

Titre du projet doctoral : Évolution des adaptations sensorielles au cours du cycle de vie chez la crevette hydrothermale *Rimicaris exoculata* : du génotype au phénotype fonctionnel

Projet doctoral

Les sites hydrothermaux, situés le long des dorsales océaniques, sont des habitats fragmentés et instables, caractérisés par l'absence de lumière solaire, d'importantes fluctuations thermiques et chimiques et des concentrations élevées en métaux lourds, sulfures et autres composés toxiques. Ces écosystèmes sont colonisés par une faune endémique et spécialisée qui dépend des émissions de fluide pour ses apports trophiques. Les crevettes de la famille Alvinocarididae, en particulier l'espèce *Rimicaris exoculata*, comptent parmi les espèces dominantes et emblématiques des sites de la dorsale médio-Atlantique. L'espèce fait face à des contraintes multiples qui changent radicalement au cours des différents stades de développement. Les premiers stades de vie (larves) vont disperser dans la colonne d'eau et doivent à un moment donné détecter les signes de nouveaux sites actifs pour recruter. Les juvéniles, encore aposymbiotiques, doivent à la fois trouver des sources de nourriture et détecter les environnements favorables à la présence de bactéries pour l'installation de la symbiose. Enfin, les adultes, dont les sources de carbone reposent entièrement sur leurs symbiotes chimioautotrophes, doivent rester à proximité des fluides hydrothermaux pour fournir les composés réduits à leurs symbiotes et interagir avec leurs congénères, notamment lors des phases de reproduction. Les systèmes sensoriels impliqués aux étapes clés du cycle de vie jouent un rôle fondamental dans la dispersion et la survie de l'espèce. Chaque stade (larves, différents stades juvéniles, adultes) occupe en effet une niche écologique distincte, caractérisée par des environnements chimiques et thermiques ainsi que des régimes alimentaires spécifiques. Ces transitions impliquent vraisemblablement une réorganisation progressive du « sensoriome » (l'ensemble des gènes impliqués dans les systèmes sensoriels), avec une réallocation énergétique entre stades et d'importantes reconfigurations de l'architecture sensorielle. Pourtant, les mécanismes permettant la détection des sites de recrutement, l'orientation et la survie dans ces environnements restent largement méconnus, et aucune étude n'a encore caractérisé de manière intégrée les quatre grands systèmes sensoriels (chimio-, thermo-, mécano- et photoréception) à l'échelle de l'ensemble du cycle de vie.

Nos travaux antérieurs se sont focalisés sur le stade adulte, par des approches de microscopies, électroantennographie, comportements et de recherche de gènes, jetant les bases des spécificités sensorielles de ce stade (structure spécifique du cerveau, attraction aux températures élevées et répertoire de gènes sensoriels très diversifié par rapport aux espèces côtières). Nos premières observations des différents stades de vie ont montré des modifications drastiques des systèmes nerveux périphériques (antennes, antennules) et centraux (cerveaux) entre le stade larvaire et les stades suivants, en corrélation avec un mode de vie également drastiquement différents (pélagique vs benthique hydrothermal).

L'objectif de ce travail est de comprendre comment, au cours du cycle de vie, l'architecture sensorielle se met en place et se spécialise, en réponse à des contraintes écologiques distinctes. Pour cela, plusieurs approches seront mises en oeuvre : 1) Identifier les acteurs moléculaires de 4 grandes modalités sensorielles: chimio-, mécano-, thermo- et photo-réception et leurs évolutions au cours des différents stades de vie (approches génomique, et transcriptomique); 2) Imager finement les structures sensorielles intervenant dans ces modalités chez les différents stades de vie et localiser les récepteurs spécifiques de chaque stade (approches microscopiques et hybridation in situ) ; 3) Etudier la fonction précise de plusieurs gènes d'intérêt en réponse à différents stimuli chimiques, thermiques, mécaniques ou visuels (par expression en système hétérologue et visualisation par imagerie calcique).

L'ensemble des résultats visera à obtenir la construction d'un scénario développemental complet du sensoriome de cette espèce et constituera la première approche intégrative analysant conjointement la chimio-, la thermo-, mécano- et photoréception au cours du cycle de vie d'une espèce de crevette hydrothermale, en les replaçant dans le contexte de l'écologie et de la biologie distinctes des stades larvaires, juvéniles et adultes.

Adéquation à l'Institut ou l'Initiative

Le projet de thèse s'inscrit dans 2 des axes du baromètre starfish : 1) état de santé de l'océan (risque d'extinction des espèces) et 2) pressions exercées par les activités humaines sur l'Océan. En effet, les richesses minérales contenues dans le plancher océanique (au niveau des dorsales océaniques en particulier) suscitent un intérêt économique et sociétal grandissant. Leur potentielle exploitation par les industries minières expose les faunes locales à des perturbations importantes de leur environnement ; notamment sensoriel. La création de vibrations, la remise en suspension de sédiments ou autres composés pouvant créer des leurres ou encrasser les organes de détection sont autant de perturbations pouvant impacter le recrutement mais aussi la survie des populations, si elles ne sont plus capables de localiser les sites hydrothermaux. Ce projet vise à une meilleure connaissance des mécanismes de perceptions sensorielles chez ces espèces clés des sources hydrothermales, connaissances cruciales pour évaluer la capacité des espèces à détecter, éviter ou recoloniser des habitats perturbés. Intégrée au PEPR Océan et Climat [LifeDeeper](#), cette étude apportera des données sur la capacité de résilience des espèces et permettront l'élaboration de stratégies de gestion et de conservation pour les instances décisionnaires.

Encadrement : M. Zbinden SU – UMR BOREA & T. Chertemps SU -IEES

Les deux encadrants travaillent depuis plus de 10 ans sur la perception sensorielle chez les crevettes des sources hydrothermales. M. Zbinden travaille depuis 20 ans sur ce modèle et sur les écosystèmes de l'océan profond. T. Chertemps travaille sur les mécanismes de la réception olfactive et gustative dans les systèmes sensoriels périphériques des insectes, dans un contexte évolutif et adaptatif. Ils possèdent une expertise dans les approches microscopiques, moléculaires (génomique, transcriptomique) et fonctionnelles nécessaire à la thèse.

Conditions scientifiques matérielles et financières du projet

Disponibilité du matériel : 1) les transcriptomes des antennules des différents stades de vie de *R. exoculata* sont déjà disponibles et le projet de génome de *R. exoculata* a été accepté par le programme [ATLASea](#). 2) les échantillons nécessaires pour les études génomique, transcriptomique et anatomique sont déjà disponibles pour partie au laboratoire. Le complément sera fourni par des collègues de l'UMR BEEP (Biologie et Ecologie des Ecosystèmes Marins Profonds) de l'Ifremer de Brest et si besoin par un nouvel échantillonnage lors d'une mission prévue en Mars 2026.

Financements hors salaire (missions, séminaires, fonctionnement, ...) : Le financement du projet est assuré par l'ANR LIFEDEEPER : ANR-22-POCE-0007 (21/09/2022 – 21/09/2029), pour laquelle l'équipe COMPASS est partenaire.

Objectifs de valorisation des travaux de recherche du doctorant

Quatre publications sont attendues : (1) L'étude des génome/transcriptome multi-stades et multi-tissus révélant la dynamique développementale des quatre systèmes; (2) La description anatomique montrant l'évolution de l'architecture sensorielle neurologique au cours du développement, notamment sur les aspects encore non décrits dans la littérature : vision et mécanoréception ; (3) la caractérisation in vitro comparative validant les signatures fonctionnelles des récepteurs clés pour chaque modalité et stade ; (4) Une synthèse des données acquises définissant un modèle ontogénétique de la plasticité développementale multisensorielle intégrée chez ces crustacés.

Références bibliographiques de l'équipe d'encadrement (5 publications majeures)

- **Chertemps T**, Montagné N, Mathou A, Léger N, **Zbinden M**, Ravaux J (soumis). The sensory gene repertoire of deep-sea hydrothermal shrimp. *Chem. Senses*
- Mathou A, Machon J, Krieger J, **Zbinden M**, Ravaux J, Harzsch S (en révision). Evolution of the central nervous system and associated organs in hydrothermal vent shrimps: the case of four alvinocaridid species. *J. Comp. Neuro.*
- Ravaux J., Machon J., Shillito B., Barthélémy B., Amand L., Cabral M., Delcour E., **Zbinden M.** (2021). Do hydrothermal shrimp smell vents? *Insects*, 12, 1043.
- Machon J., Krieger J., Meth R., **Zbinden M.**, Ravaux J., Montagné N., **Chertemps T.**, Harzsch S. (2019). Neuroanatomy of a hydrothermal vent shrimp provides insights into the evolution of crustacean integrative brain centers. *eLife*.
- **Zbinden M**, Berthod C, Montagné N, Machon J, Léger N, **Chertemps T**, Rabet N, Shillito B, Ravaux J (2017) Comparative study of chemosensory organs of shrimp from hydrothermal vent and coastal environments. *Chem. Senses*. 42: 319-331.