 mois et 8 mois) ont été appliqués sur quatre types de polyéthylène (i.e. sans additifs, recyclé, papier bulle et oxodégradable). La toxicité des lixiviats a été déterminée à partir de deux tests normés sur des bactéries (*Aliivibrio fischeri*, ISO 11348-3) et des larves d'oursin (*Paracentrotus lividus*, ASTM E1563). De plus, une analyse des composés inorganiques et organiques présents dans les lixiviats toxiques a été réalisée.

Les lixiviats de 4 et 8 mois du polyéthylène oxodégradable (PE-oxo) ont montré une réduction croissante de la bioluminescence des bactéries. Dès 1 mois de lixiviation du PE-oxo, le développement larvaire des oursins a été impacté. Nous avons également relevé une augmentation progressive de la toxicité corrélée au temps de lixiviation. De surcroît, une décroissance exponentielle des EC<sub>50</sub> a été observée pour le test de toxicité sur les oursins. Par ailleurs, une réduction de la taille des larves a été constatée après seulement 1 et 10 jours de lixiviation pour tous les plastiques, sauf pour le polyéthylène recyclé, qui n'est significativement différent qu'après 10 jours de lixiviation. De plus, une corrélation entre la présence de certains métaux dans les lixiviats et leur toxicité a été mise en évidence. Nous avons pu observer une augmentation du nombre de composés organiques dans les lixiviats du PE-oxo entre 1 et 8 mois de lixiviation. Suite à ces résultats, des recommandations sur les paramètres clés pour une normalisation des lixiviats de plastiques sont proposées.

---

# Modélisation du cycle de mue chez l'espèce sentinelle *Gammarus fossarum* : effets des métaux lourds sur sa reproduction

Mélanie Debelgarri<sup>1</sup>, Juliette Dardé<sup>1,2</sup>, Vincent Felten<sup>3</sup>, Olivier Geffard<sup>2</sup>, Christelle Lopes<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université Lyon 1, Laboratoire de Biométrie et Biologie Evolutive UMR CNRS

5558, 43 bd du 11 novembre 1918 69622 VILLEURBANNE Cedex, France

<sup>2</sup> INRAE, RiverLy, 5 Avenue de la Doua, CS20244, 69625 Villeurbanne Cedex, France

<sup>3</sup> Université de Lorraine, Laboratoire Interdisciplinaire des Environnements Continentaux (LIEC), UMR CNRS 7360, F-57000 Metz, France

**Mots clés (5 max) : Théorie DEB, *Gammarus fossarum*, Reproduction, processus de mue**

## Type de présentation

Résultats de recherche, projet de recherche déposé et/ou accepté

— ~~Doctorant.e en 1<sup>ère</sup> année~~

— ~~Appel à collaboration (projet en construction, verrous méthodologiques)~~

## Résumé

L'étude de l'impact des contaminants chimiques sur les traits d'histoire de vie des organismes s'est longtemps limitée à l'utilisation de modèles dose-réponse. Bien que ces modèles fournissent des indicateurs de toxicité, ils ignorent la dimension temporelle de l'exposition, alors que la toxicité est un processus dynamique et graduel dans le temps (Baas *et al.*, 2010). Une alternative est aujourd'hui proposée avec les modèles toxicocinétiques-toxicodynamiques (TKTD). Ces modèles mécanistes formalisent le lien entre l'exposition à un contaminant et sa bioaccumulation au cours du temps (partie toxicocinétique, TK), ainsi que le lien entre la concentration bioaccumulée et les effets induits sur les traits d'histoire de vie de l'organisme au cours du temps (partie toxicodynamique, TD). Parmi les modèles TKTD, les modèles de type DEBtox (« Dynamic Energy Budget theory for ecoTOXicology ») (Kooijman, 1993) sont de bons outils pour prédire les traits d'histoire de vie dans un contexte bioénergétique. En effet, ces modèles permettent de quantifier l'énergie allouée aux différents processus physiologiques, tels que la croissance, la maintenance et la reproduction, tout en prenant en compte les processus d'accumulation des contaminants, et leurs effets sur ces fonctions physiologiques.

Cependant, ces modèles DEBtox ne sont pas aujourd'hui adaptés aux crustacés amphipodes, dont la mue est un processus vital qui régule la croissance et la reproduction tout au long de la vie de l'organisme. L'objectif de cette étude est de montrer comment intégrer le processus de mue à la description de la physiologie de *Gammarus fossarum*, couramment utilisé comme espèce sentinelle pour évaluer la qualité de l'eau. Pour ce faire, nous avons étendu la théorie DEB de Kooijman (2010) en y intégrant le processus de mue et en le liant à la reproduction au sein de la physiologie du gammaré. Ce modèle DEB a été calibré à l'aide de données observées et permet ainsi de décrire la croissance et la reproduction de *G. fossarum* dans des conditions non perturbées. Il peut maintenant

---

être étendu pour étudier les effets de huit métaux à différents niveaux : l'alimentation, la maintenance, la croissance ou la reproduction (Martin *et al.*, 2014).

---

# Divergence phénotypique induite par la pollution chez la gambusie (*Gambusia holbrooki*) et ses conséquences sur les écosystèmes

Nicolas MARTIN<sup>1,2</sup>, Lisa JACQUIN<sup>1</sup>, Séverine JEAN<sup>1</sup>, Sophia V. HANSSON<sup>1</sup>, Elena GOMEZ<sup>3</sup>, Geoffroy DUORTE<sup>3</sup>, Sophie HERMET<sup>2</sup>, Eva BLONDEAU-BIDET<sup>2</sup>, Céline REISSER<sup>2</sup>, Laura BORNER<sup>4</sup>, Simon BLANCHET<sup>4</sup>, Emilie FARCY<sup>2</sup>

1 : Centre de Recherche sur la Biodiversité et l'Environnement, CRBE, UMR5300, Université de Toulouse, UPS, CNRS, INP, IRD, Toulouse, France

2 : Marine Biodiversity, Exploitation and Conservation, MARBEC, Univ. Montpellier, CNRS, Ifremer, IRD, Montpellier, France

3 : HydroSciences Montpellier, Univ. Montpellier, CNRS, IRD, CNRS, Montpellier, France

4 : Station d'Ecologie Théorique et Expérimentale, SETE, CNRS, UAR, Moulis 2029, France

**Mots clés (5 max) :** Espèce invasive, changements globaux, écotoxicologie, écophysiologie, divergence phénotypique

## Type de présentation

Résultats de recherche, projet de recherche déposé et/ou accepté

## Résumé

Les organismes aquatiques sont exposés à un mélange complexe de polluants issus des activités humaines. Cette pression chimique entraîne une variabilité de tolérance importante au sein d'une même espèce, mais les mécanismes sous-jacents et leurs conséquences écologiques restent mal compris. Durant ma thèse, j'ai étudié ces questions en utilisant la gambusie (*Gambusia holbrooki*), une espèce de poisson invasive capable de coloniser des environnements fortement anthropisés. Nous avons combiné trois approches : (1) des études *in situ* pour caractériser les profils de pollution et les réponses physiologiques et cellulaires des populations naturelles ; (2) des microcosmes pour comparer la réponse transcriptionnelle des populations exposées à un mélange réaliste de pesticides et de pharmaceutiques ; (3) des mésocosmes pour tester l'impact de la divergence phénotypique sur le fonctionnement des écosystèmes. Les résultats *in situ* montrent que les gambusies sont exposées simultanément à de nombreux polluants organiques et métalliques. Cette multipollution active des mécanismes de défense coordonnés (détoxification, régulation du stress oxydatif), permettant de limiter les dommages cellulaires et tissulaires tout en mobilisant les réserves énergétiques. Les poissons maintiennent leur reproduction dans les sites fortement pollués, révélant une tolérance élevée qui peut contribuer au succès invasif de cette espèce. En microcosmes, les populations d'origine contrastée en terme de pollution expriment différemment les gènes clés impliqués dans la détoxification l'immunité et le métabolisme énergétique en réponse à un mélange de pesticides et de pharmaceutiques pouvant participer à la tolérance observée *in situ*. En mésocosmes, cette divergence phénotypique entraîne des effets en cascade : biomasse de poissons plus faible pour les populations issues des milieux pollués, associée à une diminution plus rapide de leurs proies (copépodes), et une diminution de la production primaire (phytoplancton, macrophytes). Ces résultats montrent que la pollution peut modifier les traits des espèces de façon suffisante pour modifier le fonctionnement des écosystèmes, soulignant l'importance d'intégrer la variabilité intraspécifique de réponse aux polluants pour comprendre la tolérance ou la vulnérabilité des espèces à la pollution et les répercussion au niveau de l'écosystème.

# Formulated sediment: a good control to assess freshwater sediment toxicity in *Gammarus fossarum*?

Cécile LUC-REY<sup>1,2</sup>, Anthony G.E. MATHIRON<sup>1</sup>, Benoît J.D. FERRARI<sup>3</sup>, Hélène BUDZINSKI<sup>4</sup>, Pierre-Louis HOMBERT<sup>1</sup>, Nicolas DELORME<sup>2</sup>, Olivier GEFFARD<sup>2</sup>, Guillaume JUBEAUX<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Biomonitoring Aquatic Environment - BIOMAE, 320 Rue de la Outarde 01500 CHÂTEAU-GAILLARD

<sup>2</sup> RiverLy - Fonctionnement des hydrosystèmes - INRAE, 5 rue de la Doua 69100 VILLEURBANNE

<sup>3</sup> Swiss Centre for Applied Ecotoxicology (Centre Ecotox), EPFL-ENAC-IIE-GE, Station 2, 1015 LAUSANNE, Switzerland

<sup>4</sup> Environnements et Paléoenvironnements Océaniques, Université de Bordeaux, Bâtiment B2, 1er étage est, Avenue des Facultés, 33405 TALENCE

**Keywords:** Sediment toxicity, Natural sediment, Bioassays, Biomonitoring, Amphipod

**Presentation type:** Résultats de recherche, projet de recherche déposé et/ou accepté

## Abstract:

Freshwater sediments act as sinks for various pollutants such as metals, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), Polychlorinated biphenyls (PCBs), pharmaceuticals and personal care products (PPCPs), per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS). While chemical analyses are the primary approach for studying sediment, which is in line with the Water Framework Directive (WFD), bioassays are now useful to provide effect-based sediment quality assessment<sup>1</sup>. This is why we developed two bioassays focusing on the feeding rate and the reproduction (number of embryos) of the freshwater amphipod *Gammarus fossarum* that is currently used as model species for water quality biomonitoring in France as part of the WDF. In order to assess the successful execution of those tests and enable interpretation of the results, standardized guidelines recommend the use of a formulated sediment (FS) as a laboratory control (e.g. OECD 218). Normalised FS is mainly composed of quartz sand, kaolin and peat and can be used for soil organisms (nematodes, ISO 10872), aquatic plants (watermilfoils, OECD 239), and benthic macroinvertebrates (amphipods, NF T 90-338-1).

Here we aim to question the relevance of the FS as laboratory control with our gammarid bioassay. In other words, does FS allow for good natural sediments (NS) discrimination depending on their toxicity? For that, we exposed male gammarids to 127 NS, of which 20 were considered uncontaminated and 16 FS in order to determine their survival and feeding rates. Also, we exposed female gammarids to 81 NS, of which 20 were considered uncontaminated and 7 FS in order to determine their survival and reproduction.

First, the reproducibility of the FS was studied. Male survival for one FS was significantly different from others and coefficients of variation for the feeding rate ranged from 4 to 58%. Moreover, female reproduction for one FS was significantly different from others. Those results showed an important variability in the observed responses when using FS. Then, FS was compared to uncontaminated natural sediments (UNS): FS allows for the discrimination of fewer sediments than UNS whether it concerns feeding rates (14 vs. 25) or reproduction (4 vs. 8). The results show that FS, compared to UNS, do not allow for better discrimination of NS according to their toxicity.

Alternative compositions of formulated sediment were tested but did not provide better results. Therefore, we used our large dataset to propose reference values, based on statistical method<sup>2,3</sup> that was already used for field approaches, based on in situ caging of gammarids, using feeding rate and reproduction as endpoints<sup>4</sup>. Finally, the proposed bioassays could be used as an integrative tool of the contamination for the retrospective assessment of environmental risks.

## References:

- (1) De Baat, M. L.; Wieringa, N.; Droge, S. T. J.; Van Hall, B. G.; Van Der Meer, F.; Kraak, M. H. S. Smarter Sediment Screening: Effect-Based Quality Assessment, Chemical Profiling, and Risk Identification. *Environ. Sci. Technol.* **2019**, *53* (24), 14479–14488. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b02732>.
- (2) Besse, J.-P.; Coquery, M.; Lopes, C.; Chaumot, A.; Budzinski, H.; Labadie, P.; Geffard, O. Caged *Gammarus Fossarum* (Crustacea) as a Robust Tool for the Characterization of Bioavailable Contamination Levels in Continental Waters: Towards the Determination of Threshold Values. *Water Research* **2013**, *47* (2), 650–660. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.10.024>.
- (3) Leprêtre, M.; Geffard, A.; Palos Ladeiro, M.; Dedourge-Geffard, O.; David, E.; Delahaut, L.; Bonnard, I.; Barjhoux, I.; Nicolaï, M.; Noury, P.; Espeyte, A.; Chaumot, A.; Degli-Esposti, D.; Geffard, O.; Lopes, C. Determination of Biomarkers Threshold Values and Illustration of Their Use for the Diagnostic in Large-Scale Freshwater Biomonitoring Surveys. *Environ Sci Eur* **2022**, *34* (1), 115. <https://doi.org/10.1186/s12302-022-00692-2>.
- (4) Jubeaux, G.; Canal, J.; Rebillard, J.-P.; Julian, N.; Arcanjo, C.; Chaumot, A.; Geffard, O. *Encagement de gammarides sur le bassin Adour-Garonne pour évaluer la qualité écotoxicologique des milieux aquatiques*. Astee TSM. <https://astee-tsm.fr/articles/tsm-78-2024-etude-jubeaux/> (accessed 2025-08-22).

**Acknowledgement** - The authors thank BIOMAE and INRAE teams for their technical support and French Water Agencies and Groupe CARSO for sediments sampling and physico-chemical analysis.

---

# Influence des fongicides SDHI (succinate deshydrogenase inhibitor) sur le comportement et la régénération des planaires

Caroline Vignet<sup>1</sup>, Elsa Benoist Mathieu<sup>1,2</sup>, Jean Michel Malgouyres<sup>1</sup>, Lisa Jacquin<sup>2</sup>,  
Séverine Jean<sup>2</sup>

1 : INU Champollion, BTSB, Albi

2 : CRBE, UT, Toulouse

*(pour information : l'auteur.ice souligné.e est la personne qui fait la présentation)*

**Mots clés (5 max) : planaires, SDHI, fongicides, comportement, régénération**

**Type de présentation.**

☒ Résultats de recherche, projet de recherche déposé et/ou accepté

☐ Doctorant.e en 1<sup>ère</sup> année

☐ Appel à collaboration (projet en construction, verrous méthodologiques)

## Résumé

Les inhibiteurs de la succinate deshydrogénase (SDHI) sont des fongicides mitotoxiques utilisés en agriculture qui interviennent directement en inhibant une enzyme-clé de la respiration cellulaire, empêchant la production d'énergie pour la cellule par les mitochondries. L'enzyme ciblée par les SDHI est la succinate déshydrogénase, une enzyme présente dans les mitochondries et très conservées chez tous les organismes eucaryotes. Cette particularité rend les SDHI dangereux et potentiellement toxiques pour l'ensemble des êtres vivants. La plupart de ces molécules se retrouvent ensuite dans l'environnement et une grande partie termine dans le compartiment aquatique où vivent de nombreux organismes non cibles incluant les planaires. Ces invertébrés aquatiques carnivores possèdent une forte capacité de régénération et sont sensibles aux polluants. Les planaires possèdent un système nerveux avec tous les éléments constitutifs de ceux des vertébrés supérieurs comme les neurones et les neurotransmetteurs. Elles peuvent aussi être utilisées comme bioindicateur de la santé des écosystèmes, et leur grande sensibilité aux substances bioactives est utilisée pour analyser la qualité et le niveau de pollution de l'eau. C'est par conséquent un outil important en cours de développement pour évaluer la santé des écosystèmes.

Nous avons analysé le comportement (locomotion, réponse au stress) et la régénération de l'espèce *Schmidtea mediterranea* pour évaluer les effets des 3 SDHI : le boscalid, le bixafen et le fluopyram. Nous avons pu observer une inhibition de la locomotion et des facteurs de comorbidité peu commun sur les planaires.

---

# Rôle du microbiote dans les processus d'adaptation aux stress environnementaux : impacts sur le risque de maladie chez les poissons sauvages

Aurélie Jeantet<sup>1</sup>, Laurine Gouthier<sup>1</sup>, Lisa Jacquin<sup>1</sup>

1 : Centre de Recherche sur la Biodiversité et l'Environnement (CRBE), UMR 5300, Université de Toulouse, CNRS, INP, Université Toulouse III – Paul Sabatier (UT3), Toulouse, France

**Mots clés (5 max)** : pollution métallique, microbiote, truite fario, pathogènes

## Type de présentation

- ☒ Résultats de recherche, projet de recherche déposé et/ou accepté
- ☐ Doctorant.e en 1<sup>ère</sup> année
- ☐ Appel à collaboration (projet en construction, verrous méthodologiques)

## Résumé

Ces dernières décennies, les activités humaines, telles que l'urbanisation, l'agriculture intensive et l'exploitation industrielle, ont profondément transformé les écosystèmes naturels, notamment par la libération de nombreux contaminants. Dans les milieux aquatiques, les polluants organiques et inorganiques modifient les caractéristiques physico-chimiques de l'environnement et affectent directement les organismes qui y vivent. Si les effets de la pollution sur la santé des vertébrés aquatiques sont bien documentés, leurs impacts sur les communautés bactériennes qui leur sont associées restent encore largement méconnus. Chez les poissons, les microbiotes cutané et intestinal jouent pourtant un rôle fondamental dans l'immunité, le métabolisme, la détoxification et le maintien de l'homéostasie, contribuant de manière déterminante à la résistance aux pathogènes. Comprendre comment la contamination environnementale perturbe ces communautés microbiennes et comment ces perturbations influencent la vulnérabilité aux infections représente donc un enjeu majeur, en particulier pour les populations sauvages exposées à des stress multiples. Ce projet postdoctoral vise à déterminer comment la pollution métallique modifie la diversité et la composition du microbiote chez les poissons, et à évaluer les conséquences de ces modifications sur la santé, la résistance aux pathogènes et le risque de maladie. La truite fario (*Salmo trutta*) des rivières pyrénéennes constitue un bon modèle, car elle est soumise à une pollution chronique issue d'anciennes activités minières et car elle est exposée au parasite émergent *Tetracapsuloides bryosalmonae*, responsable de mortalités importantes. Combinant approches corrélatives le long de gradients de pollution et approches expérimentales dans des conditions de stress réalistes, ce projet permettra (1) d'explorer les effets de la pollution (notamment métallique) sur les microbiotes intestinal et cutané, (2) d'identifier les liens entre le microbiote et le taux d'infection des poissons, ainsi que les biomarqueurs de santé, (3) d'examiner le lien entre les modifications du microbiote et la capacité d'adaptation de l'hôte à un nouvel environnement plus ou moins pollué, et (4) de développer un indicateur de risque de maladie basé sur la composition du microbiote, à destination des gestionnaires de la biodiversité

---

## Comparative Ecotoxicological Assessment of Nano-formulated and Conventional Copper-based Pesticides on the Aquatic Compartment using *Daphnia magna*, *Planorbarius corneus*, *Chironomus riparius*, and *Xenopus laevis*

Thomas Moura<sup>1</sup>, Florian Chapeau<sup>1</sup>, Van Xuan Nguyen<sup>1</sup>, Marion Vivant<sup>1</sup>, Frédéric Candaudap<sup>1</sup>, Camille Larue<sup>1</sup>, Maialen Barret<sup>1</sup>, Laurence Chevalier<sup>2</sup>, Lauris Evariste<sup>3</sup>, Éric Houdeau<sup>3</sup>, Bruno Lamas<sup>3</sup>, Laury Gauthier<sup>1</sup>, Éric Pinelli<sup>1</sup> & Florence Mouchet<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université de Toulouse, CNRS, Toulouse INP, IRD, CRBE, Toulouse, France

<sup>2</sup> Groupe de Physique des Matériaux, GPM-UMR6634, CNRS, Université de Rouen, Rouen, France

<sup>3</sup> Université de Toulouse, El Purpan, ENVT, INRAE, Toxalim, Toulouse, France

E-mail contact: [thomas.moura@toulouse-inp.fr](mailto:thomas.moura@toulouse-inp.fr)

---

Copper nanoparticles (NPs) are widely used for their antibacterial and antifungal properties, especially in nano-formulated pesticides for agricultural applications, where they have been proposed as an alternative to conventional products, offering improved efficiency. Freshwater ecosystems are particularly vulnerable, as they often act as ultimate sinks for environmental contaminants, including NPs. Understanding how copper-based nanopesticides affect non-target aquatic organisms is therefore essential for a realistic assessment of their environmental risk. Yet, ecotoxicological data on aquatic systems remain scarce. In addition, most existing studies rely on pristine or laboratory-synthesized model nanoparticles, whereas investigations of commercially available formulations are needed to provide more environmentally relevant insights. In this context, this study evaluated the ecotoxic potential of the copper-based nanopesticide, Kocide 3000® in comparison with the conventional formulation Kocide 2000®, using four freshwater organisms: a crustacean, a gastropod, an insect and an amphibian, representing diverse ecological niches and traits. For this purpose, the species were directly exposed in water to each copper formulation to increasing concentrations under controlled laboratory conditions. A Copper salt (CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O) was also tested to provide a benchmark for assessing copper-related toxicity alongside the complex commercial formulations. Beyond acute toxicity (*Daphnia magna*), we investigated developmental effects, recovery capabilities (*Planorbarius. corneus*) and used *Chironomus riparius* and *Xenopus laevis* as holobiont models. 16S rDNA gene sequencing was performed to characterize the bacterial composition associated with their microbiota, which is likely to be sensitive to such copper products. Analyses showed that all contaminants, across all species, induced toxicity at environmentally relevant concentrations (0.005 to 0.050 mg Cu L<sup>-1</sup>). For several endpoints, the effects of the two pesticides differed from those of copper alone, highlighting the importance of evaluating the hazards of commercial products instead of extrapolating the risk from a purified active substance. Regarding microbiota responses, both commercial formulations induced distinct shifts in bacterial taxa. In the gut microbiota of amphibian larvae, only the nanopesticide induced significant changes compared to the negative control at all tested concentrations. Finally, the differential and significant bioaccumulation potential of the nanopesticide in biological matrices suggests a higher risk of copper transfer through aquatic-terrestrial food webs, potentially impacting biodiversity and ecosystem health. Altogether, these findings question the assumption that nano-formulations represent a safer alternative and emphasize the need for further research into the mechanisms underlying the impacts of copper nanopesticides, as well as their broader ecological consequences following agricultural use.

**Keywords:** Aquatic Ecotoxicology, Nanoparticles, Pesticide, Copper, Microbiota, Amphibian

### 3. Effets différés, effets multigénérationnels et transgénérationnels

---

# Predicting maternal transfer of organic pollutants across aquatic reptiles, chemicals, and matrices

Cynthia C. Muñoz<sup>1</sup>, Sandrine Charles<sup>1</sup>, Peter Vermeiren<sup>2</sup>

1: Université Claude Bernard Lyon 1; CNRS, UMR 5558, Laboratory of Biometry and Evolutionary Biology, 69100 Villeurbanne, France

2: INRAE, Centre de Lyon-Grenoble Auvergne-Rhône-Alpes; UR RiverLy, Ecotoxicology Laboratory, 69100 Villeurbanne, France

**Mots clés (5 max):** Transgenerational offloading, Cross-species extrapolation, Reverse dosimetry, Reproductive strategies, Bayesian regression modelling

## Type de présentation

X Résultats de recherche, projet de recherche déposé et/ou accepté

## Résumé

Maternal offloading of chemicals presents a first exposure for embryos during a critical window of sensitive early life development. We compiled a comprehensive database regarding published data on organic pollutants measured in mother–egg pairs of reptiles through a systematic extraction, homogenization, and integration. We, then, developed reptile-specific models to quantify maternal pollutant offloading.

Our results indicated that research on newer contaminants lags regulatory and societal demands. Moreover, taxonomic bias, heterogeneity in sampled tissues, and 73% of censored data complicate comparative analyses. However, the turtles *Malaclemys terrapin* and *Chelydra serpentina* were identified as flagship species where a large amount of data is available. Consequently, we fitted statistical models to data from these two turtles, and tested their ability to predict concentrations of organic pollutants in eggs across reptiles (turtles, snakes, crocodiles); legacy and emerging pollutants; and tissues (including blood as a low-invasive biomonitoring matrix). Maternal pollutant transfer could be quantified for several turtle species with a close alignment between lipid-normalised pollutant concentrations in mother and offspring. Concentrations were, on average, slightly lower in eggs than in females with higher transfer at higher maternal burdens. Predictions worked well between *M. terrapin* and *C. serpentina* and towards snakes and alligators where models transferred well across muscle, liver, and blood, and across several organic pollutant classes with some class-specific differences. Meanwhile, predictions did not match observations in sea turtles.

Our results underscore the suitability of aquatic turtles as models to study the maternal pollutant transfer process, and their role as surrogate species to bridge the data gap in reptile ecotoxicology. Nevertheless, our study highlighted species-specific differences in maternal pollutant transfer. This cautions against blind extrapolation across species, and urges research into underlying mechanisms. We provide scientific tools (including a web application) to quantitatively predict embryonic exposure through transgenerational pollutant offloading as a prerequisite to assess risks for embryo toxicity, or, in reverse, to trace back maternal exposure from egg biomonitoring data.

#### 4. Mécanismes d'accumulation, devenir et transfert des contaminants le long des chaînes trophiques

---

# Assessing lifelong bioaccumulation of pollutants in aquatic top predators: a simulation model for alligators in lakes

Peter Vermeiren<sup>1</sup>, Cynthia C. Muñoz<sup>2</sup>, Andreas Focks<sup>3</sup>, Sandrine Charles<sup>2</sup>

1: INRAE Centre de Lyon-Grenoble Auvergne-Rhône-Alpes, UR RiverLy, Ecotoxicology Laboratory, 69100 Villeurbanne, France

2: Claude Bernard Lyon 1 University, CNRS, UMR 5558, Laboratory of Biometry and Evolutionary Biology, 69100 Villeurbanne, France

3: Osnabrück University, Department Mathematics/Computer Science/Physics, Environmental Systems Modeling, 49074 Osnabrück, Germany

**Mots clés (5 max):** Trophic transfer, internal bioaccumulation, Individual-Based Modelling, Pesticides

## Type de présentation

- ☐ Résultats de recherche, projet de recherche déposé et/ou accepté
- ☒ ~~Doctorant.e en 1<sup>ère</sup> année~~
- ☒ ~~Appel à collaboration (projet en construction, verrous méthodologiques)~~

## Résumé

Environmental pollution presents one of the main drivers of the ongoing global biodiversity crisis. This crisis affects populations of large-bodied top predators disproportionately more than other species, which can have knock-on impacts on the whole ecosystems via top down regulation of prey and cascading effects throughout the food web. Nevertheless, ethical and practical limitations to their biomonitoring and experimentation, fragmented ecotoxicological data, and uncertainties regarding extrapolation of knowledge from other, related species complicate assessments of the impacts of environmental pollution on apex predators.

Consequently, we aimed to synthesise and integrate current scattered knowledge and data through the development of a simulation model that quantifies and connects the different processes involved in the bioaccumulation of pollutants over the lifespan of a cohort of top predators. The model, then, provides a tool to support decision making regarding conservation and chemical risk assessment for these species, by enabling comparison of simulated internal concentrations against known toxic effect concentrations.

The model was built around an agent-based model (ABM) architecture. This allows for the explicit simulation of individual variability in physiological traits and the investigation of intraspecific trait variation on population viability. Additionally, ABM provides a framework for the coupling of several smaller models as components of the simulation. Particularly, the model considers ontogenetic shifts in habitat preferences, bioenergetics of growth and reproduction, bioaccumulation of pollutants throughout the food web, and the lifetime internal toxicokinetics and maternal transfer of pollutants into subsequent generations.

The model is calibrated and validated for *Alligator mississippiensis* in Lake Apopka as a case study, taking advantage of the extensive scientific data and knowledge on this species in relation to historic pollution by organochlorine pesticides on the lake shore.

---

# Présentation 1<sup>ère</sup> année de doctorat - Occurrence et impact des contaminants organiques hydrophobes d'intérêt émergent dans les organismes marins du Bassin d'Arcachon

Marie-Lou Le Bihan<sup>1</sup>, Audrey Barranger<sup>1</sup>, Pierre Labadie<sup>2</sup>, Yann Aminot<sup>1</sup>

1 : Ifremer, CCEM Contamination Chimique des Écosystèmes Marins, F-44000, Nantes, France

2 : Université de Bordeaux, CNRS, Bordeaux INP, EPOC, UMR 5805, F-33600, Pessac, France

**Mots clés (5 max) :** Bioaccumulation, Organismes Marins, Contaminants d'Intérêt Emergent, Mécanismes d'action, Bassin d'Arcachon

## Type de présentation

☐ Doctorant.e en 1<sup>ère</sup> année

## Résumé

Si certains contaminants dits historiques sont aujourd'hui bien documentés et voient leurs concentrations environnementales diminuer, l'attention des scientifiques se porte désormais sur une multitude de substances chimiques encore peu décrites et regroupées sous le terme de contaminants d'intérêt émergent. Dans ce contexte, une biosurveillance prospective sur l'ensemble du littoral français est menée par l'Ifremer à travers le programme Veille POP, afin de suivre les niveaux et les tendances de ces contaminants. Parmi eux, deux grandes familles de composés se démarquent par leur omniprésence et leur persistance dans l'environnement : les composés per- et polyfluoroalkylés (PFAS) et les esters d'organophosphate (OPE).

Ma thèse se focalise sur le Bassin d'Arcachon, un site emblématique reconnu pour sa richesse écologique, sa valeur socio-économique et son statut de Parc naturel marin mais soumis à de fortes pressions urbaines, touristiques, conchyliques, nautiques et halieutiques, et aux apports des bassins versants. Elle vise à mieux comprendre l'occurrence, le devenir dans les réseaux trophiques et l'impact biologique des PFAS et des OPE, en combinant des approches de chimie environnementale et d'écotoxicologie. Les travaux s'articuleront autour de deux volets complémentaires, (1) la caractérisation de la contamination et du transfert trophique de ces composés en menant une campagne d'échantillonnage représentative des organismes de cet écosystème, (2) l'étude de leur toxicité, de leurs mécanismes d'action et de leur biotransformation chez le bar européen, *Dicentrarchus labrax* et l'huître creuse, *Magallana gigas*, via des Nouvelles Approches Méthodologiques (NAMs) *in vitro*, incluant notamment des cultures cellulaires 3D.

Ces travaux permettront de mieux caractériser les vulnérabilités du Bassin d'Arcachon vis-à-vis de ces contaminants émergents, et fourniront aux décideurs et gestionnaires des données robustes permettant une gestion durable des milieux littoraux.

---

# Développement d'une étude de toxicocinétique chez le corail tropical *Pocillopora damicornis* exposé par voie alimentaire à l'Uvinul A+

Fanny CLERGEAUD, Maeva GIRAUDO, Vincent BYZYK, Claire GUILLIER, Philippe LEBARON

Sorbonne Université, CNRS, Université de Perpignan Via Domitia, Laboratoire de Biodiversité et Biotechnologies Microbiennes, UMR8176, Observatoire Océanologique, 66650 Banyuls-sur-Mer

**Mots clés : corail ; filtre UV ; bioaccumulation ; toxicocinétique ; biotransformation**

## Type de présentation

- ☒ Résultats de recherche, projet de recherche déposé et/ou accepté
- ☐ Doctorant.e en 1<sup>ère</sup> année
- ☐ Appel à collaboration (projet en construction, verrous méthodologiques)

## Résumé

Les coraux tropicaux sont soumis à de fortes pressions anthropiques, parmi lesquelles l'exposition à des contaminants chimiques tels que les filtres UV issus des produits cosmétiques. Si leurs effets toxiques commencent à être documentés, leur devenir au sein des tissus coralliens demeure encore largement méconnu, en particulier leurs potentielles transformation et accumulation. L'Uvinul A+ (UVA+), filtre solaire de plus en plus utilisé comme alternative à l'avobenzone, constitue un composé d'intérêt croissant.

Dans ce contexte, nous avons étudié la toxicocinétique de l'UVA+ afin de comprendre la dynamique des concentrations internes après exposition par voie trophique. Le corail tropical *Pocillopora damicornis* a été nourri pendant 7 jours avec des proies contaminées à l'UVA+, puis soumis à une phase de dépuración de 10 jours au cours de laquelle il a reçu des proies non contaminées.

Les premières analyses suggèrent un transfert du composé parent de la proie vers le corail, avec une concentration maximale de  $15,14 \pm 10,75 \mu\text{g/g dw}$  au jour 7. Cependant, la faible bioaccumulation observée limite la précision de l'estimation de la constante de vitesse d'absorption et donc du facteur de bioamplification. Durant la dépuración, les concentrations en UVA+ dans les tissus coralliens ont diminué selon une cinétique exponentielle bien décrite par le modèle, conduisant à une demi-vie du composé de 17 heures.

Parallèlement, trois métabolites de l'UVA+ ont été détectés dès le premier jour d'exposition : un dérivé ayant subi la perte d'un groupement éthyle, un second ayant perdu un groupement éthyle et acquis deux atomes de brome, et un troisième correspondant à l'UVA+ conjugué à un acide gras saturé (C14:0-UVA).

Ces résultats préliminaires montrent que *P. damicornis* capte l'UVA+ par voie trophique, l'accumule le composé parent de manière transitoire et active des voies métaboliques de transformation. Cette étude apporte des éléments nouveaux sur le devenir des filtres solaires dans les coraux tropicaux ainsi que sur leurs capacités de biotransformation face à ces contaminants émergents.

---

# Modélisation de la bioaccumulation d'éléments-traces métalliques (ETM) en mélange complexe chez *Gammarus fossarum*

Théo Ciccia<sup>1</sup>, Juliette Dardé<sup>1,2</sup>, Marina Coquery<sup>2</sup>, Olivier Geffard<sup>2</sup>, Christelle Lopes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Université Lyon , Laboratoire de Biométrie et Biologie Evolutive, UMR CNRS 5558, 43 boulevard du 11 novembre 1918, 69622 Villeurbanne Cedex

<sup>2</sup>INRAE, RiverLy, 5 rue de la Doua, CS20244, 69625 Villeurbanne Cedex, France.

---

**Mots clés (5 max) : Bioaccumulation, Métaux, Mélanges, Gammare, Toxicocinétique**

## Type de présentation

- ☐ Résultats de recherche, projet de recherche déposé et/ou accepté

## Résumé

L'Homme, comme les milieux naturels, sont exposés à la contamination chimique en mélanges complexes. L'évaluation des risques écotoxicologiques associés à ces mélanges représente donc un enjeu majeur. Dans ce contexte, ce projet de recherche vise à mieux prédire la bioaccumulation des éléments traces métalliques (ETM) dans les écosystèmes d'eau douce. Il s'intéresse plus spécifiquement à la bioaccumulation de mélanges complexes de métaux par l'organisme sentinelle *Gammarus fossarum*, en s'appuyant sur des outils de modélisation adaptés. Plusieurs cadres théoriques existent aujourd'hui pour modéliser la bioaccumulation et la toxicité des métaux dans le compartiment aquatique. Certains modèles reposent principalement sur les conditions chimiques et biologiques du milieu, comme le Biotic Ligand Model (BLM) ou WHAM-F<sub>TOX</sub>. D'autres relèvent de modèles mécanistes, décrivant la cinétique d'absorption, de distribution et d'élimination des métaux au sein de l'organisme, ainsi que la dynamique des effets (modèles toxicocinétiques–toxicodynamiques, TK-TD)<sup>1</sup>.

L'objectif de ce projet est de combiner une approche toxicocinétique avec une approche inspirée du BLM, intégrant explicitement la biodisponibilité des métaux en fonction des conditions physico-chimiques des eaux, notamment la compétition entre cations et la complexation avec des ligands organiques et inorganiques présents dans le milieu. Ce couplage permet de mieux relier les conditions environnementales, la fraction réellement biodisponible des ETM, et les dynamiques d'accumulation interne des ETM chez *G. fossarum*<sup>2</sup>. Pour y parvenir, les données expérimentales de bioaccumulation acquises chez *G. fossarum* après des expositions individuelles à huit ETM (Cd, Zn, Co, As, Cr, Cu, Ag et Ni) ainsi qu'à leur mélange complexe sont exploitées. Des informations complémentaires issues de la littérature sont également mobilisées afin d'identifier et de regrouper les métaux partageant un même ligand biotique (récepteur physiologiquement actif de la membrane biologique), une étape clé pour modéliser correctement leur potentielle interaction en mélange.

1. Gong, B., Qiu, H., Romero-Freire, A., Van Gestel, C. A. M. & He, E. Incorporation of chemical and toxicological availability into metal mixture toxicity modeling: State of the art and future perspectives. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* **52**, 1730–1772 (2022).
2. Gao, Y., Feng, J., Han, F. & Zhu, L. Application of biotic ligand and toxicokinetic–toxicodynamic modeling to predict the accumulation and toxicity of metal mixtures to zebrafish larvae. *Environ. Pollut.* **213**, 16–29 (2016).