

Sous la direction de
LAETITIA HÉDOUIN

Étonnants récifs




CNRS EDITIONS

Les travaux présentés dans cet ouvrage
sont le fruit de 50 ans de recherche au Criobe.



Couverture : Colonie de *Pocillopora* abritant des centaines de poissons
demoiselles dans sa structure tridimensionnelle.
Photo de couverture Lauric Thiault.

Maquette de couverture :  SYLVAIN COLLET

© CNRS Éditions, Paris, 2021
ISBN : 978-2-271-13910-8

Sous la direction de Laetitia Hédouin

Étonnants récifs

Les écosystèmes coralliens

CNRS ÉDITIONS

15, rue Malebranche - 75005 Paris

PREMIÈRE PARTIE LES CONSTRUCTEURS DU RÉCIF

- 24** La diversité des coraux polynésiens
- 30** Petits mais costauds.
Les micro-organismes, acteurs déterminants de la santé des récifs
- 33** Au cœur de l'intimité du corail
- 38** Les crabes exosymbiontes au service des coraux
- 40** Le corail de feu, qui s'y frotte s'y pique
- 43** Les algues corallines.
Auxiliaires précieux
- 46** Le corail et la culture polynésienne

DEUXIÈME PARTIE LE FONCTIONNEMENT DU RÉCIF

- 52** Volcans, îles et récifs coralliens.
Une longue histoire commune
- 56** Le *marae* de Taputapuatea à Raiatea et ses microatolls
- 60** Qui suis-je ? une larve de poisson corallien... mais où vais-je ? et comment ?
- 63** Histoire d'un filet de crête !
- 66** Des larves pour connecter les récifs coralliens

- 70** | Poissons polynésiens... gardiens d'un habitat résilient
- 73** | Les poissons, acteurs du fonctionnement des récifs coralliens
- 77** | Les otolithes des poissons renferment les secrets de leur âge et capacité de croissance
- 80** | Nemo n'est pas qu'un poisson-clown pour les enfants
- 84** | Les poissons nettoyeurs et leurs clients à Mo'orea : la vérité cachée
- 88** | Le meilleur buffet de l'océan
- 91** | Les amuse-gueules cachés du récif
- 96** | La bioérosion récifale.
Un processus naturel perturbé par les changements anthropiques
- 99** | Les algues : pestes ou alliées ?

TROISIÈME PARTIE

LA BIODIVERSITÉ, DE L'INFINIMENT PETIT AU PRÉDATEUR

- 106** | L'infiniment petit : les diatomées récifales
- 109** | Un monde si discret : les Foraminifères
- 113** | Petits mais... partie intégrante de l'écosystème
Les parasites

- 115** | 20 000 molécules sous les mers
- 117** | Invisible sous les toxines
- 120** | Un mollusque mythique peut en cacher bien d'autres
- 123** | Les minuscularies marines
- 127** | Les cônes : objets de collection, venin mortel et source de médicaments
- 130** | Le bénitier, poisson souriant polynésien
- 133** | L'huître perlière et les secrets de la perle noire de Polynésie
- 136** | 1 160 décapodes polynésiens : combien restent encore à découvrir ?
- 140** | « Coup de poker » : les mollusques de Polynésie française
- 144** | Des étoiles dans l'océan !
- 147** | Les forêts des profondeurs
- 150** | Le vilain petit corail noir
- 152** | La vie étonnante du poisson perle
- 156** | Au-delà des os... des poissons et des hommes
- 151** | Les mystères des tortues vertes

- 162** | *Fai i'u - Himantura fai*
La raie pastenague ou raie grise
- 165** | *Fai Manu* ou la raie-oiseau
- 160** | Sexe, bouffe et manucure : la routine des raies Manta...
- 171** | Dans la tête des dauphins
- 174** | Le requin, un prédateur pas si solitaire
- 177** | Les dents de l'océan Pacifique Sud
- 181** | Feeding or not feeding ?

QUATRIÈME PARTIE MENACES SUR LE RÉCIF

- 186** | Le blanchissement corallien
Un divorce tristement célèbre entre le corail et ses micro-algues...
- 190** | *Acanthaster*, la dévoreuse de corail
- 195** | Poissons-clowns, anémones et zooxanthelles
Un tango à trois bien fragile
- 199** | L'acidification des océans peut-elle impacter le squelette des coraux ?
- 202** | La survie des lièvres de mer, mais pas que...
- 205** | Les derniers gardiens de la côte
- 207** | *Fish and ships* : tapage au-dessus du corail

- 210** | Les récifs de Mo'orea : des phénix coralliens ?
- 213** | Quand les larves de coraux ont du flair
- 218** | Petit poisson deviendra-t-il grand ?
- 220** | Sur les traces des mégas cyclones du passé
- 223** | Un lien Terre-Mer fondamental
- 226** | Que sont devenus les récifs de Moruroa et Fangataufa ?

CINQUIÈME PARTIE

L'observation du récif

- 232** | La surveillance des récifs coralliens
- 235** | L'enfance difficile des coraux de Mo'orea
- 237** | Le paysage corallien vu de l'espace
- 241** | Mesurer le récif en 3D, c'est possible ?
- 245** | Donne-moi ton ADN je te dirai qui tu es
- 248** | Le monde du silence : la fin d'un mythe !
 - Les expéditions scientifiques
- 250** | à la découverte de la biodiversité des poissons récifaux polynésiens
- 254** | La mer, bijou patrimonial des Marquises

- 258** Tara Pacific
Une expédition au cœur de la face cachée du corail
- 261** Les mystères de la zone crépusculaire

SIXIÈME PARTIE SAUVER LES RÉCIFS

- 268** Un jardin de corail sous la mer : entre espoir et désillusion...
- 272** Des récifs artificiels pour favoriser le recrutement corallien
- 275** Le *rāhui*, une alternative de gestion contemporaine des ressources naturelles
- 278** Un bien commun miraculeux à préserver
- 280** Un modèle polynésien original de gouvernance des récifs coralliens
- 283** Naviguer dans les investissements bleus
- 286** La nature nous rend-elle service ?
Vos observations ?
- 288** *Un engagement citoyen pour la protection des récifs coralliens !*
- 280** L'art, un allié pour transmettre
- 295** La science pour tous au chevet des récifs coralliens

Préface

Que faire pour la biodiversité, et en particulier pour la biodiversité marine, en ces temps de changement climatique ? S'il y a une infinité de choses à faire, s'appuyer sur la connaissance scientifique est la condition nécessaire à une quelconque action. Et quoi de plus évident que de se tourner vers les espèces les plus emblématiques de l'océan : les coraux.

Qu'en sera-t-il d'eux demain ? Quels impacts les actions anthropiques auront-elles sur les récifs coralliens ? Assistera-t-on à leur régression inéluctable, en particulier dans le Pacifique ? Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) et l'Initiative Internationale pour les Récifs Coralliens (ICRI) ont alerté sur cette question, en rappelant que ces espèces sont en grand danger. Entre 2009 et 2018, 14 % des coraux sont morts, principalement en raison du réchauffement climatique. Une grande partie des récifs sont en effet vulnérables ; certains coraux se décolorent, expulsent leurs symbiontes, et risquent de disparaître. Mais que sait-on du corail ? Comment les écosystèmes coralliens se forment-ils, comment fonctionnent-ils, comment évoluent-ils ? Ce livre illustre le travail remarquable que le Centre de Recherches Insulaires et Observatoire de l'Environnement (CRIOBE) a réalisé depuis sa création et nous donne à voir non seulement la diversité, mais également la simplicité, des solutions trouvées au cours de l'évolution pour faire face aux contraintes environnementales

« Qui voit le ciel dans l'eau, voit les poissons dans les arbres », dit un proverbe chinois. Ce livre nous apprend à regarder la nature, à observer l'océan et ses habitants, en nous donnant accès aux ingéniosités de cette nature. Car décrypter le fonctionnement des coraux, c'est aussi se donner les moyens de cette observation, et l'on n'imagine pas l'énergie qu'il faut déployer pour aboutir à ce qui paraît si simple : observer. Ce livre montre les qualités déployées par le Criobe et bien connues des naturalistes : la patience, la créativité et la ténacité, toutes qualités nécessaires pour réussir à monter un observatoire, à réaliser une infrastructure de recherche permettant de telles observations. Car l'observation est l'une des qualités requises pour aboutir à la compréhension des mécanismes du vivant.

Cultiver les coraux, aller les voir sur le terrain, expérimenter en laboratoire comme en mer sont aussi les moyens que le Criobe a su développer depuis sa création en intégrant l'étude des différents niveaux d'organisation du corail. Étudier le fonctionnement cellulaire, la génétique des populations ou l'éthologie des espèces marines associées, l'écologie des récifs coralliens ou la réaction des organismes aux changements globaux, voilà le chemin parcouru avant de proposer des solutions de restauration de ces écosystèmes. De la science à l'action, quel chemin pour que les récifs coralliens de l'ère de l'Anthropocène continuent à fournir des fonctions, des services et des biens à l'Humanité et plus généralement à la conservation de la Biodiversité sur Terre!

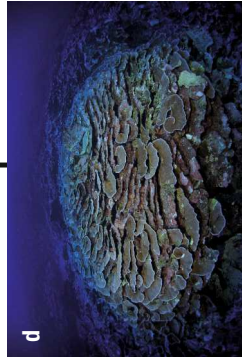
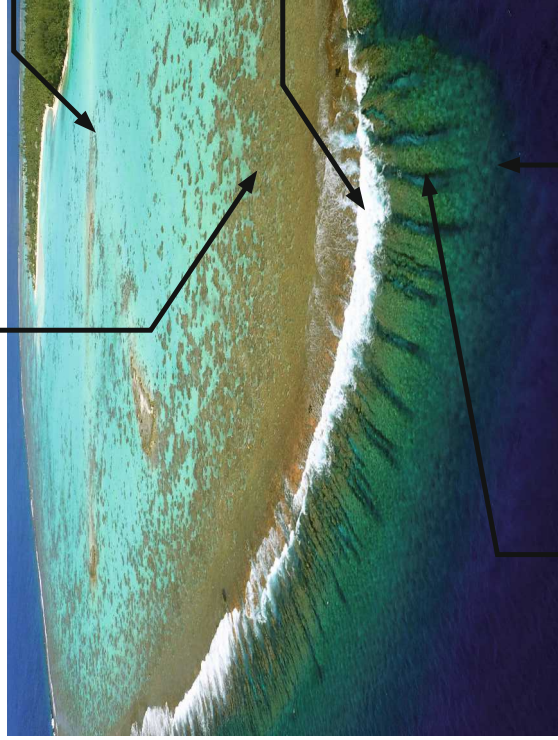
Ce livre, coordonné par Laetitia Hédouin, offre un panorama des recherches réalisées au Criobe depuis sa création et nous donne à voir ce que la recherche scientifique peut produire de merveilleux. Il nous invite à découvrir ce que les interactions entre organismes vivants signifient dans ces contrées magnifiques du Pacifique, le plus jeune et le plus bel océan qui soit.

Françoise Gaill

Avant-propos

Imaginez un paysage avec des millions de couleurs, de formes, de mouvements d'interactions, de tailles différentes, où chaque organisme a une place précise et un rôle défini, et où l'entraide est essentielle. Imaginez un paysage où le photographe ne sait plus où donner de la tête, un paysage dont dépend plus d'un demi-milliard de personnes. Imaginez que ce paysage génère des bénéfices estimés à 29,8 milliards par an grâce aux services écosystémiques qu'il nous apporte (*via* le tourisme, la protection côtière, la pêche).

Ce paysage existe : ce sont les récifs coralliens. Mêlant à la fois beauté, nourriture, revenu, biodiversité, ces paysages sont clés dans le monde marin, et l'on estime que plus de 25 % de la biodiversité marine s'y trouve concentrée. Dans ce livre, des chercheurs, étudiants, ingénieurs, techniciens, doctorants, postdoctorants, livrent des histoires étonnantes, dont vous n'avez pour certaines jamais entendu parler. Car les récifs coralliens sont incroyables de biodiversité, et cette biodiversité crée des interactions extraordinaires qui permettent à des milliers d'organismes de cohabiter dans l'un des plus beaux paysages du monde. La vie des récifs coralliens est si riche, et leur fonctionnement si complexe, qu'ils sont, pour les chercheurs des laboratoires naturels, l'objet d'études sans fin. Ce livre vous permettra de les découvrir sous l'angle de la science, et de mieux apprécier la beauté et l'importance critique de ces écosystèmes, dont la survie est aujourd'hui en péril.



Vue aérienne permettant d'observer les différents types de récif, de la pente externe au lagon. Photo Laetitia Hédouin.

a. Récif barrière. Photo Greg Fleurentin.

b. Des patates coralliennes parsemées dans un lagon de Polynésie française. Photo Lauric Thiault.

c. Zone de déferlement des vagues. Photo Lauric Thiault.

d. Récif de la zone mésophotique (30-40 m). Les coraux prennent des formes de « rose », plus plates, pour favoriser la capture de lumière nécessaire à la photosynthèse des micro-algues. Photo Lauric Thiault.

e. Paysage typique de la pente externe de Mo'orea. Photo Greg Fleurentin.

Introduction

Avec environ 300 000 km², les récifs coralliens occupent moins de 0,1 % de la surface océanique. Ils sont néanmoins des havres de biodiversité avec plus d'un million d'espèces décrites, dont plus de 8 000 espèces de poissons et 800 espèces de coraux. Les scientifiques estiment qu'il reste des millions d'espèces à découvrir. La beauté d'un récif corallien réside à la fois dans la présence de milliers d'organismes multicolores, mais aussi dans la clarté des eaux turquoise et limpides, qui rendent le spectacle d'autant plus fascinant. Ces récifs sont souvent appelés oasis ou havres de biodiversité, car, fait incroyable, une vie s'est développée dans ces zones où l'eau de mer est pourtant extrêmement pauvre en sels nutritifs. Comment cela est-il possible ?

Un des secrets des récifs coralliens réside dans leur organisme fondateur, le corail. Les coraux scléractiniaires, dits « constructeurs de récifs », qui ont construit et façonné au cours des temps géologiques les paysages coralliens actuels, sont des organismes atypiques, au carrefour des règnes animal, végétal et minéral. En effet, les coraux sont des animaux, qui vivent en symbiose avec une micro-algue, les *Symbiodiniaceae*, qui leur fournissent, grâce à la photosynthèse, jusqu'à 90 % de l'énergie dont ils ont besoin. Grâce à cette symbiose, les coraux construisent un squelette calcaire et ont de l'énergie pour vivre, survivre, se reproduire et grandir. Leur construction calcaire permet l'édification des plus grandes structures marines bio-construites par des animaux, visibles depuis l'espace.

Les coraux modernes sont apparus il y a environ 235 millions d'années. Ils ont survécu à la dernière grande crise d'extinction, il y a 65 millions d'années, qui a vu s'éteindre les dinosaures. Ils appartiennent à un groupe d'animaux primitifs et simples, les cnidaires, apparus il y a plus de 740 millions d'années et caractérisés par la présence de cellules urticantes qu'ils possèdent tous sous une forme ou une autre, dans des tentacules utilisés pour capturer de minuscules proies.

Les récifs coralliens sont localisés dans la ceinture équatoriale, principalement entre les tropiques du Cancer et du Capricorne, avec des extensions vers le nord et le sud là où des courants chauds circulent le long de côtes appropriées. On dénombre environ 800 espèces de coraux scléractiniaires photosynthétiques, dits « constructeurs de récifs », mais aucune commune entre la région Atlantique et Caraïbes et celle de l'Indo-Pacifique. Dans l'Indo-Pacifique, la diversité la plus riche se trouve dans le « Triangle de corail » en Asie du Sud-Est. On parle alors de « *hot-spot* » de biodiversité (avec plus de 620 espèces de coraux). À partir de cette zone, la biodiversité diminue vers l'est, et il existe environ 200 espèces coralliennes recensées en Polynésie française.

La situation des récifs coralliens de Polynésie française, au centre du plus vaste océan, le Pacifique, les isole des continents, à plus de 6 000 km de l'Australie et 10 000 km du Japon. La Polynésie française étendue sur une Zone économique exclusive de 5 millions de km² (un territoire grand comme l'Europe) compte 118 îles issues d'un volcanisme actif, dont 77 atolls, soit 20 % des atolls du monde. Les îles sont réparties dans cinq grands archipels : Tuamotu, Gambier, Marquises, Société et Austral. Chacun de ces archipels a des spécificités géologiques et environnementales qui donnent à leurs récifs des caractéristiques distinctes.

La formation de récifs coralliens passe par différents processus qui donnent lieu à des morphologies différentes, du récif frangeant à la couronne récifale, en fonction de l'âge du volcan qui les a formés. Au début, un point chaud vient percer le plancher de l'océan pour donner naissance à un volcan. Avec le temps, ce volcan se déplace et suit le mouvement de dérive de la plaque Pacifique vers le Nord-Ouest à la vitesse d'une dizaine de centimètres par an. Quand le volcan s'éteint (par éloignement du point chaud), la prolifération de la vie terrestre et marine démarre. Les coraux commencent à se fixer sur les pans du volcan et à constituer un récif frangeant (construit dans la prolongation du littoral au ras des terres émergées) dans les eaux peu profondes. Mais l'île volcanique continue de se déplacer dans le sens de la plaque Pacifique tout en s'enfonçant (subsidence). Les coraux croissent alors de façon à rester près de la surface. De ce fait, la distance entre le rivage de l'île volcanique et l'anneau de corail qui l'entoure augmente avec le temps. Cette distance donne une indication de l'âge des îles : plus la distance est faible, plus l'île est jeune. Une zone d'eau de plus en plus profonde, appelée chenal, apparaît entre le récif et le rivage, faisant apparaître une barrière de corail. Enfin, quand l'île s'est complètement affaissée sous la

surface de la mer, et que l'on ne voit plus que la barrière récifale émergée, qui ressemble à un anneau, c'est un atoll.

Cette histoire de l'évolution des récifs a été mise en lumière au XIX^e siècle par Charles Darwin, qui avait émis l'hypothèse que les îles se déplacent et coulent au cours du temps, et que, parce que les coraux continuent de croître vers la surface, différents types de récifs coralliens pouvaient dès lors être observés. Lors de son voyage dans le Pacifique, en 1842, il remarqua l'alignement des îles polynésiennes suivant une orientation commune: « L'archipel de la Société est séparé par un étroit espace de celui des Tuamotu, et leur direction parallèle montre qu'ils ont quelques relations entre eux. » Les idées de Darwin, révolutionnaires pour son époque, ont été confirmées avec le temps.

Les îles de l'archipel de la Société sont en effet disposées en chapelet suivant une direction sud-est - nord-ouest sur une distance de près de 900 km. Elles sont le résultat de l'activité du point chaud de Mehetia et de nombreux volcans immergés plus ou moins actifs, situés à une centaine de kilomètres au sud-est de Tahiti. Les îles sont alignées dans la direction du mouvement de la plaque Pacifique avec des îles jeunes au sud-est et les îles les plus anciennes au nord-ouest. Mehetia est l'île la plus jeune (1 Ma) de l'archipel de la Société et ne possède pas encore de barrière. Viennent ensuite Tahiti (0,9-1,3 Ma) et Mo'orea (1,7-1,9 Ma) avec des récifs barrières et lagons peu développés, puis Huahine, Tahaa (2,5 à 3,1 Ma), Raiatea (2,4 à 2,5 Ma) et Bora Bora situé à 420 km de Mehetia, âgée de 2,4 à 3,4 Ma. L'essentiel du volcan initial étant déjà ennoyé, la beauté de Bora Bora vient de ses mythiques paysages et de son lagon immense, qui témoigne de la subsidence de l'île. Enfin les atolls de Scilly et Bellingshausen, situés au nord-ouest de l'archipel, sont les plus anciens (6-6,5 millions d'années).

D'autres points chauds ont donné naissance aux îles des autres archipels, comme celui de MacDonald, qui créa l'alignement des îles de l'archipel des Australes. Celui des Tuamotu n'est constitué que d'atolls et s'étire de Reao (Sud-est) à Mataiva (Nord-Ouest) sur 1 400 km.

Selon que les îles sont hautes ou basses, selon leur géologie et leur âge, différents types de récifs peuvent être observés, les plus caractéristiques étant les récifs frangeants, barrières et de la pente externe.

Les récifs frangeants sont relativement simples en termes de structure et de formation. Reliés au rivage par une étendue de platier récifal (étendue rocheuse ou dalle dénudée parsemée de coraux morts ou vivants), ils sont

soumis à de nombreux apports terrigènes et anthropiques dans les îles habitées, en raison de la colonisation de la zone littorale, et peuvent subir des pollutions, des phénomènes de sédimentation et d'eutrophisation. En raison de leur connexion au rivage, leur diversité est généralement plus faible que celle des récifs plus éloignés du rivage.

Le récif-barrière est séparé du rivage par un chenal navigable. Il est caractérisé par des zones où diversité et abondance des espèces sont plus élevées que dans celles se trouvant sur le récif frangeant. Il peut avoir des zones relativement profondes. Il couvre une zone plus étendue que le récif frangeant, avec de plus grandes étendues de sable, un platier récifal, de nombreux pinacles coralliens (petites structures coralliennes surélevées et parsemées dans les lagons) et petites plaques de récifs dispersés.

La pente externe est la zone extérieure du récif qui donne sur l'océan et qui commence juste après la crête récifale jusqu'à plus de 100 m de profondeur. Elle est colonisée par de nombreux coraux et est le siège d'interactions complexes entre les diverses espèces récifales. Ses paysages changent avec la profondeur, passant de colonies aux formes robustes sur le haut à des colonies plus encroûtantes et aplaties vers les profondeurs, en passant par des colonies plus branchues dans la zone plus calme de 10-30 m. En dessous de 30 m commence la zone mésophotique, où la lumière est limitée, mais qui reste le siège d'une vie construite par les coraux scléractiniaires photosynthétiques.

Les récifs coralliens sont variés, multiples, complexes et riches. Ils sont sources de nombreuses interrogations, et la Polynésie française a suscité l'intérêt de nombreux chercheurs au cours des 50 dernières années. De la description de la biodiversité de ces habitats et habitants à la compréhension des phénomènes qui les menacent, les recherches ont évolué en raison, notamment ces deux dernières décennies, de l'accélération des changements climatiques. Aujourd'hui, les récifs coralliens du monde entier sont menacés de disparition, et le GIEC affirme que 70 à 90 % des récifs coralliens pourraient disparaître d'ici 2100 avec une augmentation de la température de 1,5 °C, et jusqu'à 99 % si la température augmente à 2 °C. Aujourd'hui plus que jamais la science a besoin de documenter l'état du récif corallien pour comprendre son fonctionnement et ses capacités de résilience. Mais la science se tourne aussi vers la recherche de solutions pour sauver l'un des plus beaux écosystèmes de la planète. Vous découvrirez dans cet ouvrage le monde étonnant des récifs coralliens, décrits au travers d'histoires parfois

Remerciements

Étonnants récifs est né du désir d'écrire un livre à propos de la recherche dédiée aux récifs coralliens menée au Criobe et ce à l'occasion de son cinquantième anniversaire en 2021. Si beaucoup pourraient ne pas comprendre comment on peut passer un demi-siècle à étudier les seuls récifs coralliens, c'est, pour les chercheurs, une évidence. Les questions soulevées sont bien plus nombreuses que les réponses, et c'est là toute la beauté de la recherche. Cet ouvrage dévoile certains secrets des récifs coralliens tout en suscitant de nouvelles interrogations. Car l'extraordinaire biodiversité de cet écosystème si complexe en rendent son exploration, sa découverte et sa compréhension sans fin...

Entre découverte de la biodiversité des récifs coralliens et menaces qui pèsent sur eux aujourd'hui, la recherche a évolué au cours du temps et en fonction des progrès technologiques. Au départ, ce livre n'était qu'un projet, une idée « un peu folle » proposée lors d'une réunion... Aujourd'hui, *Étonnants récifs* est une belle aventure, rendue possible par tous les auteurs qui y font découvrir une partie de leur recherche au grand public. Ce ne fut pas toujours facile, d'oublier pour quelques pages la rigueur scientifique requise pour les « articles scientifiques », d'accepter de ne pas citer de références, d'être parfois un peu moins précis et de sortir de notre bulle pour partager avec tous les curieux l'étonnante vie des récifs coralliens. Je remercie donc sincèrement tous les auteurs et co-auteurs : si cet ouvrage est riche et diversifié, c'est grâce à eux.

Mes plus sincères remerciements vont aussi à tous les photographes qui ont accepté de nous fournir gracieusement leurs images toutes plus extraordinaires les unes que les autres. Car à chacun son métier, et si les chercheurs observent et remarquent la beauté d'un récif corallien, tout le monde ne sait pas la capturer. On ne peut pas prendre, au cours d'une même plongée, des mesures scientifiques et des photos... Il faut choisir... Un grand merci, donc, à tous ces photographes, sans qui cet ouvrage ne serait pas ce qu'il est.

Merci également au comité scientifique du livre, Serge Planes, Maggy Nugues, Éric Clua, Nicolas Inguibert et Pierre Sasal.

Mes vifs remerciements à CNRS Éditions, notamment à Marie Bellosta, pour son enthousiasme, sa motivation et ses encouragements sans faille dans la dernière ligne, ainsi qu'à Blandine Genthon, qui a dès le départ soutenu ce projet et nous a encouragés dans sa poursuite. Je ne pensais pas que ce livre deviendrait celui-ci, mais grâce à leurs regards avisés, vous pouvez aujourd'hui partir à la découverte des étonnants récifs coralliens.

Étonnants récifs a été une étonnante aventure, à la découverte de la vulgarisation scientifique, à la rencontre de CNRS Éditions, mais aussi de chercheurs qui ont marqué l'histoire du Criobe au travers de ces 50 années de recherches. J'espère que la lecture de ce livre vous offrira un peu de notre quotidien. La recherche sur les récifs coralliens permet de découvrir un monde fabuleux, étonnant, surprenant, déprimant parfois, ces écosystèmes étant fragiles face à la force destructrice que représente *Homos sapiens*. Mais, qui sait, les récifs pourraient encore nous étonner à l'avenir...