



S. JACQUET
INRA 6 LONGITUDE 181
Responsable
de rubrique

Monaco ne manque pas d'attraits. Ce constat est aussi valable quand on est plongeur et biologiste. Et je ne parle pas du célèbre Musée océanographique dont le commandant Cousteau fut directeur. Non, il sera ici question du CSM et de l'AMPN. Suivez le guide...

L'espace marin monégasque, dans un lieu très urbanisé, constitue un véritable laboratoire pour les scientifiques. © Jean-Michel Mille.

> MONACO AUTREMENT : UN REGARD SUR LE CSM ET L'AMPN

UN CENTRE QUI PRÔNE L'EXCELLENCE

Il se définit comme un lieu dédié à la connaissance de la biodiversité, de la gestion de l'environnement et de la santé: le CSM pour Centre Scientifique de Monaco, vous n'en avez peut-être jamais entendu parler, et pourtant il a été imaginé puis créé il y a près de 60 ans, en 1960, à l'initiative du Prince Rainier III. En son sein, de nombreux chercheurs, ingénieurs, techniciens et étudiants travaillent dans des domaines aussi variés que la biologie médicale (en particulier sur le cancer, les myopathies, la drépanocytose, les bactéries intestinales), la biologie polaire (avec un intérêt plus particulier pour les manchots, sentinelles des changements globaux en cours) et la biologie marine (axée principalement sur l'étude des coraux et récifs coralliens). C'est ce dernier volet que je vais développer un peu plus ici, pour des raisons évidentes d'intérêt pour les plongeurs, en particulier les travaux de l'équipe d'écophysiologie et écologie des coraux (et autres gorgones) que dirige le Docteur Christine Ferrier-Pages (directrice de recherches et, entre autres choses, auteure de près de 200 publications scientifiques sur le sujet, une référence).

« Comparativement à nos collègues de l'équipe de physiologie et biochimie corallienne, qui travaillent au niveau moléculaire et cellulaire, notre équipe travaille plus au niveau de la colonie de corail et du récif, et se déplace plus souvent sur le terrain » me confie-t-elle, devant les incroyables aquariums hébergés par le CSM, riches de plusieurs dizaines d'espèces de



Un peuplement observé à la loupe. © Jean-Michel Mille.

coraux multicolores et de divers poissons exotiques, porcelaines, oursins diadèmes, etc. Et l'évocation des terrains de jeu de l'équipe laisse rêveur: Monaco, Espagne, Eilat, Nouvelle-Calédonie, Moorea, Palau... « Les travaux réalisés au sein de nos deux équipes de biologie, l'équipe d'écophysiologie et écologie et l'équipe de physiologie et biochimie, associées à la nouvelle thématique d'économie environnementale, sont parfaitement complémentaires et permettent d'avoir une vision intégrée du fonctionnement de l'écosystème corallien du gène à l'homme. Les travaux de ces équipes ont permis l'essor et la reconnaissance internationale du CSM... », m'avoue de son côté avec une fierté bien méritée son directeur scientifique, Denis Allemand, «... en classant notamment nos travaux sur les coraux dans le top 8 de ce qui fait de mieux à l'échelle mondiale ».

Longtemps hébergé au sein même du Musée océanographique sur « le rocher » près du palais princier, le CSM est aujourd'hui situé au-dessus du port de Monaco, quai Antoine 1^{er}, et jouit de locaux et laboratoires assez incroyables. Pour revenir aux travaux de recherches à proprement parler, l'étude de l'impact de la température, et donc du réchauffement climatique sur la biologie et l'écologie des coraux, occupe une place prépondérante. On sait en effet que ce facteur est un des éléments majeurs impactant fortement la vie/survie de nombreux coraux dont on a maintes fois rapporté par le passé des cas de mortalité massive sous le vocable de blanchissement des coraux. Faut-il encore rappeler aujourd'hui qu'au-delà de la beauté de ces animaux, et de l'ensemble des services (écosystémiques) qu'ils rendent dans les domaines du tourisme, de la pêche, de la plongée (de l'économie en général) ou encore en termes de protection contre l'érosion provoquée par les vagues, les récifs coralliens hébergent à eux seuls plus de 30 % de toute la diversité connue de la vie marine, alors qu'ils n'occupent eux-mêmes moins de 0,2 % de la surface des océans, soit environ 300 000 km²! L'originalité des travaux du CSM est bien sûr multiple mais peut-être peut-on la résumer par son choix de travailler aussi bien sur les coraux bien connus des milieux tropicaux que ceux moins connus de la Méditerranée et encore moins connus de ceux trouvés en profondeur, au-delà de 100 mètres de profondeur. Ainsi trois types d'activités se dessinent clairement.

> **Les travaux sur les coraux tropicaux**, au laboratoire ou sur le terrain, notamment dans le cadre de collaborations de travail avec des stations marines comme celles d'Eilat, de Moorea ou encore de Nouméa, et tout ce qui concerne la participation aux campagnes en mer, et d'évoquer la part active dans la mission *Tara Pacific* et celle à venir à bord du navire *Yersin* dans le cadre des explorations de Monaco (voir encadré page 61).

> **Pour la partie méditerranéenne**, les chercheurs du CSM ont été les premiers à étudier de manière pérenne l'effet de certains facteurs environnemen-



Dominique Desgre, technicien aquariologiste, au travail. © S. Jacquet.

taux clefs comme la température sur la physiologie et l'écologie de certains coraux remarquables, et ce, souvent, dans la plus grande ignorance du grand public. Sait-on en effet que *Mare nostrum* héberge plus de 200 espèces de coraux et autres gorgones? Sait-on aussi que seulement six d'entre elles sont des espèces symbiotiques (c'est-à-dire hébergeant en leur sein des microalgues – les fameuses zooxanthelles) quand leurs cousins tropicaux sont concernés à plus de 80 % par ce type d'associations mutualistes? Sait-on qu'au moins 15 espèces de ces coraux vivent en profondeur (voir plus loin)? Parmi les résultats récents et assez inattendus du CSM sur ces types de coraux qu'ils arrivent à cultiver, bouturer et faire vivre en laboratoire, citons l'incroyable flexibilité physiologique de certaines espèces qui semblent capables de vivre à des températures bien supérieures à celles où elles ont l'habitude de vivre. Ainsi, l'espèce *Dendrophyllia ramea* qui vit d'habitude dans des eaux inférieures

à 13-16 °C, s'est révélée être capable de pousser, croître et vivre parfaitement bien à des températures allant jusque 24 °C, et ce à long terme (>18 mois). Comparativement, une autre espèce de *Dendrophyllia*, *D. cornigera* ne supporte pas d'aller au-delà de 20 °C. Cela montre malgré tout une capacité pour certaines espèces à résister au changement climatique annoncé.

> **Dernière activité phare**, celle portant donc sur les coraux profonds, déjà évoqués en partie ci-dessus, dit autrement sur des animaux et des habitats sur lesquels on ne connaît encore aujourd'hui que très peu de chose. Pourtant, les coraux profonds sont, sans nul doute, des acteurs majeurs de la biodiversité des profondeurs et il est donc crucial de mieux les connaître. Une prouesse parmi d'autres a donc été d'arriver à les récolter, les faire pousser au laboratoire et les maintenir en conditions contrôlées. Cette expertise technique est clairement un atout majeur du CSM qui contribue



Jacqueline, directrice, et Stéphanie, présidente mais également chargée de recherche au sein du CSM, de l'AMPN. © S. Jacquet.

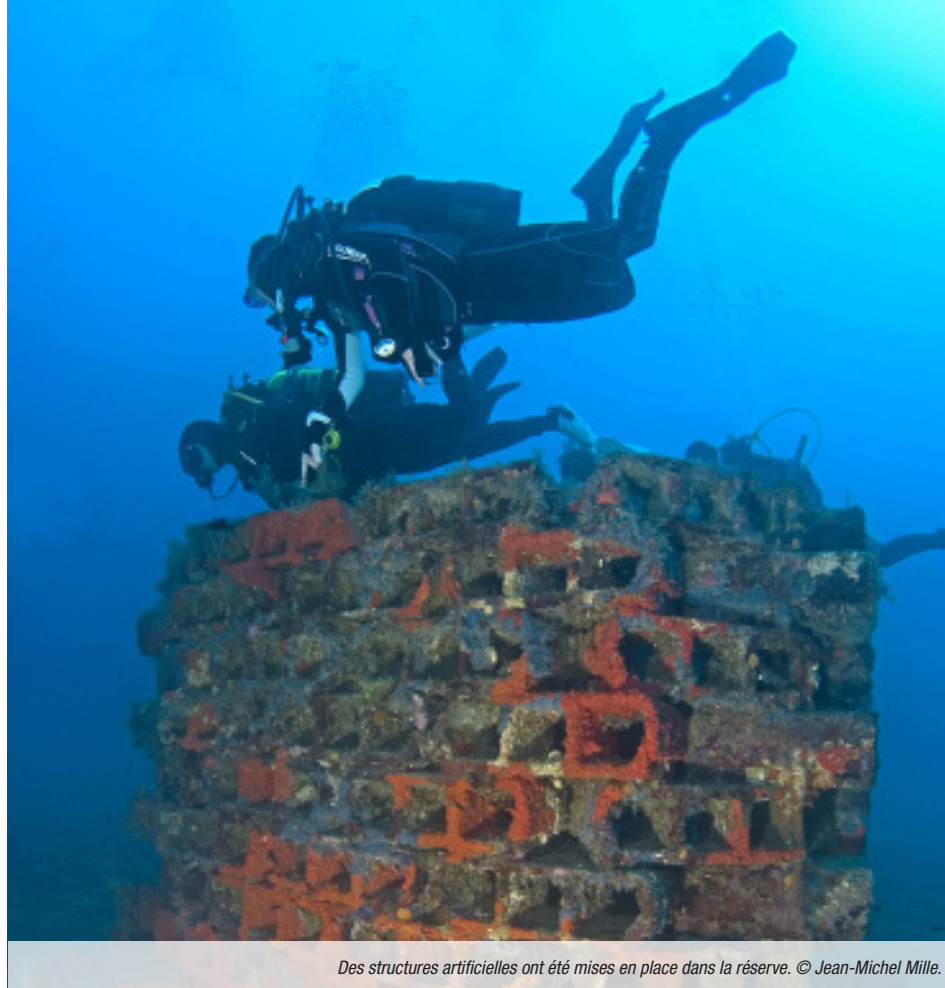
à l'excellence des recherches et des travaux qu'il publie à l'international. Il suffit d'ailleurs de visiter ces chambres de culture et voir les technicien(ne)s à l'œuvre pour mieux comprendre tout cela.

Et la plongée dans tout cela? On comprend sans mal qu'elle est omniprésente et que la plupart des personnels soient donc des plongeurs classés (CAH1B ou 2B typiquement). Utilisée comme un outil scientifique à part entière, elle sert à observer, photographier, manipuler, récolter, faire des expériences ou des suivis, forer, etc. Pour citer un exemple précis et relativement récent, lors de la mission *TARA Pacific*, une foreuse a été utilisée par le CSM afin de réaliser des carottes au sein d'énormes massifs de corail. Des carottes d'1 m de hauteur représentant environ 100 ans d'âge ont ainsi pu être obtenues. Dans quel but? Obtenir des informations précieuses sur le passé de vie de ces animaux et de leur environnement afin, *in fine*, d'être capable d'élaborer des modèles prédictifs sur la base de l'ensemble des données récoltées et... d'un peu d'imagination mathématique! Il faut bien comprendre que dans les zones intertropicales où domine l'océan, seuls les coraux (ou presque) et leur squelette calcaire accumulé pendant des décennies voire des siècles, sont à même de fournir ce type d'information. À côté de cela, la plongée a aussi souvent été utilisée pour effectuer des mesures *in situ* (dans des chambres respirométriques adaptées) pour suivre le métabolisme des coraux (par exemple, la respiration, la photosynthèse ou encore la calcification) au cours d'un cycle journalier, et évaluer les capacités photosynthétiques de certaines espèces.

UNE ASSOCIATION TRÈS ACTIVE

Plongée, Musée océanographique, savoir-faire, expertise scientifique, il n'en fallait pas plus pour que le CSM, au travers de l'un ou plusieurs de ses membres, ait toujours été sollicité et fortement associé à l'AMPN, l'Association monégasque pour la protection de la nature, une ONG qui crée et gère toujours aujourd'hui l'incroyable réserve marine intégrale du Larvotto. Je dis incroyable car, vue de la mer, quand on est sur un bateau, on ne voit à la côte que routes, buildings, béton et travaux urbanistiques divers. Le pari de conserver cette réserve aujourd'hui paraît fou pour le néophyte et vu de l'extérieur mais l'APMN y arrive et ce focus à son égard est, je crois, amplement mérité, voire nécessaire. D'abord au regard de l'histoire que me raconte Jacqueline Gautier-Debernardi, qui n'est autre que la fille du créateur de l'Association et de la réserve, Eugène Debernardi, et qui porte haut le flambeau, en tant que directrice.

Pour l'avoir côtoyée quelques heures, je comprends qu'on s'attache au personnage, tout à la fois passionné et passionnant, et que l'on ait envie d'agir avec elle. Ce jour-là d'ailleurs, Patrice Francour (dont vous avez lu un article focus sur ECOCIMED il y a quelques mois dans cette rubrique) qui nous accompagnait, m'a montré, au-delà de la réserve elle-même, un



Des structures artificielles ont été mises en place dans la réserve. © Jean-Michel Mille.

exemple d'action très concrète de l'AMPN, le remorquage d'une bouée et de sa chaîne dérivante, venue dégrader l'herbier de posidonies au sein même de la réserve. Ramenée au port, elle a été confiée à la police maritime et un rapport a déjà été écrit et transmis à qui de droit par Jacqueline sur les circonstances de son remorquage. Bien sûr, cela relève de l'anecdote, et il est plus intéressant de citer un travail juste terminé: le suivi de l'état de l'herbier de posidonie dans le cadre des travaux menés en collaboration entre l'université de Nice et l'AMPN.

« L'AMPN a plus de 40 ans d'existence. Elle est née de la volonté du Prince Rainier III de créer une zone protégée le long du littoral monégasque, cette tâche étant confiée à des bénévoles. Mon père a été le premier d'entre eux, en tant que président fondateur de l'AMPN et des réserves » me confie Jacqueline avec une certaine émotion, aussi parce que ce 23 août où nous nous rencontrons, cela fait 8 ans exactement que son papa est décédé et qu'elle a coutume de plonger dans la réserve pour honorer sa mémoire et son travail. Sauf qu'aujourd'hui une double otite l'oblige à rester sur le bateau, ce qui l'émeut encore plus. Mais elle est là, et je la remercie encore.

La réserve dont on parle ici, située dans la partie Est du littoral monégasque, devant les plages du quartier du Larvotto, est d'une superficie d'environ 33 hectares et soumise à une forte contrainte urbaine et touristique (plages, hôtels, activités nautiques en tout genre). Et comme si cela ne suffisait pas, juste à côté du dernier chantier monégasque pharaonique d'extension sur la mer. Plusieurs sites remarquables la caractérisent, des herbiers de posidonies, des enrochements le long

de digues et des structures artificielles immergées au large. Et à l'évidence, ça fonctionne. En une heure de plongée, accompagnée de la présidente actuelle de l'association, Stéphanie Reynaud-Berthier, plongeuse et chargée de recherches au CSM, j'ai pu croiser mérous, sars, corbs, chapon, loups, dorades, barracuda, saupes, mendoles, castagnoles, rougets, serans, pour ne parler que des poissons.

Au sortir de l'eau, la présidente me confie que « cet espace marin protégé en milieu fortement urbanisé constitue un véritable laboratoire pour les scientifiques ». Et de m'expliquer qu'associés à de nombreux bénévoles, plongeurs des clubs locaux et en collaboration avec les universités de Nice-Sophia Antipolis, Marseille, Montpellier et Gênes, le travail qui a été accompli et continue de se faire est vraiment remarquable. Ainsi, aujourd'hui, de nombreux programmes de recherche sont en cours. L'immersion prochaine de récifs artificiels réalisés avec une imprimante 3D a induit une étude sur l'évaluation quantitative de la complexité architecturale des récifs artificiels afin de proposer des designs plus adaptés (notamment *via* l'impression 3D) pour atteindre un niveau souhaité de complexité et en faire des outils plus performants de gestion des fonds en zone littorale. Parallèlement, les recherches sur la caractérisation et la comparaison du biofilm sur différents matériaux utilisés pour la construction des récifs constituent aussi un point fort afin de déterminer le lien entre la qualité du biofilm et le substrat en comparant la colonisation par la faune et la flore sur différentes surfaces (béton, roche naturelle, dolomite). Et, bien sûr, les opérations de science participative se sont multipliées avec :

- > le programme ECOCIMED mené par l'AMPN en partenariat avec le laboratoire ECOMERS (université Nice Sophia-Antipolis et CNRS) ;
- > la mise en place d'un suivi régulier des peuplements de poissons, dans les eaux de la Principauté, mais aussi en dehors, de Menton à Villefranche, grâce à la méthode FAST permettant, à partir d'une liste préalable de 23 espèces et d'informations simples notées en plongée (présence ou non des espèces, taille des individus, grands ou petits) d'apprécier la qualité des peuplements sur une échelle de 1 (très bon état) à 5 (état très dégradé) ;
- > le suivi des populations de mérous et de corbs, deux espèces patrimoniales renseignant sur la qualité du milieu, grâce au concours des plongeurs locaux formés au protocole utilisé par le GEM (Groupe d'étude du mérou) afin de standardiser la collecte des données.

Grâce au travail que mène l'AMPN, les aires marines protégées de Monaco sont intégrées aux réseaux d'AMPs méditerranéennes (MedPAN, projet RAMPAM), véritables lieux d'échanges pour les gestionnaires mais aussi de mutualisation des moyens. C'est aussi un outil indispensable pour mettre en place des stratégies de développement durable. Enfin, depuis 2016, grâce au soutien de S.A.S. le Prince Albert II de Monaco et de sa Fondation, l'AMPN a connu une évolution majeure et un plan de gestion (gestion raisonnée des usages, développement de la recherche scientifique, intégration des AMPs de Monaco dans un réseau de réserves méditerranéennes, information et la sensibilisation du public) des aires marines protégées de Monaco est en cours d'élaboration.

Une réserve n'est efficace que si elle est convenablement surveillée et gérée. Cette volonté est claire et affichée à Monaco, à n'en point douter. ■

> **N.B.:** Une autre réserve existe aussi à Monaco, également gérée par l'AMPN. Il s'agit de l'aire marine protégée du tombant des Spélugues, située à la sortie du port Hercule et d'une superficie de 2 hectares. Elle a été créée en 1986 pour protéger l'unique tombant coralligène de la Principauté.

> **Remerciements:** Stéphanie Reynaud-Berthier, Christine Ferrier-Pages, Patrice Francour, Jacqueline Gautier-Debernardi, Denis Allemand.

> Pour en savoir plus :

• Sites Internet :

www.centrescientifique.mc/fr

www.ampn-nature-monaco.com

• Livre : XX ans au service de la nature (1975-1995).

Édité par l'APMN.

• DVD : Monaco, un défi, des réserves en milieu urbain par Kevin Sempe.

• Documents divers du CSM.

De Tara à Yersin

Le CSM a été un partenaire privilégié dans les missions du navire *Tara* et plus particulièrement l'actuelle dédiée à l'étude des récifs coralliens. Le professeur Denis Allemand, directeur du CSM, est co-directeur de la mission *TARA-Pacific*, dans laquelle participent activement les chercheurs du CSM, notamment pour prélever des carottes coralliennes et étudier le climat passé. En effet, grâce à des prélèvements de carottes de squelette du corail, il est possible de connaître l'évolution du climat passé, et ainsi essayer de prédire l'avenir. En 2017, une nouvelle aventure est entamée avec les campagnes océanographiques du Prince Albert II (Les Explorations de Monaco) à bord du navire *Yersin* dont l'une des originalités scientifiques sera notamment d'explorer les coraux vivant en zone mésophotique, c'est-à-dire à la limite inférieure de la zone éclairée, là où la lumière arrive à peine. Ces coraux ont dû développer des adaptations physiologiques particulières pour pouvoir survivre et se développer sous ces très faibles éclaircissements. Les chercheurs du CSM se proposent donc d'étudier les adaptations physiologiques des coraux et gorgones le long du gradient de profondeur, pour quelques récifs de l'île du Millenium, des Sulawesi ou des Maldives.