

Tous les deux mois, **Stéphan Jacquet**, chercheur et moniteur de plongée, épluche les journaux scientifiques et nous livre son choix d'un fait récent de la recherche susceptible d'intéresser les plongeurs que nous sommes.



Stéphan Jacquet
Responsable de
rubrique

Nos amies les moules !

On a tous essayé, même si ce n'est pas bien, de décoller de leur substrat rocheux, les coquillages ou les échinodermes qui s'y trouvent. Dans la mer, nombreux sont les animaux (étoiles de mer, échinodermes, oursins, vers, moules, etc.) capables en effet de se coller aux parois et pour cela au moins deux stratégies existent : l'adhésion par sécrétion d'une sorte de ciment ou de glu et une adhésion de type visco-élastique. Mais que se cache-t-il derrière cela ? Florian Hamon de l'Institut Curie à Orsay nous dévoile un de ces trésors d'ingénierie inventé par la nature.



Les moules, sujet de questionnement pour les scientifiques.

Les capacités d'ingénierie de dame nature comprennent non seulement la synthèse de produits aux activités anticancéreuses ou antivirales en cours d'exploration par les scientifiques (cf. *Subaqua* juillet 2011), mais sollicitent également de nombreuses branches de la recherche chimique et biochimique. Les animaux les plus intéressants de ce point de vue, et les plus étudiés, ne sont pas forcément toujours ceux que l'on pourrait croire. Ainsi, les nombreuses espèces de moules se retrouvent régulièrement propulsées en tête des préoccupations des scientifiques : que ce soit l'étude

de la vitesse de croissance des moules zébrées pour aider à la détermination du temps passé dans l'eau d'une carcasse de voiture ou la sauvegarde des moules perlières présentes dans quelques rares cours d'eau français, les aspects écologiques font l'objet de nombreuses attentions. Mais aujourd'hui, il s'avère que certaines espèces de moules passionnent une autre catégorie de scientifiques, des chimistes pour être précis, pour leur capacité à "rester collées" à leur rocher. En effet, la vie marine fixée de nombreuses espèces implique et nécessite une bonne adhésion de l'individu ou de la colonie à son support. Et à ce petit jeu, les moules ont choisi des supports tout à fait particuliers car soumis à d'importantes contraintes telles que les vagues, le vent, les courants, le soleil à marée basse et une alternance de périodes dans et hors de l'eau. Comment ces moules s'y prennent-elles pour rester si fermement accrochées à leur rocher ? Mystère ? Plus maintenant ! Pour commencer, il faut savoir que les moules se fixent à leur support par des filaments, entre 50 et 100 par individus en moyenne (la fameuse petite barbe que

l'on gratte avant de les jeter dans une casserole), qui se terminent par une petite plaque adhésive. Ces filaments forment ainsi le byssus et sont constitués de diverses protéines appelées *mfp* (pour *mussel foot proteins*, et que l'on pourrait donc traduire par protéines du pied). Pour se fixer, la moule va lancer à "l'attaque du support" ses filaments dont l'extrémité va créer une mini-dépression par effet ventouse sur le support et déclencher le signal de la sécrétion des *mfp*. En quelques minutes, ces protéines vont s'assembler et "durcir" permettant à la moule d'être ainsi fixée au support ou à ses congénères. La caractéristique principale de ces protéines est de contenir un acide aminé (l'élément de base des protéines) spécialement synthétisé par la moule, appelé DOPA, et muni de deux fonctions chimiques assimilables à deux "petits bras". Il est à noter que cet acide aminé spécifique, ainsi qu'un second, sont présents chez de très nombreuses espèces comme la patelle, certains vers tubicoles, les ascidies ou bien encore les échinodermes (dans leur podia et tubes de cuvier). L'équipe du professeur Waite, un des spécialistes de ces mollusques, basée à l'université de Santa Barbara en Californie, s'est d'abord intéressée aux propriétés mécaniques assez extraordinaires du byssus. En 2010, dans la revue *Science*, les chercheurs ont expliqué comment les filaments conjuguait deux propriétés complexes à faire cohabiter : une dureté en surface pour résister aux agressions et une souplesse du cœur capable d'amortir les chocs. Ce casse-tête d'ingénieur est brillamment relevé par la moule en alternant de manière contrôlée des zones rigidifiées par de fortes concentrations en DOPA et en fer (un seul atome de fer peut attraper les "deux bras" de plusieurs DOPA créant ainsi un réseau

Appel à contribution :

Vous venez de publier un article scientifique et vous voulez nous le faire connaître. Contactez notre collaborateur, Stéphan Jacquet : jacquet@thonon.inra.fr



La moule, point de départ de nouvelles peintures antifouling ?

de liens entre les différentes *mfp*) et des zones souples moins riches en DOPA. Les zones souples sont capables d'encaisser les chocs, et permettent jusqu'à un doublement de la longueur du filament sans rupture. Toutefois, lorsque les scientifiques ont essayé de préparer des colles à partir des dérivés de DOPA, ils n'ont pas retrouvé les propriétés d'adhésion observées chez les moules. En cause, la présence importante d'oxygène dans l'eau très brassée de l'estran. Cet oxygène est capable d'oxyder les résidus DOPA, et d'enlever une très grande partie des forces des "deux bras", ce qui devrait entraîner le détachement des moules de leur support assez aisément après quelques jours soumises à ce régime, or il n'en est rien. La seconde étude publiée cette fois-ci en 2011 dans *Nature Chemical Biology*, un dérivé du célèbre journal, porte donc sur la méthode mise en œuvre par la moule pour contourner ce problème. Pour lutter contre l'oxydant qu'est l'oxygène, il faut lui opposer un composé aux propriétés inverses appelé réducteur. Et c'est exactement ce que fait la moule grâce à une des protéines *mfp* qu'elle sécrète au niveau de sa plaque adhésive. La *mfp-6* est en effet très riche en dérivé soufré capable de s'opposer au processus d'oxydation du DOPA et ainsi de rendre leurs forces aux "bras" des résidus DOPA et de ralentir très fortement le processus de détachement.

De telles découvertes permettent bien entendu de comprendre un peu mieux les remarquables processus mis en œuvre par certaines espèces (moule, patelle, vers, dont les tubiformes...), pour coloniser des milieux *a priori* peu accueillants en raison des nombreuses contraintes physiques qui s'y exercent. Ces travaux ouvrent également la voie à de nombreuses applications telles que la préparation d'adhésifs/colles, biocompatibles et biodégradables pour remplacer vis, broches et autres matériaux pour la chirurgie orthopédique. La plus grande compréhension des processus de fixation de la faune et la flore marines devraient également rapidement déboucher sur la mise au point d'antifouling (revêtements antialgues) infiniment plus respectueux de l'environnement que ceux utilisés jusqu'à très récemment (si les dérivés d'étain ont été interdits, les antifouling actuels contiennent bien souvent des dérivés de cuivre, de zinc, voire des antibiotiques et diffusent leur contenu biocide dans l'environnement proche) capable d'empêcher sélectivement la fixation des mollusques sans les tuer. À l'avenir, ne regarderez-vous pas les moules un peu différemment ? ■

Atlantides Plongée
Voyages
www.atlantides-plongee.fr

Vous rêvez, nous créons, vous plongez

Tél. : 05 56 34 71 10 - info@atlantides-plongee.fr

Venez découvrir les plus belles plongées de la baie de Cavalaire

ses épaves ainsi que l'île mythique de Port Cros

2 NOUVEAUX CENTRES DE PLONGÉE

- **SAINT-TROPEZ :**
MIO PALMO - SAINT TROPEZ
PARKING DU PORT
83990 SAINT-TROPEZ
06 01 10 02 97
04 94 56 51 24
- **PORT DE HYERES :**
DESTINATION PLONGÉE - MIO PALMO
1 bateau - 36 places
1 bateau - 20 places

Plongée tous niveaux, Ecole Padi 5*idc, plongée Nitrox et bien plus encore.

Endroit unique, Mio Palmo vous propose un «tout inclus»... du jamais vu !

Pour vos sorties des formules à des **prix très attractifs.**

Notre structure dispose de **2 bateaux de 22 plongeurs.**

Contacts : Alexandra et Jean - Tél. 06 08 43 10 98
mio.palmo@netcourrier.com - www.miopalmo plongee.com