

REVUE DE

# L'AMOPA

ASSOCIATION DES MEMBRES DE L'ORDRE DES PALMES ACADEMIQUES

212

## DES CORAUX AU CENTRE SCIENTIFIQUE DE MONACO

Denis Allemand



# DES CORAUX

## au Centre Scientifique de Monaco

Professeur Denis Allemand,  
Directeur scientifique, Centre Scientifique de Monaco

Depuis maintenant 25 ans, le Centre Scientifique de Monaco (CSM) est un centre de recherche de réputation mondiale sur les coraux<sup>1</sup>. Il est aujourd'hui présidé par le Professeur Patrick Rampal, ancien doyen de la faculté de médecine de Nice. La notoriété du CSM, mesurée de façon classique en Sciences par le nombre de citations de ses travaux, le place actuellement en 8<sup>e</sup> position mondiale dans le domaine de la Biologie corallienne. Mais quel est l'intérêt d'étudier les coraux à Monaco ? Et d'abord que sont les coraux ? Cet article présente quelques éléments de réponse.

### Un corail, des coraux

Leur forme branchue et leur état fixé ont longtemps fait hésiter les biologistes sur la nature de ces organismes : minéraux, végétaux, animaux ? Les débats furent vifs jusqu'à ce qu'un médecin marseillais, le Dr Jean-André Peyssonnel (1694 - 1759) fasse en 1725 la description suivante du corail rouge, un « cousin » des coraux tropicaux : « ce que l'on croyait être la fleur de cette prétendue plante n'était, au vrai, qu'un insecte semblable à une petite ortie ou pourpre... J'avais le plaisir de voir remuer les pattes ou pieds de cette ortie ; et ayant mis le vase plein d'eau où le corail était, auprès du feu, tous ces petits insectes s'épanouirent... L'ortie sortie étend ses pieds et forme ce que M. Marsigli et moi avions pris pour les pétales de la fleur de corail ». Cette observation est remise à René-Antoine Ferchault de Réaumur, alors directeur de l'Académie des Sciences, qui doute des observations du médecin marseillais : « ... les coraux ne me paraîtront jamais pouvoir être construits par des orties... Je ne crois pas que ... il y ait

un autre système à prendre que celui dont je vous ai parlé autrefois, savoir, que leur écorce seule est plante à proprement parler, et que cette plante dépose une matière pierreuse qui forme la tige nécessaire pour la soutenir ». Mais en 1740, la découverte d'un naturaliste suisse, Abraham Trembley (1710 - 1744) installé aux Pays-Bas, va changer l'opinion de Réaumur : Trembley vient de démontrer la nature animale de l'Hydre d'eau douce, elle aussi cousine de nos coraux. Il décrit pour la première fois le processus de régénération animale. Réaumur reconnaît ainsi son erreur et écrit en 1742, dans la préface au sixième volume de ses *Mémoires pour servir à l'histoire des Insectes* : « L'attention que M. Peyssonnel avoit apportée à faire les observations, auroit dû me convaincre plutôt que ces fleurs que M. le Comte de Marsigli avoit accordées aux différentes productions dont nous venons de parler, étoient réellement de petits animaux... La grande difficulté... qui me paraissait insoluble c'était d'expliquer comment des insectes pouvaient construire les corps pierreux sur lesquels on les trouvait ». J.-A. Peyssonnel rédige un document en 1744, resté dans les archives

de l'Académie des Sciences, Lettres et Arts de Marseille. Il faudra attendre 1752, soit près de 30 ans après sa découverte, pour que la Société Royale de Londres en donne une traduction partielle dans ses *Philosophical Transactions* : les coraux étaient devenus réellement des animaux<sup>2</sup> ! Néanmoins, une certaine ambiguïté va perdurer puisque jusqu'au début du XX<sup>e</sup> siècle, les coraux et autres animaux fixés comme les éponges, continuèrent à être classés dans le groupe des Zoophytes (ou dans celui des Phytozoaires<sup>3</sup>).

Le nom de « Corail » ne correspond pas à un animal précis. Ce nom est en fait donné à de nombreux organismes ayant une forme arbustive : il comprend les coraux constructeurs de récifs, les coraux profonds, le corail de feu, les coraux précieux (corail rouge, corail noir...). Si tous ces organismes appartiennent à l'Embranchement des Cnidaires, ils sont classés dans des classes différentes. Le CSM étudie de façon comparative les coraux de ces divers groupes, avec une prédilection pour le corail rouge de Méditerranée, pour les coraux profonds et pour les coraux constructeurs de récifs.

On sait aujourd'hui que non seulement les coraux sont bien des animaux, mais que le génome du corail est plus proche de celui de l'homme que le sont les génomes des organismes modèles comme la mouche par exemple : les Cnidaires représentent en fait le groupe frère de tous les animaux, nous partageons donc un ancêtre commun qui a vécu il y a environ 500 millions d'années : l'un des descendants de cet ancêtre va donner l'ensemble des Cnidaires (Coraux, anémones de mer, méduses, hydres...) tandis que l'autre va être à l'origine de tous les autres animaux connus.

## Les récifs coralliens : oasis de biodiversité

Les récifs coralliens se développent dans les zones chaudes tropicales (entre les tropiques du Cancer au nord et du Capricorne au sud) sur une surface

d'environ 300 000 km<sup>2</sup>. Ce qui est remarquable est que sur cette surface, qui correspond à moins de 0,2 % de la surface totale de l'océan, les récifs hébergent environ 30 % de toute la vie marine connue à ce jour ! Au-delà de ce rôle majeur dans la biodiversité marine, équivalent des forêts tropicales, les récifs coralliens constituent une ressource économique majeure pour plus de 500 millions de personnes à travers le monde, surtout dans des pays en développement. Ils protègent les côtes de l'érosion, constituent une source de nourriture à travers la pêche artisanale et représentent une source de revenus à travers le tourisme dont ils font l'objet. Il est admis que la valeur écosystémique des récifs\* est d'environ 30 milliards d'euros par an. Ils sont aussi les plus gros bâtisseurs du monde vivant capables de construire des édifices de 2600 km de long pour le Grande Barrière de Corail ou 1600 km pour la Nouvelle-Calédonie.

Pourquoi un tel succès écologique des coraux ? Quand on imagine un récif, on pense à des eaux transparentes... Or, des eaux transparentes

signifient qu'elles ne contiennent pas de nourriture. Comment font alors les organismes qui vivent dans les récifs ? Grâce à la coopération ! Les coraux constructeurs de récifs abritent dans les cellules de leurs tissus des petites algues appelées zooxanthelles. Celles-ci, comme toutes les algues, font de la photosynthèse et produisent donc grâce aux rayons du soleil des sucres qu'elles transfèrent au corail, qui en échange leur fournit abri et nutriments. Les zooxanthelles peuvent ainsi transférer jusqu'à 99 % des produits de leur photosynthèse à leur hôte corail.. Mais les coraux ne gardent pas toute cette nourriture que pour eux, une grande partie est libérée dans le lagon sous la forme de mucus et nourrit l'ensemble de l'écosystème corallien.

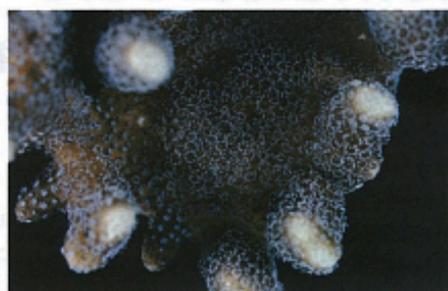




Photo 2

## Les coraux bioindicateurs des changements climatiques

Les changements climatiques, et en particulier le réchauffement climatique, affectent tous les écosystèmes, terrestres et marins avec de nombreux effets sur les organismes, déplacement des aires de répartition vers les pôles ou en altitude, modifications du cycle de vie... Mais ces effets ne sont généralement pas visibles facilement et ne sont perceptibles qu'après plusieurs années ou dizaines d'années. Le seul effet du réchauffement climatique visible à l'œil nu est le blanchissement du corail. Ce dernier est la conséquence d'une élévation souvent faible (de 0,5° C à 1° C) de la température de l'eau de mer de surface au-delà d'une certaine valeur seuil (généralement autour de 28°C, mais variable selon les zones géographiques). Le résultat en est la perte des vives couleurs qui caractérisent le corail, laissant voir par transparence son squelette blanc (d'où le nom de blanchissement). Ce phénomène est en fait le résultat de la rupture de la symbiose qui associe les coraux à leurs zooxanthelles.

Au début des années 1990, quand ce programme a été développé au CSM, la physiologie du corail était très peu connue. Il apparaissait ainsi nécessaire d'étudier les mécanismes de la biologie corallienne pour mieux connaître ces organismes et mieux les protéger. Comment un médecin soignerait-il ses patients s'il ne connaissait pas leur physiologie ? Cette période a coïncidé avec la signature par la Principauté de Monaco d'un Accord Partiel Ouvert du Conseil de l'Europe sur les risques naturels et technologiques majeurs. Les recherches du CSM s'inscrivaient parfaitement dans ce contexte et allaient permettre de mieux utiliser les coraux constructeurs de récifs comme signal d'alerte de l'effet des changements sur les écosystèmes marins.

## Les mécanismes cachés de la vie des coraux

Afin de développer une recherche originale, le CSM allait petit à petit étoffer ses équipes : de deux chercheurs en 1990, les équipes de Biologie marine comptent aujourd'hui près de 20 personnes (doctorants et post-doctorants compris). C'est la conjonction unique de trois conditions qui allait faire le succès du CSM : des cultures de coraux en conditions contrôlées, un laboratoire parfaitement équipé pour des études modernes de biologie allant de la génomique à l'éco-physiologie de terrain, et surtout une très grande compétence professionnelle et un dynamisme sans faille des équipes composées de jeunes chercheurs. Mais cette conjonction unique n'aurait pu aboutir sans le soutien de S.A.S. le Prince Souverain Albert II et sans l'aide du gouvernement princier qui ont cru à l'intérêt de la recherche fondamentale dans un petit pays comme Monaco. Cette recherche, qui avait pour but au départ de comprendre comment fonctionnait cet organisme animal appelé corail, a trouvé un intérêt supplémentaire ces 10 dernières années avec la mise en évidence de cette nouvelle menace qu'est l'acidification des océans.

Ainsi au fil des années, les équipes de Biologie Marine du CSM ont levé le voile sur de nombreux mécanismes de base de la vie du corail : comment le corail construit-il son squelette ? Par quels mécanismes contrôle-t-il sa forme ? Comment agissent les paramètres environnementaux, et en particulier l'acidification des océans, triste conséquence de l'augmentation du gaz carbonique dans l'atmosphère sur la calcification ? Comment les deux partenaires de la symbiose se sont-ils adaptés au cours des millions d'années<sup>5</sup> de vie commune ? Quel est le rôle de la prédation par rapport à la photosynthèse de ses symbiotes ? Aujourd'hui, l'apport du séquençage permet d'étudier non plus le fonctionnement de quelques gènes, mais de tout un génome.... De nouvelles découvertes en perspective.

## Les coraux, modèles d'étude en biologie humaine ?

Mais l'étude des coraux présente bien d'autres intérêts que la meilleure gestion des récifs coralliens. En effet, mieux comprendre un animal comme le corail, à l'anatomie plus simple que les vertébrés, permet de mieux comprendre certains processus fondamentaux du vivant, comme le mécanisme de biominéralisation, l'une des spécialités du CSM. La Biominéralisation est un processus ubiquitaire que l'on retrouve chez tous les organismes plantes, bactéries, animaux. La formation de nos os et de nos dents, des coquilles de mollusques, du squelette de l'éponge, des perles ou du squelette de nos coraux sont le résultat de ce processus. Les études menées par le CSM ont ainsi permis de très nombreuses avancées dans la compréhension de ce processus, de l'acquisition des ions nécessaires à sa formation, au rôle des macromolécules dans la régulation du processus en passant par l'analyse de la microchimie sur le site de minéralisation par les chercheurs du CSM, une première mondiale ! Ces travaux ont montré par exemple que le corail et l'homme partageaient une même molécule pour réguler la croissance squelettique, qui auront peut-être des applications médicales.

Depuis 2010, et suivant le souhait de S.A.S. le Prince Souverain Albert II, le CSM s'est ouvert à d'autres disciplines. À côté du département « historique » de Biologie Marine, deux autres départements ont été créés : un département de Biologie Polaire en 2010 et un département de Biologie Médicale en 2013. La proximité de chercheurs de ces diverses disciplines sur un même lieu, phénomène très rare dans les laboratoires de recherche où les disciplines sont généralement séparées dans des laboratoires, voire des bâtiments ou des campus différents, permet d'envisager de fructueuses collaborations interdisciplinaires. Parmi celles-ci, l'étude comparative des mécanismes de vieillissement entre les coraux et les vertébrés s'annonce prometteuse. En effet, dans le cadre d'une coopération avec l'Institut de Recherche sur le Cancer et le Vieillessement de Nice (IRCAN : UMR Université de Nice-Sophia Antipolis – INSERM - CNRS), nous cherchons à comprendre les causes de la longévité du corail et surtout le fait qu'il ne semble pas montrer de signes de dégénérescence de ses capacités physiologiques au cours du temps. Pour cela nous comparons avec les mêmes techniques les centaines de gènes exprimés par un corail ou une souris dans les mêmes conditions. Les premiers résultats montrent de surprenantes similitudes dans de nombreuses voies de régulation, mais aussi des différences... Une piste qui pourrait conduire à de nouvelles voies pour améliorer les conditions du vieillissement humain...

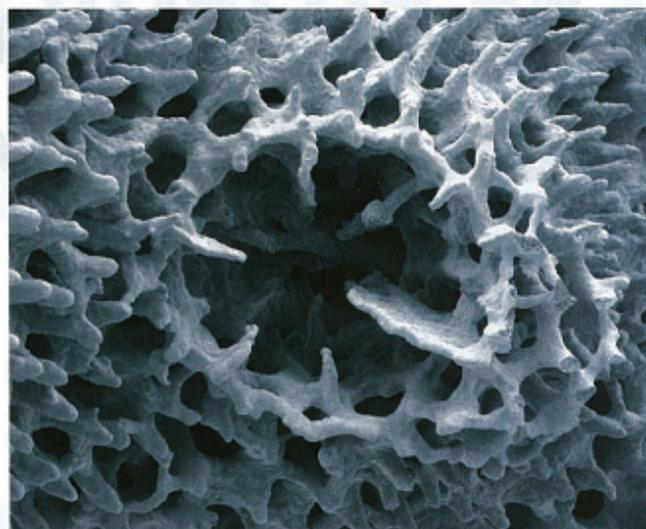


Photo 3

<sup>1</sup> Pour plus d'information, consulter [www.centrescientifique.mc](http://www.centrescientifique.mc)

<sup>2</sup> Pierre Flourens. Académie des inscriptions et belles-lettres (France). *Le Journal des savants*. 1838. pp. 108 – 122. « Traité du corail, contenant les nouvelles découvertes qu'on a faites sur le corail, les pores, les madrépores, escharas, lithophytons, éponges et autres corps et productions que la mer fournit, pour servir à l'histoire naturelle de la mer; par le sieur de Peyssonnel, écuyer, docteur en médecine, correspondant des Académies des Sciences de Paris et de Montpellier, et de celle des Belles-Lettres de Marseille, médecin-botaniste entretenu par Sa Majesté dans l'île Guadeloupe, ci-devant envoyé par le Roi aux Côtes de la Barbarie pour les recherches de l'histoire naturelle ».

<sup>3</sup> Voir par exemple Rémy Perrier (1936) *Cours élémentaire de Zoologie* (Masson).

<sup>4</sup> Services rendus à l'homme par les récifs coralliens.

<sup>5</sup> Les chercheurs du CSM ont démontré en collaboration avec des chercheurs américains et français que la symbiose moderne serait apparue chez les coraux au Trias, il y a environ 200 millions d'années.

Photo 1

Diversité macroscopique des coraux constructeurs de récifs. Contrairement au corail rouge, les polypes possèdent 6 tentacules et leur squelette est blanc. Leur couleur est due principalement aux algues symbiotiques qu'ils hébergent dans leurs cellules.

Photo © É. Tambutté / Centre Scientifique de Monaco.

Photo 2

Polypes de corail rouge (*Corallium rubrum*), aussi appelé corail précieux en raison de la haute valeur du squelette rouge de ce corail, utilisé en bijouterie. La photo montre les polypes blancs (= bouches) du corail, ce que J.-A. Peyssonnel avait pris pour des « insectes ». La bouche est entourée de 8 tentacules (alors que les coraux constructeurs de récifs ne possèdent que 6 tentacules).

Photo © F. Pacorel / Institut océanographique, Fondation Albert I<sup>er</sup>, Prince de Monaco.

Photo 3

Détail du squelette du corail constructeur de récifs, *Acropora* sp. photographié à l'aide d'un microscope électronique à balayage. Cette image permet d'observer la délicate architecture du squelette. La formation du squelette, contrôlée génétiquement, est issue d'un processus appelé biominéralisation, processus qui fait l'objet d'études approfondies au CSM.

Photo © É. Tambutté / Centre Scientifique de Monaco.