

## Thèse EALTH : Effets A Long terme de la contamination chimique des milieux aquatiques sur les Traits d'Histoire de vie de la crevette bouquet

### 1) Contexte et Objectifs

Au cours des dernières décennies, les écosystèmes aquatiques ont subi une augmentation spectaculaire des pressions et des altérations d'origine humaine. La contamination chimique est désormais identifiée comme un facteur du déclin continu de la biodiversité (Sigmund et *al.* 2023). Cependant, par rapport à d'autres facteurs de stress telles que l'augmentation de la température ou l'eutrophisation, le rôle de la contamination chimique en tant que facteur global de perte de biodiversité reste peu étudié. L'examen des suivis de surveillance chimique sur le terrain révèle deux caractéristiques clés concernant la contamination des milieux aquatiques par les polluants historiques et émergents : **sa nature chronique**, avec une exposition persistante pendant des décennies et **son hétérogénéité spatiale**. Parallèlement, des études de cas en écotoxicologie évolutive ont documenté des **changements dans la sensibilité chimique des espèces au sein d'environnements contaminés**, bien qu'avec des degrés variables de variation de la tolérance des populations (Coutellec et *al.* 2024). Une question controversée est de savoir si ces variations de tolérance sont de nature génétique ou non, car cette distinction a des implications majeures pour leur ampleur, leur stabilité à travers les générations et leurs coûts potentiels en termes de viabilité des populations (Vigneron et *al.* 2015 ; Siddique et *al.* 2021). Des études récentes chez les crustacés d'eau douce suggèrent que **l'acclimatation à court terme et la plasticité transgénérationnelle, plutôt que l'adaptation génétique**, pourraient expliquer la tolérance des populations à des contaminations historiques (Lalouette et *al.* 2023). Cette hypothèse pourrait expliquer pourquoi les changements de sensibilité observés sur le terrain restent modérés, ce qui contraste fortement avec les niveaux de résistance extrêmes observés dans la résistance aux pesticides dans l'agriculture ou la lutte antivectorielle. De plus, le **maintien d'une tolérance** même modérée aux contaminants, que ce soit au niveau individuel ou à travers les générations, pourrait **augmenter la sensibilité à d'autres facteurs de stress environnementaux** et, *in fine*, compromettre la viabilité à long terme des populations confrontées aux changements environnementaux en cours.

Malgré les connaissances croissantes sur la variabilité de la sensibilité des populations dans l'environnement, les approches actuelles d'évaluation des risques écologiques (ERE) **négligent largement l'hétérogénéité taxonomique et spatiale des populations au sein des espèces**. Au lieu de cela, elles s'appuient sur des données de toxicité issues d'un nombre limité d'espèces et de souches de laboratoire utilisées comme substituts pour l'ensemble de la diversité des espèces des écosystèmes (*e.g.* *Daphnia*, *Hyaella* ou *Americamysis* pour les crustacés). Par conséquent, les cadres ERE actuels continuent de considérer notamment que les milieux aquatiques récepteurs sont exempts de contaminants, à l'exception du composé chimique évalué, en partant du principe que la variabilité de la sensibilité entre populations peut être ignorée, tout comme les vulnérabilités croisées potentielles à de multiples facteurs de stress environnementaux.

C'est dans ce contexte qu'a été obtenu le **financement ANR CRUSch** (*CRUSTaceans facing CHEmical contaminations: adaptability of riverine and marine populations, and vulnerability to environmental change*, AAPG2025, 2026-2029). Les objectifs principaux de CRUSch sont : (i) d'établir pour la première fois un examen à grande échelle de la variabilité spatiale de la sensibilité des populations aquatiques à la contamination chimique, (ii) de documenter la nature plastique ou fixe des changements dans la tolérance aux contaminants et l'existence de différences dans la capacité d'adaptation entre les espèces ou les lignées cryptiques, (iii) d'évaluer les conséquences de l'exposition environnementale à une contamination multiple sur la diversité génétique des populations et (iv) leur vulnérabilité aux facteurs de stress biotiques ou abiotiques. Pour cela, CRUSch s'appuie sur l'étude de deux groupes d'espèces de crustacés présentant des caractéristiques phylogéographiques et génétiques contrastées, les gammarés en eau douce et les crevettes palémonidés en milieu marin.

L'UMR I-02 SEBIO étudie depuis plusieurs années les **crevettes palémonidés** *Palaemon sp* (Erraud 2018 ; Rollin 2021 ; Baudet 2023). Elles ont été proposées comme des modèles crustacés très pertinents pour l'évaluation de l'impact des pressions anthropiques en milieux marins et estuariens (Key et al. 2006, Erraud 2018 ; Rollin 2021). Abondants, faciles à collecter, à manipuler et à maintenir en laboratoire, ces organismes se prêtent aussi bien à des expérimentations en milieu contrôlé que sur le terrain. Sur le plan écologique, ils constituent une importante ressource alimentaire pour de nombreuses espèces et occupent une part importante dans les processus de dégradation et de redistribution des débris organiques. Le genre *Palaemon* est largement répandu et abondant sur les côtes d'Europe de l'Ouest, le rendant particulièrement pertinent pour une utilisation à une large échelle spatiale. De plus, il présente une importante valeur patrimoniale et socio-économique dans plusieurs régions d'Europe dont la Normandie, figurant parmi les espèces commerciales à plus haute valeur ajoutée (Haig et al. 2014).

Dans ce contexte, le projet de thèse EALTH, financé à 100% par la région Normandie, s'appuiera sur l'expertise approfondie de l'UMR I-02 SEBIO sur la biologie des palaemonidés et les travaux menés dans le cadre du projet ANR CRUSCH pour s'intéresser à deux questions centrales en écotoxicologie : **(i) la nature plastique ou fixe de la tolérance des organismes aux contaminants chimiques** et **(ii) les coûts associés à l'exposition à long terme aux contaminants chimiques en termes de vulnérabilité à deux stress environnementaux** qui affectent les eaux océaniques : **les vagues de chaleur** et **l'acidification** des eaux. Pour le choix des populations qui seront étudiées de manière approfondie (maintien long terme et développement au laboratoire, suivi transgénérationnel, croisements...), la thèse EALTH s'appuiera sur le screening à large échelle spatiale réalisé dans le cadre du projet CRUSCH (40 stations étudiées, des côtes normandes jusqu'en Galice en Espagne) dont l'objectif est, *via* des expositions à différents contaminants avec des modes d'action variés (élément trace métallique, insecticide neurotoxique, PFAS, perturbateur endocrinien), d'identifier des lots de populations tolérantes vs des lots de populations sensibles à la contamination chimique.

## 2) Programme

**Le projet de thèse s'articule autour de deux axes principaux : (i) l'étude de la nature plastique ou fixe de la tolérance aux contaminants (Axe 1) et (ii) l'étude des coûts associés à l'exposition à long terme aux contaminants chimiques en termes de vulnérabilité aux stress environnementaux (Axe 2).**

### **Axe 1 : Etude de la nature plastique ou fixe de la tolérance aux contaminants**

Pour répondre à ce premier axe du projet, deux séries d'expériences seront menées afin de tester *(i)* d'une part, le **maintien dans le temps de la résistance accrue aux contaminants chimiques (e.g. Cu, Cd, néonicotinoïdes) des populations « tolérantes »** après le maintien d'adultes au laboratoire dans des conditions non contaminées et *(ii)* d'autre part, la transmission de la résistance accrue des populations tolérantes à leur descendance (expérimentation transgénérationnelles). Dans les deux cas, nous testerons la **nature plastique** (issue de processus locaux tels que la plasticité phénotypique ou les effets parentaux) ou **fixe** (transmission de caractères génétiquement sélectionnés) de la tolérance aux contaminants.

### **Axe 2 : Etude des coûts associés à l'exposition à long terme à la contamination chimique**

Pour répondre à ce deuxième axe du projet de thèse, deux séries d'expériences seront menées afin de tester *(i)* les coûts associés à l'exposition à long terme aux contaminants en termes de vulnérabilité à l'acidification de l'eau et *(ii)* à des pics de température (heat waves) qui sont particulièrement pertinents en milieu marin. Nous nous intéresserons à la vulnérabilité aux stress environnementaux observés lors du développement larvaire de *P. serratus*. En effet, les stades précoces, notamment des crustacés marins, ont été montrés comme

particulièrement sensibles aux stress environnementaux (Anger et al. 2003 ; Pandori et al. 2019 ; Marochi et al. 2021) et représentent ainsi des stades de vie pertinents dans ce contexte.

Les méthodologies expérimentales des Axes 1 et 2 ont déjà été éprouvées lors de travaux précédents et sont maîtrisées. Le laboratoire SEBIO possède en effet une grande expertise zootechnique sur les crevettes palémonidés, que ce soit pour les expositions d'adultes (Erraud 2018 ; Rollin 2021) ou le suivi du développement larvaire (Baudet 2023).

### 3) Bibliographie

Anger K et al (2003) **MEPS** 253: 243-251 [doi](#)

Baudet JB (2023) **Thèse de doctorat**. [lien](#)

Bruning MJ et al (2024) **Sci. Rep.** 14: 29800 [doi](#)

Coutellec MA et al (2024) **Env. Sci. Pol. Res.** 322847 [doi](#)

Deschamps M et al (2025) **Sci. Rep.** 15: 15949 [doi](#)

Erraud A (2018) **Thèse de doctorat**. [lien](#)

Haig J et al (2014) **Fish. Cons. Rep.** [lien](#)

Key P et al (2006) **Env. Bio.** 115-128 [doi](#)

Lalouette A et al (2023) **Sci. Total Envir.** 903:166216 [doi](#)

Marochi MZ et al (2021) **Estuar. Coastal. Shelf. Sci.** 259: 107478 [doi](#)

Oliver ECJ et al (2018) **Nat. Com.** 9: 1324 [doi](#)

Pandori et al (2019) **Oikos** 128: 621-629 [doi](#)

Rollin M (2021) **Thèse de doctorat**. [lien](#)

Siddique A et al (2021) **Env. Sci. Tech.** 55:15100-9 [doi](#)

Sigmund G et al (2023) **Glob. Ch. Biol.** 29:3240-55 [doi](#)

Vigneron A et al (2015) **Ecotox.** 24:1239-49 [doi](#)

Walther et al (2010) **MEPS** 417:159-170 [doi](#)

#### **Profil du candidat :**

- Master 2 en écotoxicologie / écologie aquatique ;
- Maîtrise du logiciel R ;
- Expérience des approches expérimentales, que ce soit les prélèvements sur le terrain ou les expérimentations en conditions contrôlées au laboratoire ;
- Des connaissances des modèles crustacés seraient un plus ;
- Autonomie, capacité d'initiative, enthousiasme, curiosité ;
- Bonne capacité de rédaction ;
- Capacité à communiquer et travailler en équipe.

#### **Informations pratiques :**

Direction de thèse : Céline Boulangé-Lecomte (UMR-I 02 SEBIO)

Encadrement scientifique : Romain Coulaud & Benoit Xuereb (UMR-I 02 SEBIO)

Lieu : UMR-I 02 SEBIO, Université Le Havre Normandie

**Date de début : Octobre 2026**

Collaboration : Arnaud Chaumot (INRAE Lyon, porteur du projet ANR), Enrique González-Ortegon (CSIC - Cadix, Espagne), Andrés Martínez Lage (GIBE – La Coruña, Espagne)

Financement : Allocation de la région Normandie pour la thèse, ANR CRUSCH pour les expérimentations.

Comment postuler ? : envoyer par email à Romain Coulaud ([romain.coulaud@univ-lehavre.fr](mailto:romain.coulaud@univ-lehavre.fr)) avec un CV détaillé, une lettre de motivation et les noms de deux personnes référentes à contacter.

## **1) Background and Objectives**

Over recent decades, aquatic ecosystems have been subjected to a dramatic increase in human-induced pressures and disturbances. Chemical contamination is now recognised as a factor in the ongoing decline of biodiversity (Sigmund *et al.* 2023). However, compared to other stressors such as rising temperatures or eutrophication, the role of chemical contamination as an overall driver of biodiversity loss remains poorly understood. A review of field-based chemical monitoring data reveals two key characteristics regarding the contamination of aquatic environments by historical and emerging pollutants: **its chronic nature**, with persistent exposure over decades, **and its spatial heterogeneity**. At the same time, case studies in evolutionary ecotoxicology have documented **changes in species' chemical sensitivity within contaminated environments**, but with varying degrees of variation in population tolerance (Coutellec *et al.* 2024). A controversial question is whether these variations in tolerance are genetic in nature or not, as this distinction has major implications for their magnitude, their stability across generations, and their potential costs in terms of population viability (Vigneron *et al.* 2015; Siddique *et al.* 2021). Recent studies on freshwater crustaceans suggest that **short-term acclimatisation and transgenerational plasticity, rather than genetic adaptation**, may explain populations' tolerance to historical contamination (Lalouette *et al.* 2023). This hypothesis could explain why the changes in sensitivity observed in the field remain moderate, which contrasts sharply with the extreme levels of resistance seen in pesticide resistance in agriculture or vector control. Furthermore, the **maintenance of even moderate tolerance** to contaminants, whether at the individual level or across generations, could **increase susceptibility to other environmental stressors** and, ultimately, compromise the long-term viability of populations facing ongoing environmental changes.

Despite growing knowledge of the variability in population sensitivity within the environment, current approaches to ecological risk assessment (ERA) **largely overlook the taxonomic and spatial heterogeneity of populations within species**. Instead, they rely on toxicity data from a limited number of species and laboratory strains used as surrogates for the full species diversity of ecosystems (*e.g. Daphnia, Hyalella* or *Americamysis* for crustaceans). Consequently, current ERE frameworks continue to assume, in particular, that receiving aquatic environments are free of contaminants, with the exception of the chemical compound being assessed, on the basis that variability in sensitivity between populations can be ignored, as can potential cross-vulnerabilities to multiple environmental stressors.

It is against this backdrop that the **ANR CRUSch grant** was awarded (*CRUSTaceans facing CHEMical contaminations: adaptability of riverine and marine populations, and vulnerability to environmental change*, AAPG2025, 2026–2029). The main objectives of CRUSch are: *(i)* to conduct, for the first time, a large-scale assessment of the spatial variability in the sensitivity of aquatic populations to chemical contamination, *(ii)* to document the plastic or fixed nature of changes in tolerance to contaminants and the existence of differences in adaptive capacity between species or cryptic lineages, *(iii)* to assess the consequences of environmental exposure to multiple contaminants on the genetic diversity of populations, and *(iv)* their vulnerability to biotic or abiotic stressors. To this end, CRUSch draws on the study of two groups of crustacean species with contrasting phylogeographic and genetic characteristics: freshwater gammarids and marine palaemonid shrimp.

For many years, UMR I-02 SEBIO has been studying the **Palaemonidae shrimp species** *Palaemon* sp (Erraud 2018; Rollin 2021; Baudet 2023). They have been proposed as highly relevant crustacean models for assessing the impact of anthropogenic pressures in marine and estuarine environments (Key *et al.* 2006, Erraud 2018; Rollin 2021). Abundant, easy to collect, handle and maintain in the laboratory, these organisms are equally

suitable to experiments in controlled environments and in the field. Ecologically, they constitute an important food resource for many species and play a significant role in the processes of degradation and redistribution of organic detritus. The genus *Palaemon* is widespread and abundant along the coasts of Western Europe, making it particularly suitable for use across a broad spatial scale. Furthermore, it holds significant heritage and socio-economic value in several regions of Europe, including Normandy, where it ranks among the commercial species with the highest added value (Haig *et al.* 2014).

In this context, the EALTH PhD project, funded entirely by the Normandy region, will draw on the in-depth expertise of UMR I-02 SEBIO in the biology of Palaemonidae and the work carried out as part of the ANR CRUScH project to address two key issues in ecotoxicology: **(i) the plastic or fixed nature of organisms' tolerance to chemical contaminants and (ii) the costs associated with long-term exposure to chemical contaminants in terms of vulnerability to two environmental stresses** affecting ocean waters: **heatwaves** and **ocean acidification**. For the selection of populations to be studied in depth (long-term maintenance and development in the laboratory, transgenerational monitoring, cross-breeding, etc.), the EALTH thesis will draw on the large-scale spatial screening carried out as part of the CRUScH project (40 stations studied, from the Normandy coast to Galicia in Spain), the aim of which is, through exposure to various contaminants with different modes of action (trace metal elements, neurotoxic insecticides, PFAS, endocrine disruptors), to identify batches of populations tolerant to chemical contamination versus batches of populations sensitive to it.

## 2) Programme

The PhD project is structured around two main themes: **(i) the study of the plastic or fixed nature of tolerance to contaminants (Theme 1) and (ii) the study of the costs associated with long-term exposure to chemical contaminants in terms of vulnerability to environmental stresses (Theme 2).**

### Axis 1: Study of the plastic or fixed nature of tolerance to contaminants

To address this first axis of the project, two series of experiments will be conducted to test **(i)** on the one hand, **the persistence over time of increased resistance to chemical contaminants** (*e.g.* Cu, Cd, neonicotinoids) in 'tolerant' populations following the rearing of adults in the laboratory under uncontaminated conditions and **(ii)** secondly, the transmission of increased resistance from tolerant populations to their offspring (transgenerational experiments). In both cases, we will test whether tolerance to contaminants is **plastic** (arising from local processes such as phenotypic plasticity or parental effects) or **fixed** (transmission of genetically selected traits).

### Axis 2: Study of the costs associated with long-term exposure to chemical contamination

To address this second focus of the PhD project, two series of experiments will be conducted to test **(i)** the costs associated with long-term exposure to contaminants in terms of vulnerability to water acidification and **(ii)** to temperature spikes (heat waves), which are particularly relevant in the marine environment. We will focus on vulnerability to environmental stresses observed during the larval development of *P. serratus*. Indeed, early life stages, particularly in marine crustaceans, have been shown to be particularly sensitive to environmental stresses (Anger *et al.* 2003; Pandori *et al.* 2019; Marochi *et al.* 2021) and are therefore relevant life stages in this context.

The experimental methodologies for Research Areas 1 and 2 have already been tested in previous work and are well established. The SEBIO laboratory possesses extensive zootechnical expertise on palaemonid shrimp, whether regarding the exposure of adults (Erraud 2018; Rollin 2021) or the monitoring of larval development (Baudet 2023).

### 3) Reference

Anger K et al (2003) **MEPS** 253: 243-251 [doi](#)

Baudet JB (2023) **Thèse de doctorat**. [lien](#)

Bruning MJ et al (2024) **Sci. Rep.** 14: 29800 [doi](#)

Coutellec MA et al (2024) **Env. Sci. Pol. Res.** 322847 [doi](#)

Deschamps M et al (2025) **Sci. Rep.** 15: 15949 [doi](#)

Erraud A (2018) **Thèse de doctorat**. [lien](#)

Haig J et al (2014) **Fish. Cons. Rep.** [lien](#)

Key P et al (2006) **Env. Bio.** 115-128 [doi](#)

Lalouette A et al (2023) **Sci. Total Envir.** 903:166216 [doi](#)

Marochi MZ et al (2021) **Estuar. Coastal. Shelf. Sci.** 259: 107478 [doi](#)

Oliver ECJ et al (2018) **Nat. Com.** 9: 1324 [doi](#)

Pandori et al (2019) **Oikos** 128: 621-629 [doi](#)

Rollin M (2021) **Thèse de doctorat**. [lien](#)

Siddique A et al (2021) **Env. Sci. Tech.** 55:15100-9 [doi](#)

Sigmund G et al (2023) **Glob. Ch. Biol.** 29:3240-55 [doi](#)

Vigneron A et al (2015) **Ecotox.** 24:1239-49 [doi](#)

Walther et al (2010) **MEPS** 417:159-170 [doi](#)

#### **Candidate profile:**

- Master's degree in ecotoxicology or aquatic ecology;
- Expertise in R software;
- Experience with experimental methods, including field sampling and laboratory experiments under controlled conditions;
- Knowledge of crustacean models would be an advantage;
- Ability to work independently, initiative, enthusiasm and curiosity;
- Good writing skills;
- Ability to communicate and work as part of a team.

#### **Practical information:**

Thesis supervisor: Céline Boulangé-Lecomte (UMR-I 02 SEBIO)

Scientific supervision: Romain Coulaud & Benoit Xuereb (UMR-I 02 SEBIO)

Location: UMR-I 02 SEBIO, University of Le Havre Normandy

#### **Start date: October 2026**

Collaboration: Arnaud Chaumot (INRAE Lyon, ANR project leader), Enrique González-Ortegon (CSIC - Cadiz, Spain), Andrés Martínez Lage (GIBE – La Coruña, Spain)

Funding: Normandy Region grant for the PhD, ANR CRUsCH for the experiments.

**How to apply:** email Romain Coulaud (romain.coulaud@univ-lehavre.fr) with a detailed CV, a cover letter and the names of two referees to contact.