

# Impact de l'acidification des océans sur la microstructure, la composition et les propriétés mécaniques de la coquille de l'ormeau *Haliotis tuberculata*

## Unité et équipe d'accueil

UMR 7208 BOREA, Station de Biologie marine, MNHN, 29900 CONCARNEAU,

## Responsables de l'encadrement :

- Stéphanie Auzoux-Bordenave, MCU- HDR (UPMC), UMR 7208 BOREA, Station de Biologie marine, MNHN, 29900 CONCARNEAU, Courriel: [stephanie.auzoux-bordenave@mnhn.fr](mailto:stephanie.auzoux-bordenave@mnhn.fr),  
Tel : 02 98 50 42 88

- Aïcha Badou, IE MNHN, Station de Biologie marine, MNHN, 29900 CONCARNEAU, [aicha.badou@mnhn.fr](mailto:aicha.badou@mnhn.fr), Tel : 02 98 50 42 92

- Philippe Dubois (Pr ULB), Laboratoire de Biologie Marine, Université Libre de Bruxelles (ULB), [phdubois@ulb.ac.be](mailto:phdubois@ulb.ac.be), Tél : 02 650 28 39

## **Description du sujet :**

### Contexte :

L'acidification des océans représente un enjeu environnemental majeur. Selon les prévisions des experts, le pH océanique pourrait diminuer de 0,1 à 0,3 unités d'ici à 2100 [1], ce qui entraînerait une diminution de la teneur en carbonates de l'eau de mer et affecterait directement les organismes calcifiants. Les mollusques, qui élaborent une coquille en carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ), sont particulièrement vulnérables à ces changements notamment durant les stades précoces du développement [2].

L'ormeau Européen *Haliotis tuberculata* est un mollusque d'intérêt écologique et économique naturellement présent sur le littoral breton et dont l'aquaculture est en plein essor. Nos travaux en collaboration avec l'écloserie France-Haliotis a permis d'étudier les étapes précoces du développement et de la formation coquillière [3]. La coquille d'ormeau est constituée majoritairement de  $\text{CaCO}_3$  sous forme amorphe dans les premiers stades puis sous forme aragonitique dans les stades plus âgés. Ces deux formes de  $\text{CaCO}_3$  sont particulièrement sensibles à la dissolution lorsque le pH de l'eau de mer diminue. L'impact de l'acidification océanique sur cette espèce commence à peine à être étudié et nos récents travaux sur les larves ont montré un impact négatif de la baisse du pH sur le développement, la croissance et la formation coquillière [4].

Les travaux réalisés en 2017 ont permis d'étudier les réponses biologiques et physiologiques des ormeaux en condition d'acidification océanique. Au niveau de la coquille, une dégradation du périostacum et une diminution du poids de la coquille ont été mesurés chez les individus maintenus à pH plus faible. Ceci suggère un processus de dissolution partielle de la coquille carbonatée, fréquemment observé chez les espèces calcifiantes en réponse à l'acidification de l'eau de mer.

Afin de préciser les effets de la diminution du pH sur la biominéralisation, le stage de M2 visera à comparer la microstructure, la composition chimique et les propriétés mécaniques de la coquille en combinant les techniques de MEB-EDXS de micro-spectrométries Raman et infrarouge et d'analyses biomécaniques.

Le sujet de stage s'inscrit dans le cadre d'une collaboration entre l'UMR BOREA (Station de Biologie marine, Concarneau) et le Laboratoire de Biologie Marine de l'Université Libre de Bruxelles (ULB) concernant l'impact de l'acidification océanique sur la calcification de l'ormeau Européen *Haliotis tuberculata* (Programmes ATM 2017-2018 et ICOBio 2018-2020).

## **Objectifs et programme du stage**

Le (la) stagiaire de Master 2 sera chargé(e) d'analyser et de comparer la microstructure, la composition chimique et les propriétés mécaniques de la coquille d'ormeaux exposés à deux conditions de pH (8 et 7,7). Il (elle) utilisera les coquilles adultes prélevées au cours de l'expérience d'acidification réalisée dans le cadre de l'ATM 2017 à l'écloserie France-Haliotis. Une première étape consistera à la préparation du matériel pour les différents types d'analyses ; les inclusions en résine, la coupe et le polissage des coquilles seront effectués sur le plateau de sclérogie à la station de Concarneau.

Les observations en microscopie photonique et électronique seront effectuées sur les plateaux technique de Concarneau (imagerie, MEB) et sur le Plateau technique de Microscopie électronique à Paris (MEB -EDXS). Les analyses en spectrométries Infra-Rouge et Raman seront réalisés sur les plateaux techniques du Muséum (spectroscopie Infrarouge) et à l'IMMM (Raman) le Mans Université.

Les coquilles seront soumises à différents types de tests biomécaniques (tests de compression, nano-indentation) afin d'évaluer et de comparer la résistance, la dureté et l'élasticité en condition témoin et en condition de stress. Les tests en flexion et compression seront effectués à l'aide d'un banc de force disponible au Laboratoire de Biologie Marine de l'ULB (Bruxelles). Les surfaces polies seront utilisées pour les analyses en nano-indentation. Cette technique, couramment utilisée en ingénierie des matériaux, consiste à effectuer des séries de micro-perforations dans la coquille à l'aide d'une pointe en diamant; les signaux obtenus permettent de mesurer l'élasticité et la dureté du matériau. L'utilisation de cette technique a déjà été validée sur les squelettes d'oursin en contexte d'acidification [5] et a fait l'objet de tests préliminaires sur la coquille d'ormeau en septembre 2016. Ces analyses seront effectuées en collaboration avec Philippe Dubois du Laboratoire de Biologie Marine de l'ULB (Bruxelles) et nécessiteront un séjour d'un mois dans le laboratoire partenaire.

Le (la) stagiaire sera basé(e) à la station marine de Concarneau et effectuera ses travaux sous la direction conjointe de S. Auzoux-Bordenave, A. Badou et P. Dubois. Outre le séjour de recherche au Laboratoire de Biologie Marine à l'ULB, il (elle) sera amené(e) à se déplacer plusieurs fois sur les plateaux techniques du Muséum à Paris et à le Mans Université pour les analyses de spectrométries Infra-Rouge et Raman.

Les résultats de ce projet devraient permettre de mieux comprendre les impacts de l'acidification océanique sur la microstructure et les propriétés mécaniques de la coquille des mollusques marins.

## **Références bibliographiques :**

[1] IPCC (2014) Summary for Policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32.

[2] Parker LM et al. (2013) Predicting the Response of Molluscs to the Impact of Ocean Acidification. *Biology*, 2: 651-692

[3] Auzoux-Bordenave S., Brahmi C., Badou A., de Rafélis M., Huchette S., 2015. Shell growth, microstructure and composition over the development cycle of the European abalone *Haliotis tuberculata*, *Marine Biology*, 162, (3): 687-697

[4] Wessel N, Martin S, Badou A., Huchette S, Julia V., Nunes F, Harney E., Paillard S, Auzoux-Bordenave S., 2017. Effect of CO<sub>2</sub>-induced ocean acidification on the early development and shell mineralization of the European abalone (*Haliotis tuberculata*) *JMBE*, en révision.

[5] Collard M, Rastrick S P, Calosi P, Demolder Y, Dille J, Findlay H S, Hall-Spencer JM, Milazzo M, Moulin L, Widdicombe S, Dehairs F, Dubois P. 2016. The impact of ocean acidification and warming on the skeletal mechanical properties of the sea urchin *Paracentrotus lividus* from laboratory and field observations. *ICES J Mar Sci* 73: 727-738.