Palais DÉCOUVERTE

Les coraux des trésors en péril ?

Institut de Recherche pour le Développement FRANCE

ENTROPIE

LOCEAN

UN CHERCHEUR, UNE MANIP

Les coraux
des trésors en péril ?

Les récifs coralliens sont une ressource alimentaire et économique pour plus de 500 millions de personnes, une source de nouvelles découvertes et un patrimoine d'une exceptionnelle biodiversité.

Affaiblis par les pressions humaines locales (surpêche, pollutions, urbanisation…) et les effets du changement climatique, ces écosystèmes sont menacés de disparition d'ici la fin du siècle. Plus de 20% des récifs ont déjà disparu depuis une trentaine d'années.

Aujourd'hui, les coraux peinent à fabriquer leur squelette et maintenir une croissance normale, tandis que les organismes bio-érodeurs qui les réduisent en sable et les prédateurs tels que l'étoile de mer *Acanthaster planci* abondent. Les coraux survivront-ils à ces pressions grandissantes ?

Comment leur étude peut-elle améliorer la compréhension des récifs coralliens et participer à la reconstitution des variations climatiques du passé ? Des éléments de réponse sont présentés par des chercheuses de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) et des unités mixtes de recherche LOCEAN et Entropie.

Institut de Recherche pour le Développement FRANCE

ENTROPIE

LOCEAN

UN CHERCHEUR, UNE MANIP

Les coraux des récifs
animal, végétal et minéral

Les coraux sont de petits animaux, les polypes, vivant en colonies pouvant regrouper sous une même peau des millions d'individus identiques. Chacun de ces clones est la copie génétique d'un polype primaire issu de la métamorphose d'une larve qui a trouvé une structure stable et dure pour s'y fixer. En fabriquant un squelette calcaire, les polypes contribuent à l'édification rocheuse des récifs.

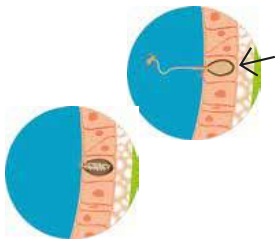
Orifice unique (bouche et anus), entouré de tentacules qui servent à se défendre et à se nourrir.

Des algues microscopiques (zooxanthelles de 0,01mm) et des cyanobactéries alimentent le polype et lui donnent sa couleur.

Colonie de polypes du genre *Galaxea*.
© IRD/Aline Tribollet

Les polypes ressemblent à des fleurs. Ils n'ont pas de pétales mais des tentacules tapissés de cellules urticantes contenant une sorte de harpon venimeux.

Polypes du genre *Pocillopora*.
© IRD/Isabelle Domart-Coulon MNHN

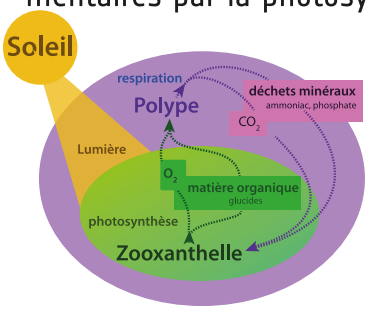


Cellule urticante (cnidocyte) dotée d'un harpon dépliable intégré qui transperce les proies (zooplancton) et les ramène à l'orifice buccal.

© IRD-CNDP/DVD pédagogique « Le récif corallien »

Symbiose avec un végétal : une association bénéfique

Dans les eaux tropicales peu nourricières, le polype abrite des micro-algues (zooxanthelles) qui lui assurent jusqu'à 95% de ses besoins alimentaires par la photosynthèse.



En échange de la protection du polype et de ses déchets minéraux, les zooxanthelles (1 à 2 millions par cm²) utilisent l'énergie lumineuse et le dioxyde de carbone (CO_2) provenant de la respiration du polype et de l'eau de mer pour produire des sucres (glucides) et du dioxygène (O_2).

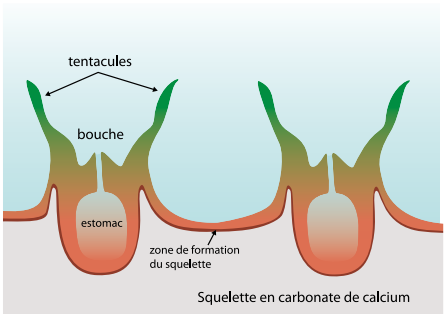
© IRD/Pascale Chabanet
EPPDCSI/Marielle Vergès

Des producteurs de calcaire

Les polypes élaborent un squelette constitué majoritairement de carbonate de calcium ($CaCO_3$). Il cristallise dans une forme particulière (l'aragonite) selon la réaction :

$Ca^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow CaCO_3$.

Le polype extrait les ions calcium (Ca^{2+}) de l'eau de mer et les associe à des ions carbonates (CO_3^{2-}) qu'il obtient à partir d'ions bicarbonates (HCO_3^-) provenant de son métabolisme ou de l'eau de mer.



Le carbonate de calcium se forme dans une couche de quelques nanomètres d'épaisseur sous les tissus du polype. Il s'accumule au début sur le substrat de fixation, puis progressivement à la surface du squelette déjà formé. Chaque année, les polypes produisent en moyenne 5 kg de $CaCO_3$ par m². Le processus de calcification corallienne, étudié dans les conditions contrôlées de laboratoire, se révèle diminué et ralenti dans une eau acidifiée.

© EPPDCSI/Marielle Vergès

La santé des coraux
un équilibre fragile

La symbiose entre les polypes (animaux) et leurs zooxanthelles (végétaux) est optimale dans les eaux chaudes marines. 70% des récifs coralliens tropicaux s'implantent dans les eaux claires et peu profondes, où la lumière est propice à la photosynthèse. Ces écosystèmes sont très sensibles aux variations de leur environnement engendrées par l'activité humaine.

Conditions d'implantation :
Température comprise entre 18 et 30°C,
1 à 50 mètres de profondeur, 35 g de sel/litre d'eau.
Eau non acidifiée (pH moyen 8,2).

Les menaces des combustibles fossiles

La combustion du pétrole, du gaz et du charbon, largement utilisée depuis l'ère industrielle, augmente la quantité de CO_2 dans l'air avec pour conséquence l'accroissement de l'effet de serre responsable du réchauffement, l'acidification des océans, et indirectement l'impact accru des tempêtes tropicales.

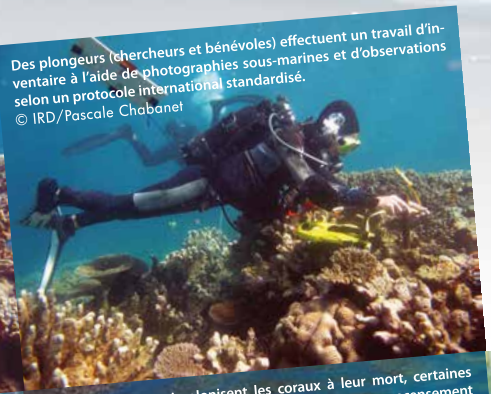
Les menaces humaines locales

Les rejets agricoles azotés et phosphorés, les eaux usées, les déchets rejetés à la mer polluent le littoral et l'enrichissent en nutriments. Ils favorisent certains prédateurs et des macro-algues envahisantes ainsi que les bio-érodeurs, principaux agents de dégradation des récifs coralliens. La déforestation rend les sols instables et favorise leur érosion. Lorsque la terre trouble les eaux côtières, les coraux privés de lumière produisent un squelette moins dense et donc plus sensible aux bio-érodeurs. De plus, la terre qui sédimente sur les coraux détériore leurs tissus.

Des récifs sous haute surveillance

La dynamique des récifs coralliens dépend de toutes les espèces qui y vivent, notamment des coraux (constructeurs) et des bio-érodeurs (destructeurs). Il est indispensable d'étudier toutes sortes de récifs à différentes échelles de temps, des plus sains aux plus dégradés, pour prédire le devenir et l'adaptation de ces écosystèmes complexes face aux variations de leur environnement.

Dans des conditions optimales, les récifs abritent une grande diversité de coraux, de végétaux et d'animaux (tortues, poissons, crustacés…) qui y trouvent le gite et le couvert, ainsi que des sites de reproduction. © IRD/Pascale Chabanet



Des plongeurs (chercheurs et bénévoles) effectuent un travail d'inventaire à l'aide de photographies sous-marines et d'observations selon un protocole international standardisé.
© IRD/Pascale Chabanet

Recensements variés

Les plongeurs évaluent l'état de santé des récifs en mesurant les taux de recouvrement en algues et en coraux vivants et morts. Ils peuvent aussi suivre l'évolution du blanchissement corallien et des populations de poissons impliquées par exemple dans la bio-érosion ou ciblés par la pêche. © Serge Andrefouet

Parmi les algues qui colonisent les coraux à leur mort, certaines contiennent des microorganismes toxiques. Leur recensement permet d'évaluer les risques de prolifération et d'anticiper une contamination de la chaîne alimentaire.
© IRD/Pascale Chabanet

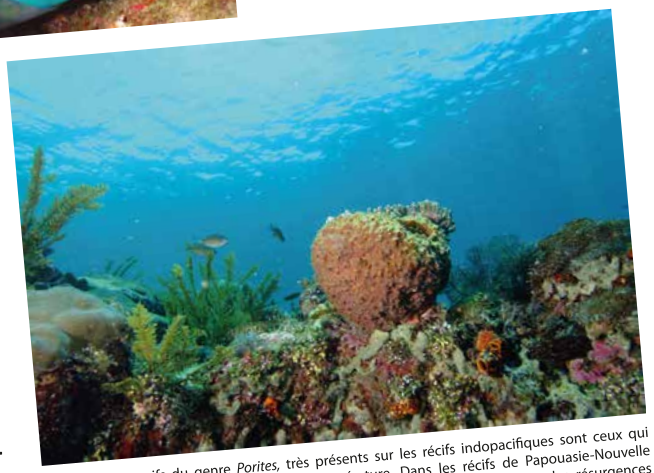
Contrairement aux récifs-barrières situés plus loin des côtes, les récifs frangeants sont davantage soumis à la pollution côtière. Ils abritent des espèces de coraux plus adaptées aux pressions humaines mais moins diversifiées.
© IRD/Yvan Bettarel

Les poissons-perroquets et les oursins contribuent à la régulation des récifs en broutant les algues et la microflore bio-érodante qui colonise et érode le corail. Les poissons-perroquets victimes de surpêche, laissent plus de nourriture aux oursins. La prolifération de ces derniers, associée à leur grande capacité d'abrasion, intensifie la dégradation des récifs.
© IRD/Pierre Laboute Oursin brouteur de Madagascar.

Poisson-perroquet. © IRD/Régis Hocdé

Des capacités d'adaptation limitées

Les études actuelles montrent que certaines espèces de coraux peuvent s'adapter à l'élévation de température et à l'acidification des océans. Après plusieurs épisodes de blanchissement, des coraux sont capables d'intégrer dans leurs tissus des zooxanthelles thermorésistantes, même si elles sont moins performantes pour les nourrir. D'autres coraux semblent bénéficier d'apports nutritifs fournis par des micro-algues bio-érodantes présentes dans leur squelette.



Les coraux massifs du genre *Porites*, très présents sur les récifs indopacifiques sont ceux qui résistent le mieux à l'augmentation de température. Dans les récifs de Papouasie-Nouvelle Guinée, des *Porites* se sont adaptés à une eau naturellement acidifiée par des résurgences sous-marine de CO_2 d'origine volcanique. Les mécanismes de résistance à l'acidification et au réchauffement de l'eau restent à découvrir. © IRD/Régis Hocdé

© IRD/Serge Andrefouet

La bio-érosion
un processus majeur

La bio-érosion est un processus naturel de destruction, indispensable à la bonne santé des récifs coralliens. Elle tempère leur croissance et favorise leur biodiversité. Intensifiée par le changement climatique récent, la bio-érosion pourrait cependant détruire massivement les récifs.

Architecture évolutive

Les coraux durs construisent les récifs, aidés par des algues calcaires qui cimentent les coraux morts et les différents débris calcaires (coquilles de mollusques, débris de récifs...).
La croissance, lente, est limitée par les bio-érodeurs qui perforent, grignotent, et abrasent le calcaire. Par leur action mécanique ou chimique, ils créent de nouveaux habitats et participent au cycle naturel du calcaire marin qui contribue à la construction des récifs.

Micro-bio-érosion

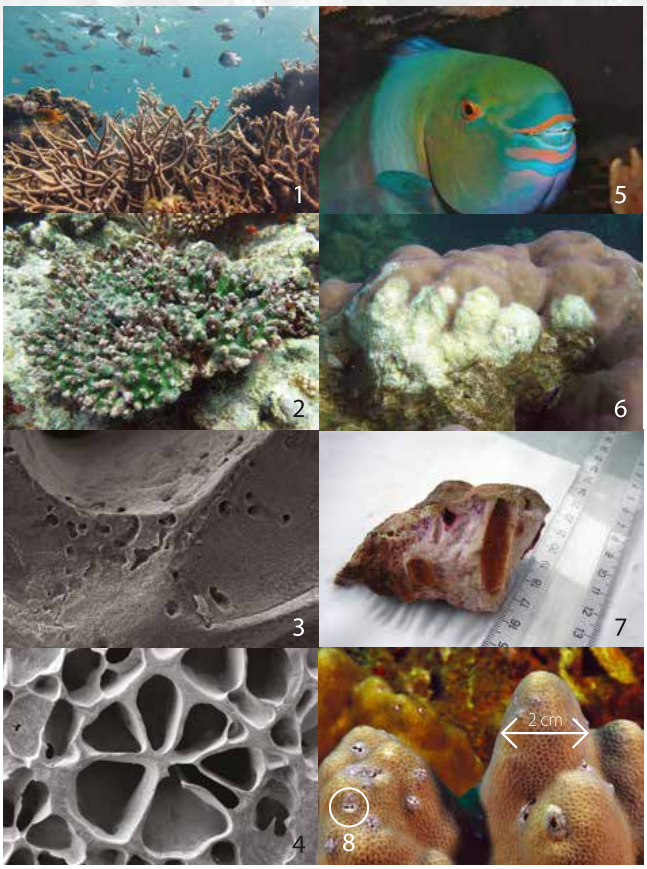
Dès son plus jeune âge, le corail est colonisé par des bio-érodeurs microscopiques (microalgues, champignons et bactéries) qui pénètrent dans le polype depuis son point de fixation. Plus tard, le corail est colonisé à la faveur de détériorations diverses : chocs de palme de plongeur, broutage de poisson perroquet... La colonisation s'intensifie à la mort du corail.

Macro-bio-érosion

Les micro-bio-érodeurs préparent le squelette du corail à l'installation des larves de bio-érodeurs plus gros (vers, mollusques, éponges macroscopiques). Ces macro-bio-érodeurs sont capables de dissoudre mais aussi de creuser mécaniquement le squelette des coraux. Leurs larges galeries facilitent l'abrasion du corail par les animaux brouteurs.

Broutage

Les micro-bio-érodeurs attirent des herbivores qui vont les consommer. En broutant les algues à la surface des coraux, les oursins et les poissons perroquets ingèrent des morceaux de coraux (dont un peu de squelette) contenant les micro-algues nourrissantes. Chez le poisson perroquet, elles sont extraites dans le tube digestif où les morceaux sont concassés. Le sable fin de calcaire qui est ensuite rejeté dans les fèces, alimente les plages tropicales de sable blanc et contribue en partie à la construction du récif.



1 Les espèces de coraux branchus ont une croissance plus rapide (5 cm/an) que les espèces massives (3 mm/an). Selon les récifs, les bio-érodeurs érodent ou dissolvent entre 0,1 Kg et 20 kg de calcaire par m² et par an.
© IRD/Pascale Chabanet

2 Corail branchu mort, recouvert par des cyanobactéries filamenteuses vertes.
© IRD/Pascale Chabanet

5 Les poissons-perroquets transforment les récifs coralliens en sable (jusqu'à 23 kg de calcaire par m² par an).
© IRD/ Gilles Di Raimondo

6 Traces blanches laissées par un animal brouteur sur un *Porites* de Nouvelle Calédonie.
© IRD/Aline Tribollet

8 Ouvertures des galeries creusées par une moule bio-érodante dans un corail massif (Nouvelle-Calédonie). © IRD/Aline Prony - A. Tribollet

7 Large galerie creusée par un mollusque bio-érodant dans un morceau de corail massif de Nouvelle-Calédonie. © IRD/A. Tribollet

3-4 Vues au microscope électronique à balayage (MEB).
De forme filamenteuse, les micro-bio-érodeurs creusent de fines galeries dans le calcaire. Le processus en jeu est une dissolution chimique qui résulterait de leur activité de photosynthèse et de leur respiration. Les perforations dues à des micro-bio-érodeurs (entre 1 et 30 mm de diamètre), sont minuscules (3) comparées à la taille des pores naturels d'un squelette corallien (500 micromètres environ) visibles sur le squelette du corail branchu *Stylophora pistillata* (4).
© IRD/Claire Godinot - A.Tribollet

Etudier le passé pour prédire le futur

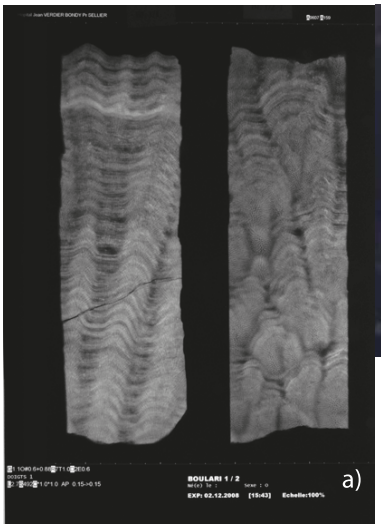
Les coraux du genre *Porites* vivent à de faibles profondeurs et peuvent former des squelettes de plusieurs mètres de diamètre au cours des siècles. Les paléoclimatologues les utilisent fréquemment en raison de leur grande taille et de leur forte sensibilité aux variations physico-chimiques de l'eau. Ici, forage d'une carotte d'un mètre de long.

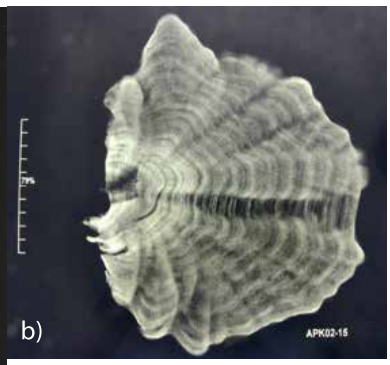
© IRD/Joël Orempuller

La paléoclimatologie consiste à reconstituer le climat du passé. L'analyse de la composition chimique des squelettes coralliens permet de retracer l'évolution de la température et de l'acidification des eaux tropicales au cours des années, décenies, ou siècles passés. De telles données sont utiles pour améliorer les modèles de prévision climatique.

Les carottes prélevées sont répertoriées et radiographiées. Elles renferment des « archives » du climat.

© IRD/Joël Orempuller





Radiographies de squelettes de coraux *Porites*.

a) tranches d'une carotte de corail
b) tranche d'une colonie entière de corail.
Les zones denses du squelette corallien apparaissent plus claires. Elles sont sécrétées en été lorsque le corail bénéficie d'une eau riche en nutriments. L'alternance des zones claires et sombres définit l'axe de croissance et permet d'estimer l'âge du corail (1 claire + 1 sombre = 1 an). De petites quantités de squelette prélevées le long de l'axe sont datées puis analysées pour reconstituer l'évolution de la pollution anthropique et des paramètres environnementaux.

© IRD/Joël Orempuller

Comment valider les modélisation du climat

Les modélisations actuelles permettent de simuler le climat futur et passé. Un moyen de valider ces modèles consiste à calculer les températures passées de l'eau de mer et les comparer à celles « archivées » dans les squelettes des coraux.

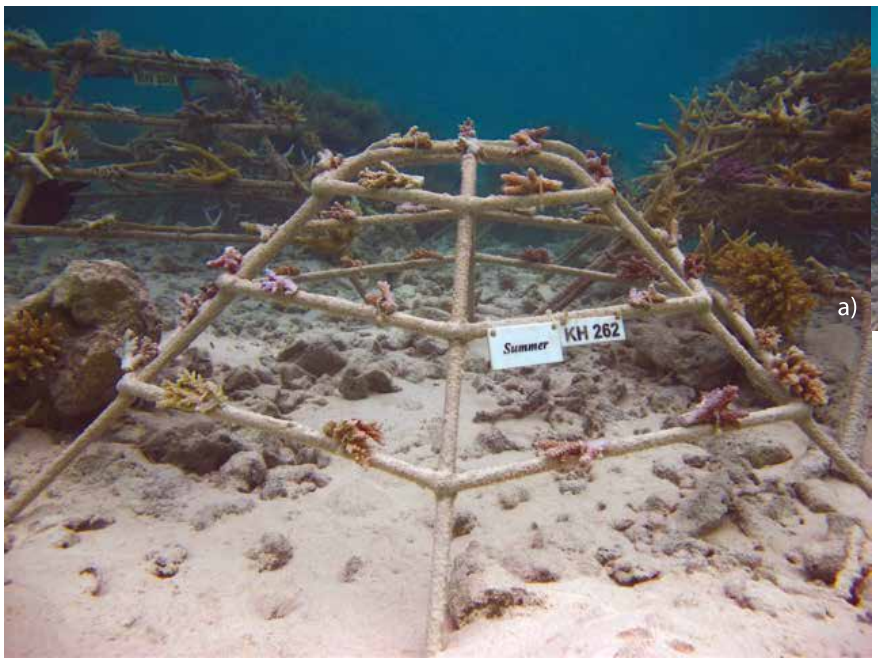
Science participative

Des plongeurs amateurs contribuent à la surveillance de l'état de santé des récifs coralliens à travers le monde.

Les plongeurs bénévoles suivent un protocole scientifique simple et facilement reproductible (méthode Reef check).
© Reef Check - France/ Jean-Pascal Quod

Aux Maldives, les touristes peuvent parrainer des initiatives de restauration en achetant des structures métalliques artificielles qui servent de support à des boutures de corail.

Ces structures recréent un habitat qui attire de nouveau les poissons sur les sites de plongée.



a) structure artificielle avec des boutures de corail qui viennent d'être installées.
© IRD/Pascale Chabanet

b) structure largement recouverte par les coraux. Au stade ultime, les structures métalliques ne se voient plus. Ce sont de nouveaux récifs coralliens réinvestis par toutes sortes d'espèces marines.
© IRD/Pascale Chabanet

Rencontre de biologistes avec un mérou patate peu craintif (*Epinephelus tukula*). Une telle proximité est visible dans des endroits où le milieu et les ressources sont protégés. C'est le cas d'Europa, une des îles Eparses de l'océan Indien.
© IRD/Lionel Bigot

Institut de Recherche pour le Développement

Organisme pluridisciplinaire reconnu internationalement, travaillant principalement en partenariat avec les pays méditerranéens et intertropicaux, l'IRD est un établissement public français placé sous la double tutelle du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, et du ministère de l'Europe et des Affaires étrangères. Par son réseau et sa présence dans une cinquantaine de pays, il porte une démarche originale de recherche, d'expertise, de formation et de partage des savoirs au bénéfice des territoires et pays qui font de la science et de l'innovation un des premiers leviers de leur développement.

Laboratoire d'Océanographie et du Climat : Expérimentations et Approches Numériques

LOCEAN étudie les processus physiques et biogéochimiques qui contrôlent la dynamique et la variabilité de l'océan et du climat sur une large gamme d'échelles de temps et d'espace. L'objectif est de mieux comprendre le système climatique, son évolution à travers le temps et ses impacts sur les écosystèmes, dont les récifs coralliens. LOCEAN est une unité mixte de recherche (UMR 7159) placé sous les tutelles de Sorbonne Université, du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) et du Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN).

Laboratoire ENTROPIE

ENTROPIE a pour objectif de mieux comprendre le fonctionnement des écosystèmes marins et insulaires de l'Indo-Pacifique tropical dans le contexte du réchauffement climatique. Afin de proposer des stratégies de conservation, de valorisation et de gestion durable des écosystèmes, ENTROPIE regroupe des écologues marins, des éco-physiologistes, des spécialistes de la pêche, des généticiens marins ainsi que des spécialistes de la télédétection et du traitement du signal. ENTROPIE est une unité mixte de recherche (UMR 9220) placé sous les tutelles de l'IRD, de l'Université de La Réunion et du CNRS.

Le Palais de la découverte remercie l'Aquarium Tropical de la Porte Dorée pour ses dons de coraux.

UN CHERCHEUR,
UNE MANIP