

Depuis 30 ans, les coraux sont au cœur des recherches menées par le l'équipe de biologie marine du Centre Scientifique de Monaco. Du gène au récif, de la formation du squelette aux impacts des changements climatiques... le corail dévoile petit à petit ses secrets dans les laboratoires monégasques autant que dans les océans du globe et un projet de conservatoire mondial du corail s'apprête à voir le jour.

AU CŒUR DU CENTRE SCIENTIFIQUE DE MONACO

LE CORAIL, DES GÈNES AUX RÉCIFS

Texte
Margot Harty

Photos
Dias Mota / CSM

Le Centre Scientifique de Monaco abrite un véritable trésor : une soixantaine d'espèces de coraux cultivées depuis 30 ans dans des conditions contrôlées et entièrement dédiées à la recherche. Une des cultures les plus riches et les plus anciennes au monde. Si le Centre Scientifique fête, en 2020, ses 60 ans d'existence, les années 80 ont marqué

un tournant dans son histoire avec la création d'un programme d'étude du corail rouge de Méditerranée, élargi par la suite aux coraux tropicaux et profonds. *"Aujourd'hui, l'objectif principal de nos études est de comprendre le mécanisme de la croissance de ces organismes et d'étudier la sensibilité, notamment des coraux tropicaux, aux changements climatiques,"* explique Denis



Dans les bacs expérimentaux, pH, température, salinité... peuvent être contrôlés afin de constater les effets de ces variations sur les coraux.



Dans la salle de culture, une soixantaine d'espèces de coraux grandissent. Aucune n'a été prélevée dans le milieu naturel.



Allemand, Professeur et directeur scientifique du CSM. *Actuellement, il s'agit de l'écosystème qui subit le plus ces perturbations et qui risque de disparaître à court terme*. En effet, le dernier rapport du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), sorti en septembre 2019, prédit une disparition presque totale des coraux dans les eaux tropicales, d'ici à 2050 dans une perspective d'augmentation de la température à +2°C.

LE DERNIER RAPPORT DU GIEC PRÉDIT UNE DISPARITION PRESQUE TOTALE DES CORAUX DANS LES EAUX TROPICALES, D'ICI À 2050

Le CSM est divisé en trois départements de recherche : "biologie médicale", "biologie polaire" (voir encadré) et "biologie marine". Cette dernière est entièrement consacrée à l'étude des coraux et regroupe trois équipes de chercheurs. L'équipe pionnière, "phy-

siologie et biochimie corallienne", étudie principalement la formation du squelette corallien. Les chercheurs de l'équipe "écophysiologie et écologie corallienne" se concentrent sur l'organisme et le récif. *"Ensemble, nous couvrons toutes les échelles, du gène au récif*, précise Christine Ferrier-Pagès, directrice de recherche du département d'écophysiologie. *Mon équipe travaille plus souvent sur le terrain car nous avons besoin de colonies entières pour*

Le microscope confocal, ici en utilisation, permet l'étude des cellules des coraux, in vivo.





Les chercheurs du Centre Scientifique de Monaco étudient la formation du squelette des coraux ainsi que leur réaction face aux changements environnementaux.

mener à bien nos recherches. Mais nous étudions les même processus : les effets du changement climatique sur la physiologie des coraux et le fonctionnement du récif". Enfin, la dernière équipe du département de biologie marine, la plus récente, étudie et traduit aux décideurs politiques les conséquences économiques des changements subis par le milieu marin.

Cultiver pour ne pas prélever

Afin de pouvoir étudier les coraux au sein du CSM, pas question pour les chercheurs de prélever sans arrêt des spécimens dans leur milieu naturel. Dès la fin des années 80, les scientifiques ont mis au point des techniques de bouturage permettant de cloner les espèces et ont créé la salle de

empêche d'obtenir une reproduction sexuée contrôlée qui nécessite des conditions variables dans le temps. Ils se reproduisent grâce à du bouturage : comme pour une plante, on coupe un morceau dont les tissus vont rapidement cicatriser pour former une micro-colonie. On peut aussi coller des micro-fragments (de l'ordre de quelques polypes) sur des lamelles de verre. Ils ont une croissance rapide dans de telles conditions : jusqu'à 30 cm par an, contre 10 cm dans le milieu naturel". Au sein du CSM, au-delà de la salle de culture, il existe de très nombreux bacs expérimentaux dans lesquels les chercheurs imposent aux coraux des conditions différentes pour simuler et étudier l'impact du changement climatique. "Nous faisons face à une acidification des océans, poursuit Denis Allemand, nous contrôlons tous les paramètres dans ces bacs, nous permettant de tester les effets d'une acidification sur la morphologie et l'expression des gènes des coraux. Nous observons également une capacité d'adaptation à ces changements plus ou moins développée selon les espèces".

L'arche de Noé des coraux

On connaît aujourd'hui environ 1 600 espèces de coraux dans le monde. Des espèces qui, si le rapport du GIEC dit vrai, devraient disparaître d'ici à 2050, pour 70 à 90 % des coraux. Une idée, proposée il y a quelques années par le professeur Jean Jaubert, a refait surface en 2016 et est aujourd'hui pilotée par Didier Zoccola, biologiste moléculaire au département physiologie et biologie corallienne du CSM ➔

Ci-dessous : corail *Acropora* sp. est l'une des trois espèces les plus fréquemment étudiées au sein du Centre Scientifique.

À droite : le corail rouge de Méditerranée (*Corallium rubrum*) fut l'un des premiers coraux étudiés au sein du Centre Scientifique. Photos : E. Tambutti / CSM.

LES CORAUX ONT UNE CROISSANCE RAPIDE DANS DE TELLES CONDITIONS : JUSQU'À 30 CM PAR AN, CONTRE 10 CM DANS LE MILIEU NATUREL

culture, aujourd'hui une des plus anciennes au monde. Près de 60 espèces sont présentes dans ces aquariums. On y trouve notamment un des coraux modèles, principalement étudié, *Stylophora pistillata*, originaire de mer Rouge. "Nous les maintenons dans un environnement stable dans le temps (température, lumière, pH...), précise Denis Allemand. Cela permet de conserver des conditions idéales pour grandir, mais nous



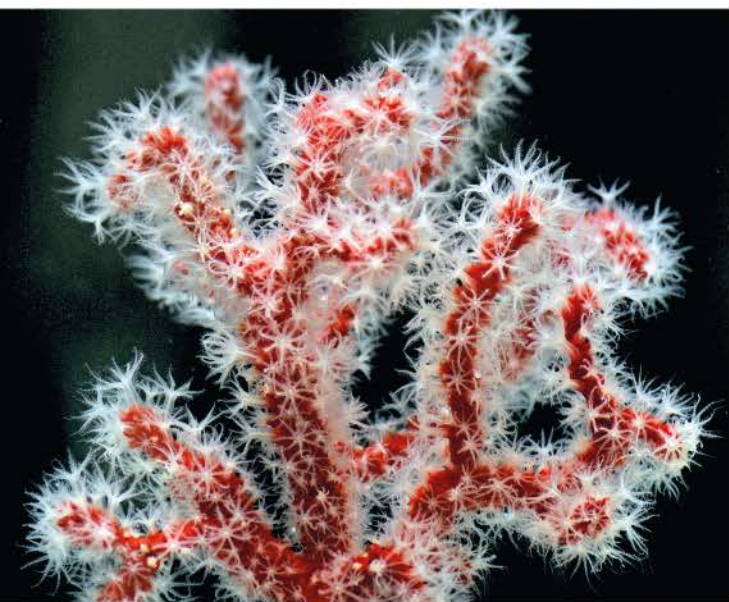
L'équipe de biologie médicale travaille en étroite collaboration avec celle de biologie corallienne.



Coraux et médecine

Le département médical du CSM se concentre sur trois thèmes : les cancers, les dystrophies musculaires et le microbiote intestinal. Il existe très peu de structures dans lesquelles biologies corallienne, polaire et médicale travaillent dans un même lieu. Cette proximité permet des collaborations et des croisements dans les thèmes de recherche. Les coraux s'avèrent notamment être très utiles dans la recherche médicale. Le principal axe de recherche concerne les cancers. Pour se développer et créer des métastases, les tumeurs ont besoin d'oxygène pour se vasculariser et créent donc une variation d'O₂. Or, le corail vit en symbiose avec une algue

et subit de grandes variations d'oxygène dans ses tissus. Comprendre comment l'animal résiste à de telles variations peut permettre d'envisager une application contre les tumeurs. D'autres collaborations sont en cours : une étude sur le vieillissement – certains coraux peuvent vivre jusqu'à 4 000 ans – et une étude sur les anémones qui disposent d'un système immunitaire inné semblable au nôtre... *"Le modèle marin apporte beaucoup de choses, y compris à la biologie médicale, et la présence de tous ces spécialistes sous une même structure est un bénéfice énorme pour la science"* explique Denis Allemand.



Crédit Photo : Carlos Suarez

Découvrez la plongée et l'apnée à Lanzarote dans les îles Canaries



Formations, Explorations, Groupes
Museo Atlantico



Crédit photo : Philippe Lahousse



Puerto del Carmen
www.aquasportdiving.com/fr
0034 616 877 956



et Nadia Ounaïs, directrice chargée des Relations internationales à l'Institut océanographique. Ce projet consiste à créer un conservatoire mondial des coraux, via un réseau d'aquariums. Musée océanographique de Monaco, Océanopolis de Brest,

DES AQUARIUMS AUTOUR DU MONDE SONT CHOISIS POUR LEUR EXPERTISE ET LEUR SÉRIEUX AFIN DE CONSERVER LE MAXIMUM D'ESPÈCES EN CAS DE DISPARITION DANS LEUR MILIEU NATUREL

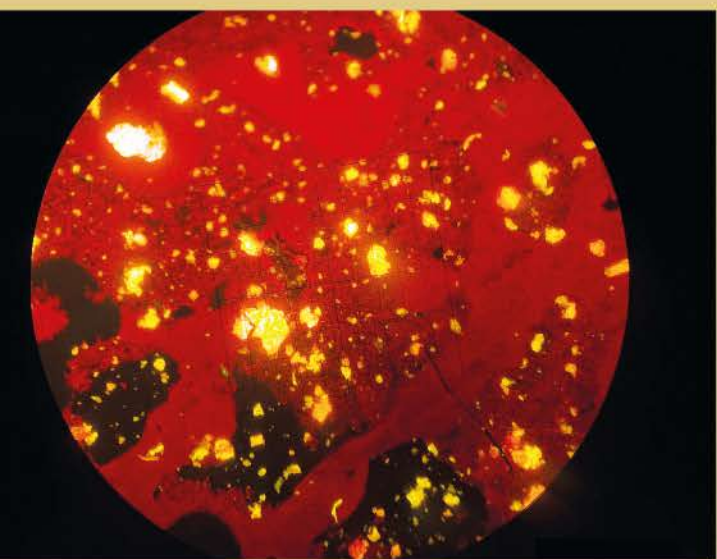
Aquarium des lagons de Nouméa, New York, Atlanta... des aquariums autour du monde seraient choisis pour leur expertise et leur sérieux dans la culture de coraux afin de pouvoir conserver le maximum d'espèces en cas de disparition dans leur milieu naturel. *"Nous projetons de sauvegarder ainsi près de 1 000 espèces, explique Didier Zoccola, le but étant également de les étudier afin d'identifier les plus résistants, de les cultiver et de restaurer des récifs en milieu naturel"*. Ce projet de collaboration entre différentes structures permettra la comparaison de ces 1 000 espèces afin de comprendre l'évolution de chacune, identifier les gènes impliqués dans l'adaptation aux changements climatiques et, éventuellement, créer des souches de coraux plus résistants. *"Les coraux ne représentent que 0,2 % de la surface des océans, mais*



abritent 30 % de la biodiversité marine, ajoute Didier Zoccola. Ils sont également indispensables à l'homme : source d'alimentation, de tourisme et de protection des côtes... ce sont 500 millions de personnes qui dépendent directement des coraux dans le monde. C'est pourquoi les étudier, les comprendre, les protéger, veiller à leur sauvegarde et à leur restauration est vital".

Parmi les aquariums choisis pour montrer le projet de conservatoire des coraux, le Musée océanographique de Monaco possède de beaux récifs. Photos : Institut océanographique / F. Pacorel.

Micro et nano plastiques (en jaune) révélés par fluorescence au microscope.
Photo : Maria I. Marcus / CSM.



Pollution plastique et coraux

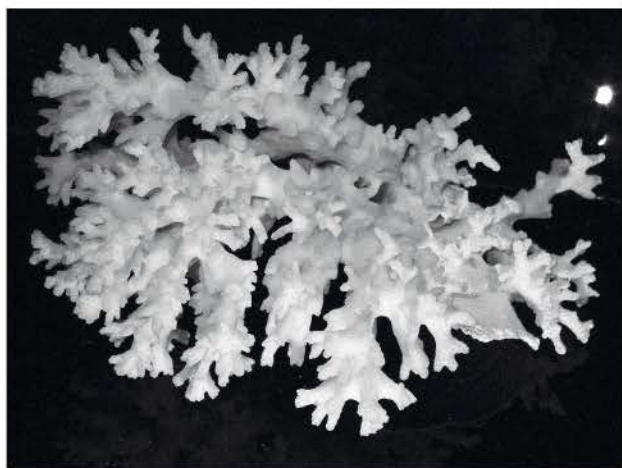
Acidification et réchauffement des océans sont les menaces principales qui pèsent sur la santé des récifs coralliens. Mais qu'en est-il de la pollution, notamment liée au plastique ? C'est la question à laquelle ont souhaité répondre plusieurs chercheurs du CSM en lien avec le PICRC (Palau international coral reef center) en 2019. Le but de cette étude, financée par la Fondation Prince Albert II, était d'observer l'impact des nombreux déchets plastiques sur une zone riche en poissons, vertébrés et coraux. Éric Béraud, chercheur et plongeur au sein de l'équipe d'écophysiologie et écologie du CSM, a participé à cette mission :

"Nous avons voulu étudier les microplastiques présents dans la colonne d'eau, dans les sédiments et sur les plages. Nous avons détecté des microplastiques, mais aussi des nanoplastiques (moins de 100 micromètres). La phase suivante a consisté à étudier les relargages chimiques provenant du plastique. Ces relargages viennent des traitements subis par le plastique : protection alimentaire ou contre les UV, stabilisateurs... Une étude est actuellement en cours pour analyser l'impact de ces relargages chimiques sur les coraux et les organismes en symbiose".

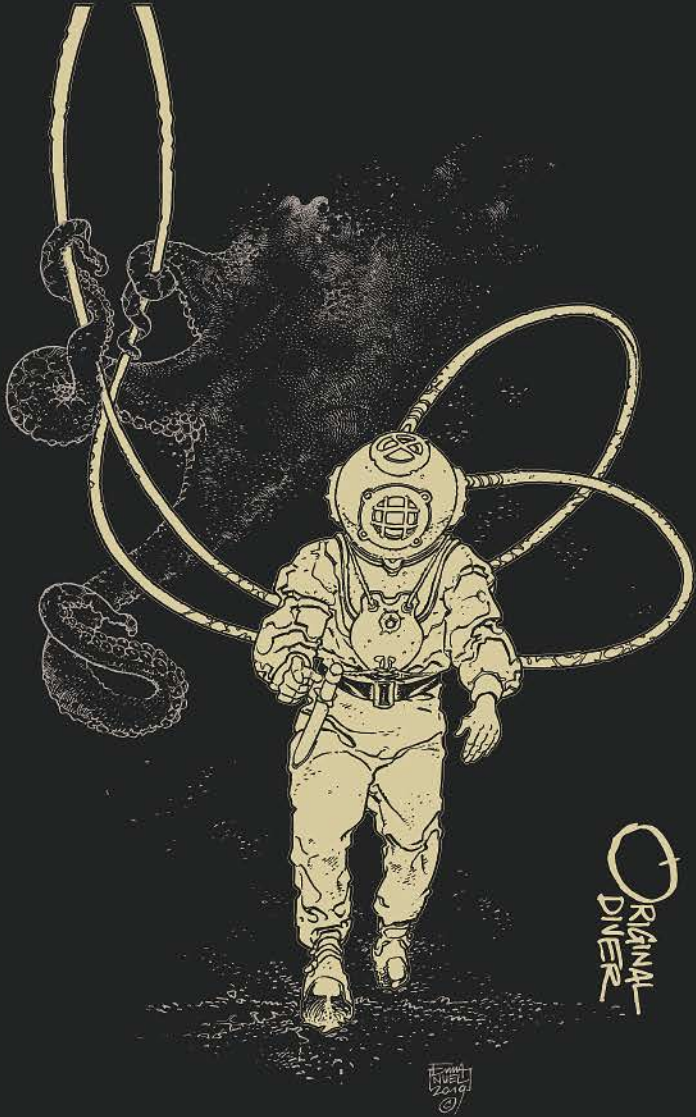
Squelettes de *Stylophora pistillata* et *Acropora* sp. Les scientifiques cherchent à comprendre le mécanisme de formation de ce squelette. Photos : E. Tambutti / CSM.

Le processus complexe de la formation du squelette

Au sein du CSM, l'équipe "physiologie et biochimie corallienne" étudie le mécanisme de formation des coraux, appelé biominéralisation *, ou comment l'animal fabrique son propre squelette, avec ses spécificités et sa structure propre selon les espèces. Elle étudie en priorité quelques espèces modèles telles que *Stylophora pistillata*, *Acropora sp.* et le corail rouge de Méditerranée *Corallium rubrum*. Pour réaliser ces études, cette équipe dispose d'outils technologiques précieux dont un microscope confocal permettant d'obtenir des images non invasives du corail étudié, in vivo. Cette équipe travaille principalement en laboratoire, dans les bacs expérimentaux où pH, lumière, température, salinité vont subir des variations contrôlées afin de découvrir quels paramètres influencent la création du squelette. *"Dans les conditions naturelles, les taux de croissance sont affectés différemment par les changements environnementaux selon les espèces, explique Sylvie Tambutti, directrice de recherche du département physiologie et biochimie. Nous cherchons à découvrir pourquoi certaines résistent moins bien que d'autres".*









Nouvelles collections

www.kanumera.com

Les images ne sont pas à l'échelle d'un produit à l'autre



Déplacement de corail *Acropora* sp. sur un site au pH différent lors de la mission Tara Pacific.
Photo : Noëlie Pansiot / Tara.

Une grande partie des recherches menées par le Centre scientifique sert à déterminer les différents facteurs entraînant le blanchissement des coraux et à découvrir ce qui permet à certaines espèces d'être plus résistantes que d'autres.
Photo : L. Courtial.



En effet, la baisse du pH crée une acidification de l'eau qui fait devenir poreux le squelette du corail et l'affaiblit. Le mécanisme de biominéralisation de *Stylophora pistillata* résiste bien mieux à ces changements que celui du corail *Acropora* sp. De nombreux autres axes de recherche sont développés par les chercheurs de ce département : effet de la variation de température sur la croissance, gènes affectés par ces changements, partage des photosynthétats permettant la croissance du corail... "Nous connaissons les éléments indispen-



sables à la formation du squelette mais il nous reste à déterminer qui joue quel rôle dans ce mécanisme, ajoute Sylvie Tambutté. Nos recherches ont pour but de sélectionner des espèces plus résistantes pour de futurs jardins de coraux, éventuellement de renforcer la résistance des espèces les plus fragiles, d'accroître tout simplement nos connaissances fondamentales sur ces organismes et, pourquoi pas, d'utiliser nos découvertes pour la médecine (voir encadré)".

Des fonds marins du bout du monde aux laboratoires monégasques

La deuxième équipe, "écophysiologie et écologie corallienne", se concentre sur les effets de ces changements climatiques et perturbations de l'environnement au niveau des écosystèmes coralliens, ainsi que des micro-organismes vivant en symbiose avec eux : "Pour survivre, explique Denis Allemand, le corail vit en symbiose avec des algues qui lui fournissent jusqu'à 95 % de sa nourriture. Elles sont sensibles aux changements climatiques, mettant en péril cette symbiose et entraînant un blanchissement des coraux, plus intense et plus fréquent chaque année, depuis les années 80". Pour mener à bien ces études, ce département du CSM travaille autant en laboratoire que sur le terrain, de la Méditerranée à la mer Rouge, en passant par le Pacifique... Pour cela, trois chercheurs de cette équipe sont également plongeurs et étudient les coraux dans leurs conditions naturelles. Il collaborent avec d'autres projets scientifiques comme les missions de Tara (voir Plongez ! n°15). C'est le cas de

Les coraux tropicaux ne sont pas les seuls à attirer l'attention des chercheurs. Ici, une étude est menée sur les coraux et gorgones de Méditerranée.

Photo : Stéphanie Reynaud.

Ci-dessus, à droite : en Égypte, les chercheurs utilisent les données récoltées par un ROV pour étudier les coraux profonds.

Photo : M. Schonholz / Monaco Explorations.



Stéphanie Reynaud, chercheuse et plongeuse au sein de l'équipe d'écophysiologie et écologie et qui a participé à plusieurs étapes des expéditions Tara Ocean et Tara Pacific : "À Palau, nous voulions tester l'acidité et ses effets sur les coraux. Nous avons trouvé une colonie d'*Acropora* sur deux sites présentant des taux d'acidité différents. Nous avons effectué un prélèvement de corail que nous avons déplacé d'une zone à l'autre pendant deux semaines. Puis nous avons effectué une transplantation qui a été étudiée pendant 18 mois. Les résultats devraient paraître



Photo : Nicolas Braibant.

La biologie polaire

Troisième département du CSM, la "biologie polaire" se concentre sur les pôles, régions extrêmement vulnérables face aux changements climatiques. Ses chercheurs étudient notamment les populations de manchots, véritables indicateurs de l'état de santé de leur écosystème. En collaboration avec ceux du CNRS, de l'université de Strasbourg et des Instituts polaires français et allemands, des études sont menées sur quatre sites : les archipels

du Crozet et de Kerguelen, en Terre Adélie et en Terre de la Reine Maud sur le continent Antarctique. Près de 20 000 manchots sont pucés et suivis depuis 1998 ; les colonies sont étudiées de manière non intrusive par le biais de passerelles de pesée automatique, de robots discrets et de caméras. Ces recherches servent à analyser l'évolution des populations, des zones de vie et des comportements face au changement climatique.

plongée
Tek
marseille.com

FORMATION - EXPLORATION - EQUIPEMENT

NEVER
STOP
EXPLORING

rEvo
REBREATHERS

JCCR
VERSATILE REBREATHERS

ap diving
BUILT FOR ADVENTURE

mares XR
extended range

DIVE LABS

HALCYON

DIVER TUG
UNDERWATER SYSTEM



WWW.PLONGEETEKMARSEILLE.COM



Prélèvement d'une carotte sur un corail massif lors d'une mission pour Tara Pacific à Palau. Elle va fournir des informations précieuses sur les variations (pH, température...) subies par le corail tout au long de sa vie.

Photo :
Stéphanie Reynaud.

courant juillet". Ces travaux de terrain sont indispensables pour comprendre ces organismes et leur histoire. Stéphanie Reynaud travaille notamment pour des missions de carottage sur des coraux massifs permettant de remonter le temps : *"Certains de ces coraux peuvent mesurer plusieurs mètres d'épaisseur, sachant qu'ils grandissent en moyenne d'un centimètre par an (contrairement aux coraux branchus qui grandissent de 10 cm par an – ndlr). En analysant la carotte prélevée nous pouvons remonter parfois jusqu'à 200 ans !"* Et ce squelette regorge d'informations qui reflètent les variations de température ou de pH (indicateur du taux d'acidité de l'eau) qu'un corail a pu subir au cours de sa vie.

Coraux mésophotiques et tempérés

Mais les coraux tropicaux ne sont pas les seuls sujets d'étude sur le terrain. Les coraux tempérés, présents notamment en Méditerranée, et les coraux mésophotiques (situés entre 40 et 150 mètres) font régulièrement l'objet de plongées. *"Nous regardons les effets de l'augmentation de la température sur les coraux profonds de la Grande Bleue, explique Christine Ferrier-Pagès. En principe, en profondeur, les températures changent peu, mais la Méditerranée étant une mer relativement fermée, elle se réchauffe plus vite"*. Fin 2019, l'équipe a immergé un ROV (Remotely Operated underwater Vehicle, c-à-d véhicule sous-marin téléguidé – ndlr) au large d'Eilat, en mer Rouge, afin d'étudier les coraux profonds. *"Nous cherchions à savoir si la photosynthèse est autant présente qu'en*

surface, avec une lumière 50 fois plus faible. Dans le cas contraire, nous souhaitons savoir comment se nourrissent ces coraux", ajoute Christine Ferrier-Pagès. En plus des coraux, les recherches s'élargissent à leurs cousins, gorgones et éponges : *"Nous avons, par exemple, réalisé une étude sur les bactéries associées aux gorgones à Marseille, en Corse, en Espagne, en Italie, en Yougoslavie... précise Stéphanie Reynaud. Toujours en Méditerranée, nous avons également plongé à trois profondeurs différentes pour mesurer l'état de santé des éponges et l'effet de la profondeur sur ces organismes"*. 🐠

* La biominéralisation est le processus physiologique qui permet aux organismes vivants d'élaborer une structure minérale, le biominéral. Dans la mesure où le biominéral formé chez les coraux est du carbonate de calcium, on parle également de calcification pour décrire le processus. Source : www.centrescientifique.mc

Dendrophyllia ramea, une des espèces de coraux profonds qui intéressent les scientifiques monégasques.

Photo : G. Berthier.

