



SUJET DE THESE DE DOCTORAT

Transfert trophique du mercure des microalgues à la moule bleue

1- Contexte : Les milieux aquatiques représentent l'exutoire final d'un grand nombre de contaminants émis par les activités anthropiques alors que leur importance écologique impose de les préserver ou les restaurer, et par conséquent de disposer d'outils performants pour en évaluer la qualité chimique et écologique. Dans ce contexte, le mercure (Hg) est un polluant prioritaire qui représente un risque par l'alimentation pour les animaux. Pourtant peu d'études concernent les effets du Hg par la voie alimentaire à concentration environnementale. L'exposition par l'eau a démontré que le mercure cause un stress oxydatif, altère le métabolisme énergétique et l'homéostasie des métaux essentiels du biote à forte concentration. Mais ces travaux sont peu représentatifs des conditions environnementales.

La moule bleue *Mytilus edulis* est une espèce indigène du littoral Atlantique-Manche, couramment exploitée en pêche à pied et en conchyliculture. Cet organisme filtreur, sessile et résistant demeure une espèce majeure des programmes de biosurveillance aquatique depuis les années 70 en raison de sa forte capacité à bioaccumuler les métaux traces qui contaminent les côtes. *Mytilus edulis* est également un organisme d'approvisionnement aisé qui peut être stabulé au laboratoire dans un environnement aquariologique maîtrisé.

2- Objectifs du travail : Le but du projet est d'améliorer nos connaissances de l'accumulation et l'effet des différentes formes de Hg (inorganique et organique) chez *Mytilus edulis* exposée par l'eau et par voie trophique. Le projet combinera des analyses chimiques du mercure et des réponses biologiques ciblées de défense et sans a priori par omique. Il s'agira notamment de comparer les réponses mesurées en exposition contrôlée au laboratoire à un gradient de concentrations par voie alimentaire, avec différentes espèces de microalgues et en encagements *in situ*.

Le projet répondra aux questions suivantes : (i) le methyl-Hg (MMHg) et le Hg inorganique (IHg) suivent-ils un taux de transfert similaire dans les moules nourries avec des diatomées ou des chlorophytes, (ii) la proportion de diatomées dans le phytoplancton est-elle inversement corrélée au transfert de Hg dans les moules ? (iii) Le devenir subcellulaire de IHg et de MMHg diffère-t-il selon les voies d'exposition, baignade ou voie alimentaire ? (iv) La réponse moléculaire, cellulaire et individuelle de IHg et de MMHg diffère-t-elle selon les voies d'exposition ? (v) Peut-on lier statistiquement et biologiquement une signature omique à des effets individuels dans le contexte de l'exposome ?

Une fois ces questions déchiffrées, nous utiliserons les données pour proposer des signatures omiques de l'exposition et de l'effet afin d'améliorer la surveillance du flux et de l'impact des contaminants dans les écosystèmes. Ces connaissances fondamentales sont essentielles pour mieux comprendre et prévoir la propagation des effets entre les niveaux trophiques des systèmes aquatiques et pour identifier des biomarqueurs innovants et plus efficaces en vue d'une meilleure évaluation des risques liés aux contaminants.

3- Lieu de travail et environnement : Travail de laboratoire à l'UMR-I SEBIO à l'Université du Havre Normandie et missions régulières dans les laboratoires partenaires en France. Le financement du salaire, de fonctionnement et des missions est acquis par le projet MercurFood financé par l'ANR.

4- Encadrement : Pr Frank Le Foll (frank.lefoll@univ-lehavre.fr) et Prof Cosio Claudia (claudia.cosio@univ-reims.fr)

Envoyer par courriel **un seul fichier** de candidature comportant le Curriculum vitae, une lettre de motivation et une lettre de recommandation

Trophic transfer of mercury from microalgae to blue mussels

1- Context : Aquatic environments represent the final outlet for a large number of contaminants emitted by anthropogenic activities, while their ecological importance requires that they be preserved or restored, and consequently that effective tools must be used to assess their chemical and ecological quality. In this context, mercury (Hg) is a priority pollutant that poses a risk by diet to animals. However, few studies have been conducted on the effects of Hg through diet at environmental concentrations. Waterborne exposure has been shown to cause oxidative stress, impair energy metabolism and the homeostasis of essential metals in biota at high Hg concentrations. However, waterborne Hg exposure at high concentration is not representative of most environmental conditions.

The blue mussel *Mytilus edulis* is a species native to the Atlantic-English Channel coast, commonly exploited in fishing and farming. This filter-feeding, sessile and resistant organism has been a major species in aquatic biomonitoring programs since the 1970s because of its strong ability to bioaccumulate trace metals that contaminate coastlines. *Mytilus edulis* is also an easy supply organism that can be kept in the laboratory in a controlled aquarium environment.

2- Objectives of the work: The aim of the project is to improve our knowledge of the accumulation and effect of different forms of Hg (inorganic and organic) in *Mytilus edulis* exposed by water and by diet. The project will combine chemical analyses of Hg with targeted biological responses of defense and non-targeted omics analysis. In particular, it will be necessary to compare the responses measured in controlled laboratory exposure to a gradient of concentrations by diet, with different species of microalgae and in situ exposures.

The project will answer the following questions: (i) do methyl-Hg (MMHg) and inorganic Hg (IHg) follow a similar transfer rate in mussels fed with diatoms or chlorophytes, (ii) is the proportion of diatoms in phytoplankton inversely correlated with Hg transfer in mussels? (ii) Does the subcellular fate of IHg and MMHg differ according to the routes of exposure, water or diet? (iii) Does the molecular, cellular, and individual response of IHg and MMHg differ by route of exposure? (iv) Can an omics signature be statistically and biologically linked to individual effects in the context of the exposome?

Once these questions deciphered, we will use the data to propose omics signatures of exposure and effect to improve monitoring of contaminant flux and impact in ecosystems. This fundamental knowledge is essential to better understand and predict the spread of effects between trophic levels of aquatic systems and to identify innovative and more effective biomarkers for better contaminant risk assessment.

3- Workplace & Environment: Laboratory work will mainly be performed at the UMR-I SEBIO at the University of Le Havre Normandie and through regular missions in partner laboratories in France. Funding for salary, analyses and missions is acquired by the MercurFood project funded by the ANR.

4- Supervision : Pr Frank Le Foll (frank.lefoll@univ-lehavre.fr) et Prof Cosio Claudia (claudia.cosio@univ-reims.fr)

Send by email **a single application file** including the curriculum vitae, a cover letter and a letter of recommendation

5- Bibliographie/Bibliography

Baratange C, Baali H, Gaillet V, Bonnard I, Delahaut L, Gaillard JC, Grandjean D, Sayen S, Gallorini A, Le Bris N, Renault D, Breider F, Loizeau JL, Armengaud J, Cosio C (2023), Bioaccumulation and molecular effects of carbamazepine and methylmercury co-exposure in males of *Dreissena polymorpha*, *Science of The Total Environment*, 897:165379, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.165379.

Baratange C, Paris-Palacios S, Bonnard I, Delahaut L, Grandjean D, Wortham L, Sayen S, Gallorini A, Michel J, Renault D, Breider F, Loizeau J-L, Cosio C (2022) Metabolic, cellular and defence responses to single and co-exposure to carbamazepine and methylmercury in *Dreissena polymorpha*, *Environmental Pollution* 300:118933, DOI: 10.1016/j.envpol.2022.118933

Cosio C, Degli-Esposti D, Alumnia C, Gaillet V, Sartelet H, Armengaud J, Chaumot A, Geffard O, Geffard A (2021) Subcellular distribution of dietary methyl-mercury in *Gammarus fossarum* and its impact on the amphipod proteome. *Environmental Science and Technology*, 55(15):10514-10523, DOI: 10.1021/acs.est.1c02385

Gentès et al. (2015) Specific Effects of Dietary Methylmercury and Inorganic Mercury in Zebrafish (*Danio rerio*) Determined by Genetic, Histological, and Metallothionein Responses *Environmental Science & Technology* 2015 Vol. 49 Issue 24 Pages 14560-14569, DOI: 10.1021/acs.est.5b03586