

Traits d'histoire de vie et connectivité des Mytilidae hydrothermaux : utilisation des coquilles comme archives de l'histoire individuelle, de la larve à l'adulte

Porteurs : Franck Lartaud (UMR 8222 LECOB, ED 129) et Thierry Comtet (UMR 7144 AD2M, ED 227)

1. Contexte

Les sources hydrothermales profondes constituent des habitats fragmentés qui abritent une faune endémique riche et diversifiée. Ces écosystèmes sont menacés par l'exploitation minière offshore à court ou moyen-terme, dont les impacts potentiels restent mal connus. Ainsi, la résilience face aux perturbations et les capacités de recolonisation de sites impactés restent à définir (Marticorena et al. 2021). Celles-ci dépendent d'échanges démographiques entre populations de sites distincts (connectivité), assurés par la dispersion larvaire. Mais pour de nombreuses espèces hydrothermales la connectivité reste mal caractérisée. En particulier, la durée de vie larvaire et les trajectoires de dispersion (par exemple migration verticale des larves) sont des paramètres fondamentaux qui restent à déterminer.

2. Objectif scientifique

L'objectif du projet est d'étudier la connectivité et la résilience des populations du Mytilidae *Bathymodiolus azoricus* de la dorsale médio-atlantique (MAR) Nord. Il s'agira de préciser la durée de vie larvaire, quantifier les échanges entre différents sites hydrothermaux, déterminer les trajectoires de dispersion, et étudier le devenir des individus recrutés. Nous combinerons des approches de sclérochronologie et de géochimie élémentaire et isotopique sur des coquilles de larves, postlarves, juvéniles et adultes. Pour cela, nous mettrons à profit le processus de biominéralisation des coquilles de mollusques. En effet, cette coquille carbonatée est formée dès le début du développement (stade larvaire), jusqu'à la fin de vie de l'organisme. Sa mise en place se fait par incréments périodiques correspondant à des unités temporelles aisément identifiables, et ce matériel minéralisé archive les conditions physico-chimiques du milieu dans lequel il est produit.

3. Justification de l'approche scientifique

La sclérochronologie, au cœur du projet, consiste à étudier les incréments de croissance des coquilles et leur rythmicité (Peharda et al. 2021). Elle permettra (1) de définir la durée des différents stades (larves, post-larves, juvéniles, adultes) et (2) d'associer un cadre temporel aux analyses géochimiques effectuées. Les précédentes études menées chez les adultes de Mytilidae hydrothermaux du Pacifique, tels que *Bathymodiolus brevior* (Schöne & Giere, 2005) et *B. thermophilus* (Nedoncelle et al. 2013), notamment par l'équipe proposante, ont montré l'existence de rythmes tidaux, semi-lunaires et lunaires dans la croissance. La démarche sera appliquée pour la première fois à *B. azoricus*, en s'appuyant sur le marquage de coquilles à l'aide d'un fluorochrome réalisé lors de la campagne TRANSECT 2018, afin de définir le cadre temporel de la minéralisation. La sclérochronologie est encore très rarement appliquée à des larves (e.g. Miller et al. 2020). Son utilisation aux stades larvaire et post-larvaire de *B. azoricus* constitue une des originalités de ce projet.

Le projet de thèse est découpé en trois parties complémentaires et indépendantes :

(1) La durée de vie larvaire (PLD), paramètre clé de la dispersion, sera recherchée. Les coquilles larvaires (prodissoconque II, PII) sont préservées dans les tissus minéralisés des stades juvéniles. Leur analyse sclérochronologique, couplée à la caractérisation de leur périodicité (e.g. par transformée de Fourier), permettra d'identifier les rythmes de dépôt des incréments et d'ager les individus. L'âge des larves au recrutement (comptage des stries sur la PII) permettra de déterminer la PLD et sa variabilité entre individus.

(2) Les individus recrutés sur un même site peuvent avoir un lieu de naissance et un chemin de dispersion différents. Nous chercherons donc à retracer l'histoire de dispersion à l'échelle de l'individu, à l'aide d'empreintes élémentaires (Mouchi et al. 2024), correspondant à une signature chimique spécifique à chaque site hydrothermal. L'origine possible des recrues sera déterminée en comparant la composition élémentaire de la première coquille larvaire (prodissoconque I, PI), qui enregistre les conditions du site de naissance, à celle de la coquille juvénile (dissoconque) du même individu, servant de composition référence du site de recrutement (Sorte et al., 2013). Cette démarche étendue à plusieurs individus d'un même site permettra d'évaluer la variabilité des zones sources, et possiblement leur origine géographique, certains sites ayant des spécificités géochimiques (e.g. le site Rainbow est particulièrement riche en fer et manganèse ; Konn et al. 2022).

La composition élémentaire le long de transects des coquilles de larves et postlarves permettra de retracer l'ensemble de la vie pélagique de l'individu, et ainsi de détecter les caractéristiques des masses d'eau traversées, par des marqueurs géochimiques préexistants (température par le rapport Mg/Ca, enrichissements en éléments caractéristiques de l'activité hydrothermale tels que Fe et Zn). D'autres marqueurs seront étudiés comme le

rapport isotopique du baryum (Ba), indicateur d'une influence hydrothermale. Cela permettra de déterminer les chemins de migration des larves au cours de la dispersion (fond, subsurface, panache hydrothermal). Le couplage sclérochronologique à ces données précisera le moment auquel les larves ont rencontré des conditions particulières.

(3) Pour retracer les fluctuations environnementales au cours du temps, telles que celles de la température, nous utiliserons des traceurs existants pour les carbonates biogènes, comme le rapport Mg/Ca, le $\delta^{18}\text{O}$ et les isotopologues du CO_2 ou Δ_{47} (Mouchi et al. 2013 ; Huyghe et al., 2022). Une calibration du Δ_{47} pour les coquilles larvaires constituera un défi technique de ce projet. Dans ce cadre, l'étude de la variabilité du signal géochimique observée au même moment pour des individus différents d'un même habitat hydrothermal devrait permettre d'évaluer les capacités de déplacements individuels, notamment pour les jeunes individus (Van Audenhaege et al. 2022).

Franck Lartaud est expert en sclérochronologie et géochimie du squelette des invertébrés, notamment pour les milieux profonds. Thierry Comtet est expert de la biologie larvaire. Vincent Mouchi, postdoctorant au laboratoire CREAAH à Rennes, est spécialiste de biominéralisation et a initié les approches proposées aux stades larvaires. Il participera à l'encadrement avec un degré d'implication selon sa situation future. Ces expertises complémentaires, et les collaborations déjà en place, permettront la réalisation des objectifs par le transfert sur les stades larvaires microscopiques d'approches habituellement appliquées aux stades adultes. Une campagne océanographique a été déposée (HYCOMAR, portée par F. Lallier et Didier Jollivet) afin de compléter les échantillonnages (larves, postlarves, juvéniles et adultes) déjà réalisés ou à venir (campagnes annuelles MOMARSAT) sur différents sites de la MAR : Menez Gwen, Lucky Strike, Rainbow, Lost City, Broken Spur. Le financement des analyses sera assuré par le projet LIFEDeeper (PPR Océan et Climat).

Publications/productions des encadrants en lien avec le projet

Daëron M, Drysdale RN, Peral M, Huyghe D, Blamart D, Coplen TB, **Lartaud F**, Zanchetta G (2019) Most Earth surface calcites precipitate out of isotopic equilibrium. *Nat Comm* 10:429

Huyghe D, Daëron M, de Rafelis M, Blamart D, Sebilo M. Paulet YM, **Lartaud F** (2022) Clumped isotopes in modern marine bivalves. *Geochim Cosmochim Acta* 316:41-58

Guillam M, Bessin C, Blanchet-Aurigny A, Cugier P, Nicolle A, Thiébaud E, **Comtet T** (2020) Vertical distribution of brittle star larvae in two contrasting coastal embayments: implications for larval transport. *Sci Rep* 10:12033

Nedoncelle K, **Lartaud F**, Contreira Pereira L, Yücel M, Thurnherr AM, Mullineaux L, Le Bris N (2015) *Bathymodiolus* growth dynamics in relation to environmental fluctuations in vent habitats. *Deep Sea Res I* 106:183-193

Mouchi V, Godbillot C, Forest V, Ulianov A, **Lartaud F**, de Rafélis M, Emmanuel L, Verrecchia EP (2020) Rare earth elements in oyster shells: provenance discrimination and potential vital effects. *Biogeosciences* 17:2205-2217

Mouchi V, Pécheyran C, Claverie F, Cathalot C, Matabos M, Germain Y, Rouxel O, Jollivet D, Broquet T, **Comtet T** (2024) A step towards measuring connectivity in the deep-sea: elemental fingerprints of mollusk larval shells discriminate hydrothermal sites. *Biogeosciences* 21:145-160

Poitrimol C, Matabos M, Veuillot A, Ramière A, **Comtet T**, Boulart C, Cathalot C, Thiébaud E (2024) Reproductive biology and population structure of three hydrothermal gastropods (*Lepetodrilus schrolli*, *L. fijiensis* and *Shinkailepas tollmanni*) from the South West Pacific back-arc basins. *Mar Biol* 171:31

4. Adéquation à l'Institut de l'Océan

Le projet relève prioritairement de l'axe *Changements globaux, risques et adaptations*. Les sites hydrothermaux sont l'objet de projets d'exploitation minière à moyen-terme en raison des dépôts métalliques qu'ils renferment. Les écosystèmes associés sont menacés par cette activité, et des mesures de protection sont envisagées, en particulier la mise en place de réseaux de sites non exploités permettant de restaurer des sites impactés. La connectivité est un critère clé permettant de configurer de tels réseaux, assurant les échanges démographiques entre sites protégés et exploités. De façon secondaire, le projet pourra contribuer à l'axe *Géopolitique maritime et circulations*, s'intéressant aux enjeux d'exploitation des océans, et pouvant éclairer les décisions liées à la protection de l'océan profond.

Références citées (en plus de celles des porteurs ci-dessus) (en bleu : références des porteurs)

Huyghe et al. (2022) *Geochim Cosmochim Acta* 316: 41-58 ; Konn et al. (2022) *Deep Sea Res I* 179:103630 ; Marticorena et al. (2021) *Mar Environ Res* 168:105316 ; Miller et al. (2020) *J Moll Stud* 86:342-351 ; **Mouchi et al. (2013) *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol* 373:66-74 ; Nedoncelle et al. (2013) *Mar Biol* 160:1427-1439 ; Peharda et al. (2021) *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol* 570:110371 ; Schöne & Giere (2005) *Deep Sea Res I* 52:1896-1910 ; Sorte et al. (2013) *PLoS ONE* 8:e80868 ; Van Audenhaege et al. (2022) *Progr Oceanogr* 204:102791**