

## Partie 3

# Des récifs impactés mais résistants

Coordination : Jérôme Aucan

*Les récifs coralliens de Nouvelle-Calédonie subissent des pressions dues à l'activité humaine, et en particulier l'activité minière. À l'échelle globale, les émissions humaines de gaz à effet de serre ont pour conséquence un réchauffement et une acidification des océans, qui ont un impact à l'échelle locale sur les récifs coralliens (blanchissement). Les îlots coralliens de Nouvelle-Calédonie sont, de plus, soumis aux effets de la montée du niveau de la mer. Ces pressions humaines, directes ou indirectes, s'ajoutent aux pressions naturelles existantes, comme les invasions d'*Acanthaster*, l'étoile de mer dévoreuse de corail. Géographes, géologues, physiciens, chimistes et biologistes nous mettent en garde contre ces pressions et les risques que peuvent encourir les récifs, tout en maintenant un optimisme mesuré quant à la résilience des récifs coralliens de Nouvelle-Calédonie.*



# Les récifs et les pressions anthropiques, de la mine au lagon

Gilbert David



Vue du ciel du massif minier de Nakéty, côte Est, où le rouge tranche avec le vert de la végétation et le bleu de l'océan. © P.-A. Pantz

## La Nouvelle-Calédonie vue du ciel, la dialectique rouge et bleue

Vue du ciel, la grande terre de Nouvelle-Calédonie compose un ensemble coloré où dominent le vert des forêts de la chaîne centrale et des mangroves du bord de mer, le bleu du lagon et le rouge des massifs miniers. Ces couleurs peuvent être interprétées de deux manières différentes. Si la couleur dominante est le rouge, les mines de nickel à ciel ouvert sont les éléments structurants du paysage et le lagon néo-calédonien est perçu comme un écosystème menacé, réceptacle des pollutions terrigènes générées par l'activité minière. À l'opposé, on peut occulter la terre et se polariser sur le « plus

grand lagon du monde » pour reprendre l'expression de LABOUTE *et al.* (1999). La Nouvelle-Calédonie est alors essentiellement parée de la couleur bleue de son milieu marin. Cette dialectique rouge et bleue est toujours structurante dans les débats sur l'avenir économique du pays. Chacun reconnaît aujourd'hui l'exceptionnel capital naturel que représentent les récifs et les lagons de Nouvelle-Calédonie qui couvrent une superficie d'environ 40 000 km<sup>2</sup>. Le bilan des connaissances sur la biodiversité marine fait ainsi état de 15 000 espèces et de nombreuses zones restent encore mal connues (PAYRI et RICHER DE FORGES, 2007). Mais, depuis plus d'un siècle, l'exploitation du nickel et le secteur métallurgique qui lui est associé dominent le secteur productif de la Nouvelle-Calédonie. Sur la décennie 2006-2016, ils représentent 90 % de la valeur des

exportations, soit 1,040 milliard d'euros en 2016 malgré un cours du nickel très bas sur le marché international (8 500 dollars la tonne en janvier 2016 quand il atteignait le double en 2011). Ce maintien de la valeur des exportations s'explique par les niveaux record de production de minerai et nickel métal en 2016. Jamais dans l'histoire de la Nouvelle-Calédonie, l'exploitation minière n'a été aussi intense. Chaque année la couleur rouge gagne ainsi en surface vue du ciel de Nouvelle-Calédonie.

## Des pressions dominées par l'action de l'homme : bassins-versants et centres urbains

Bien que la Nouvelle-Calédonie soit affectée par le changement climatique, comme le reste de la région, le futur des récifs dépend également largement des activités que les humains déploient sur le littoral et les bassins-versants et qui génèrent des pressions dites anthropiques comme les pollutions urbaines ou agricoles et les perturbations induites par l'exploitation du nickel. Depuis l'ouverture de la première unité métallurgique en 1877 à Nouméa, les mines à ciel ouvert se sont multipliées, laissant des plaies béantes sur les flancs des montagnes. Or la Grande Terre de Nouvelle-Calédonie est l'une des régions du sud-ouest du Pacifique la plus touchée par les cyclones (8 à 9 cyclones et dépressions tropicales par an), les pluviométries journalières voisinent alors les records mondiaux et les bassins-versants sont souvent pentus. Dans ce contexte, réduire l'érodabilité des sites miniers est une priorité, ce qui passe par la gestion des eaux de ruissellement et la revégétalisation<sup>8</sup> en plantant soit des espèces indigènes à croissance rapide comme *Acacia Spirorbis* et *Casuarina collina*, soit un cortège d'espèces de la flore locale des terrains miniers (L'HUILLIER *et al.*, 2010). L'érosion des sols résultant de mauvaises pratiques agricoles, du surpâturage des animaux d'élevage (bovins), d'une surfréquentation des cerfs sauvages non endémiques ou de feux intempestifs<sup>9</sup> peut également impacter localement les lagons. En période de pluies fréquentes et intenses, l'usage des engrais et des pesticides peut également poser des problèmes localement, notamment en province Sud, qui concentre la majeure partie des fermes de plus de 100 ha et les exploitations maraîchères.

<sup>8</sup> Lorsque les sites sont antérieurs à 1975, leur réhabilitation est à la charge de l'État français et à celle du gouvernement de Nouvelle-Calédonie lorsqu'ils sont postérieurs à cette date.

<sup>9</sup> Selon les années, les feux peuvent détruire des dizaines de milliers d'hectares.

En zone urbaine, le faible traitement des eaux usées est le problème majeur. En raison de la macrocéphalie du pays (DAVID *et al.*, 1999 ; BOUARD *et al.*, 2016) – plus de 70 % de la population vit dans le Grand-Nouméa, formé de la capitale et de ses trois communes limitrophes (Paita, Dumbéa et le Mont-Dore) – et dans la conurbation urbaine de la province Nord qui se déploie sur la zone Voh-Koné-Pouembout, rares sont les chefs-lieux de communes qui dépassent les 1 000 habitants en dehors de cet ensemble, en sorte que développer l'assainissement collectif est très coûteux.

## Les pressions provenant du lagon

En raison de la taille de l'espace halieutique exploitable (7 280 km<sup>2</sup>, dont 5 490 km<sup>2</sup> de récifs coralliens et 1 800 km<sup>2</sup> de fonds meubles de lagon), l'impact global de la pêche sur les formations récifales reste faible. Toutefois, localement, les risques de surexploitation existent, en particulier aux alentours des centres urbains, en raison notamment de l'importance de la pêche plaisancière et des quotas par embarcation qu'autorisent les pouvoirs publics. Les espèces prisées sur le marché international sont également très vulnérables à la surexploitation. Il s'agit principalement des trocas (coquillage nacrier utilisé dans l'industrie textile de haute gamme pour la fabrication de boutons) et des holothuries (concombres de mer). La pêche de cet invertébré marin, très prisé du marché chinois, est en forte progression depuis 2006. La demande internationale annuelle qui est de 70 000 t de produit séché a du mal à être satisfaite. Les prix peuvent attendre 2 000 euros le kilogramme sur le marché international. La pression s'accroît donc sur les pays qui disposent encore de ressources, ce qui explique les pêches illégales perpétrées par des navires vietnamiens en 2016 et 2017 dans le lagon néo-calédonien (chap. 31).

Dans beaucoup de pays du monde, l'aquaculture est une activité très impactante pour l'environnement. En Nouvelle-Calédonie, la petite taille et le faible nombre d'élevages de crevettes (18 entreprises pour une superficie moyenne de 40,2 ha), les densités réduites des crevettes (rendement moyen de 2,5 t/ha/an) et l'interdiction de l'utilisation de fertilisants chimiques et de pesticides, réduisent les



Ferme d'aquaculture de crevettes sur la côte ouest de la Grande Terre. © P.-A. Pantz

impacts des effluents sur les eaux du littoral. La localisation des bassins sur 723 ha de tannes (zones sursalées d'arrière-mangrove) limite la dégradation du couvert de mangrove, contrairement à ce qui est observé au niveau mondial pour les élevages de crevettes extensifs. La préservation de l'environnement naturel est par ailleurs une condition nécessaire à l'image de qualité du produit néo-calédonien et donc à l'exportation vers les marchés étrangers. Hormis l'élevage des crevettes, l'aquaculture reste peu développée. En 2017, elle se limite à deux élevages en cage, l'un concernant le pouate (*Lutjanus sebae*), l'autre le picot rayé (*Siganus lineatus*). En raison de la taille réduite de ces élevages, l'impact sur le lagon reste faible.

En dehors de la pêche et de l'aquaculture, la fréquentation des plans d'eau et des îlots, notamment à proximité de Nouméa, peut également impacter la qualité des écosystèmes (chap. 33). En zone rurale, les prélèvements de sable en zone peu profonde peuvent accroître de manière significative l'érosion côtière.

## L'inscription au patrimoine mondial et la réduction des pressions

L'année 2008 constitue une date remarquable pour les récifs de Nouvelle-Calédonie avec l'inscription au patrimoine mondial de l'Unesco de 15 808 km<sup>2</sup> de barrière récifale et de lagon, soit un accroissement par 35 de la superficie protégée qui auparavant s'élevait à 446 km<sup>2</sup>. Six sites sont concernés, deux dans chacune des trois provinces. Deux espaces tampons sont associés à ce patrimoine. Le premier couvre 8 206 km<sup>2</sup> du Grand Lagon Sud et des eaux adjacentes ; il inclut la zone côtière à proximité de l'usine métallurgique de Goro, dont les 26 km d'émissaire permettent l'évacuation vers le large d'eaux usées dont le niveau de toxicité ne doit pas dépasser un seuil maximal.

Le second couvre la plupart des bassins-versants des communes de La Foa, Moindou et Bourail et un tiers de l'espace terrestre au nord est de la Grande Terre, soit un total de 5 146 km<sup>2</sup>. Hormis le Grand Nouméa, ces bassins-versants sont les espaces de la province Sud les plus impactés par l'homme. Leur classement comme espace tampon constitue une

opportunité pour adopter une gestion intégrée des bassins-versants et du littoral. Au final, la mise en patrimoine des récifs de Nouvelle-Calédonie comme la création du parc naturel de la mer de Corail en 2014 constitue une réelle opportunité pour que des politiques publiques plus respectueuses de l'environnement, comme la généralisation du traitement des eaux usées, soient mises en place, et que les comportements individuels se modifient de manière à réduire les pressions sur le milieu récifal, l'ambition étant que d'ici 20 à 30 ans la Nouvelle-Calédonie se positionne comme un des rares endroits de la planète où l'écosystème récifal soit en bon état.

### Références bibliographiques

- BOUARD S. *et al.* (éd.), 2016 *La Nouvelle-Calédonie face à son destin, quel bilan à la veille de la consultation sur la pleine souveraineté ?* Paris, Karthala, 524 p.
- DAVID G., GUILLAUD D., PILLON P., 1999 *La Nouvelle-Calédonie à la croisée des chemins (1989-1997)*. Paris, Société des Océanistes-Orstom, 324 p.
- JOLLIT I. *et al.*, 2010 The spatial structure of informal coastal fisheries in New Caledonia. *Marine Pollution Bulletin*, 61 (7-12) :585-597.
- L'HUILLIER L., JAFFRE T., WULFF A. 2010 *Mines et environnement en Nouvelle-Calédonie : les milieux en substrats ultramaïfiques et leur restauration*. Nouméa, IAC Édition, 412 p.
- LABOUTE P., FEUGA M., GRANDPERRIN R. 1999 *Le plus grand lagon du monde*, Nouméa, Éditions C. Ledru, 273 p.
- PAYRI C.E., RICHER DE FORGES B. (éd.), 2006 *Compendium of marine species from New Caledonia*, IRD-Nouméa, Documents scientifiques et techniques, II (7), 2<sup>e</sup> éd., 435 p.

# Les métaux et leurs impacts sur les coraux

Tom Biscéré, Anne Lorrain, Riccardo Rodolfo-Metalpa, Richard Farman, Antoine Gilbert, Andy Wright et Fanny Houllbrèque



Sols mis à nu par une exploitation minière dans le nord de la Grande Terre (Nouvelle-Calédonie). © Koniambo Nickel SAS/A. Wright

## La pollution métallique, un problème mondial

Les récifs coralliens se sont largement dégradés à l'échelle globale au cours de la dernière décennie sous l'influence des activités anthropiques (HUGHES *et al.*, 2003). Ils doivent faire face à de nombreuses menaces : maladie, surpêche, destruction des habitats et dégradation de la qualité des eaux. Cette dégradation des eaux est due à plusieurs facteurs : à la déforestation et aux opérations minières, qui augmentent l'érosion des sols ; aux pollutions agricoles et domestiques ainsi qu'aux opérations de dragage, qui ne cessent de se multiplier le long du littoral. Les apports en métaux constituent également une forme de pollution ; ils se font par l'intermédiaire du lessivage des sols, des

effluents industriels, de la contamination atmosphérique sous forme particulaire et également principalement par l'exploitation minière. Par ailleurs, les émissions automobiles, les boues d'épuration, les déblais de dragage, les peintures antifouling apportent également des quantités conséquentes de métaux dans les océans. Cette pollution métallique affecte de nombreux récifs de par le monde (par exemple au Costa Rica, à Panama, en mer Rouge, en Thaïlande, à Tuvalu, à Puerto Rico). Parmi eux, les récifs de Nouvelle-Calédonie sont particulièrement concernés par ce problème. La Nouvelle-Calédonie se trouve en effet parmi les cinq producteurs majeurs de nickel dans le monde. Ses mines à ciel ouvert nécessitent d'importantes excavations qui mettent à nu les sols et augmentent considérablement leur érosion hydrique et

éolienne. Tout ceci multiplie l'apport au lagon de particules riches en métaux via des eaux de ruissellement chargées de sédiments ou la pollution atmosphérique, avec le risque d'impacter le fonctionnement des récifs et leur biodiversité.

## Quand il y a trop de métaux dans l'eau...

Les effets sur les coraux d'une forte sédimentation sont désormais bien connus. Une sédimentation élevée réduit tout d'abord la quantité de lumière disponible et diminue ainsi la capacité des *Symbiodinium* à réaliser leur photosynthèse et engendre généralement des taux de croissance plus faibles. Dans les cas extrêmes, une sédimentation élevée peut même être source de blanchissement des colonies et entraîner leur mort partielle ou totale (FABRICIUS, 2005).

Les effets des métaux dissous associés à ces fortes charges sédimentaires sont, eux, beaucoup moins étudiés. Même si l'on sait dorénavant que les coraux possèdent une exceptionnelle capacité de bioaccumulation des métaux, aussi bien dans leurs tissus que dans leur squelette, les études expérimentales sur les effets des métaux sur les coraux ont principalement porté sur leur reproduction et leurs jeunes stades de vie. Ces études ont démontré qu'un apport élevé en métaux entraînait une réduction du



Incubations de colonies coralliennes dans des enceintes permettant de tester directement sur le récif l'effet d'un apport en nickel ou en cobalt sur la calcification et la photosynthèse des coraux. © CNRS/E. Amice

succès de la reproduction ; une diminution de la fixation et du taux de survie des larves (REICHEL-TBRUSHETT et HARRISON, 2005) ; une modification des taux de photosynthèse conduisant à une diminution de la calcification et de la croissance des coraux pendant leurs premiers stades de vie ; une perte des *Symbiodinium* dans les tissus coralliens et finalement une augmentation de la mortalité des coraux. Il est cependant très important de noter que toutes ces études expérimentales ont utilisé des niveaux exceptionnellement élevés de métaux : 100 voire 1 000 fois supérieurs aux concentrations mesurées *in situ*, par exemple dans le lagon néo-calédonien.

## Qu'en est-il des coraux du lagon néo-calédonien ?

Au niveau des récifs coralliens de Nouvelle-Calédonie, des études supplémentaires ont été menées pour comprendre les effets d'une exposition régulière des récifs proches des côtes, aux pollutions métalliques. Une série d'expériences sur le terrain et en laboratoire a permis de mettre en évidence les effets de concentrations « représentatives » de ce qui est mesuré dans le lagon, sur le métabolisme des coraux. Les effets de deux métaux, particulièrement abondants dans les eaux côtières en raison des activités minières de la Nouvelle-Calédonie : le nickel et le cobalt, ont ainsi été testés.

Concernant le nickel, bien que les concentrations dans l'eau soient généralement autour de 0,1 à 0,5  $\mu\text{g L}^{-1}$ , des concentrations excédant 20  $\mu\text{g L}^{-1}$  peuvent être mesurées dans certaines zones le long du littoral néo-calédonien. De façon surprenante, l'exposition ponctuelle des colonies coralliennes, à des concentrations modérées de nickel (3,5  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) ne s'est pas révélée néfaste pour elles mais a stimulé au contraire leur métabolisme en augmentant leur calcification (BISCERE *et al.*, 2017). C'est la première fois qu'un effet bénéfique du nickel sur les coraux est enregistré. Une des hypothèses pouvant expliquer le rôle positif du nickel serait liée à l'activité de l'uréase, une enzyme dont le site actif contient du nickel (fig. 1).

Cette enzyme est responsable de la transformation de l'urée en ammoniac et carbone, qui sont ensuite utilisés dans les processus de calcification des coraux. Ainsi, une exposition temporaire à un apport modéré en nickel aurait stimulé l'activité de cette enzyme, puis boosté la production de  $\text{CO}_2$  et donc la calcification corallienne.

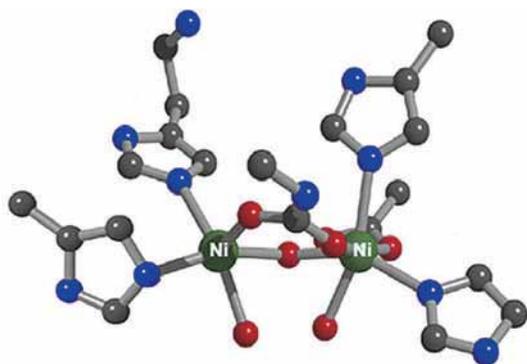


Figure 1 : Représentation chimique de l'uréase montrant le site actif contenant un double noyau de nickel. Source: www.rcsb.org

Concernant le cobalt, pour une augmentation très légère de sa teneur (dans la gamme des concentrations maximales rencontrées le long du littoral néo-calédonien, autour de  $0,2 \mu\text{g L}^{-1}$ ), les taux de croissance des deux espèces de coraux testées ont été diminués d'un tiers et ont même chuté de 70 % lorsque les teneurs en cobalt ont atteint  $1 \mu\text{g L}^{-1}$  (BISCÉRÉ *et al.*, 2015).

## Les métaux et les coraux, amis ou ennemis face au changement climatique ?

Aux stress locaux vient s'ajouter le changement climatique auquel les coraux devront désormais faire face. Les modèles climatiques prédisent un réchauffement atmosphérique de 2 à 4 °C pour les 30 années à venir (IPCC, 2014). Ce réchauffement a déjà déclenché depuis ces 30 dernières années, des événements de blanchissement massif (c'est-à-dire la perte des algues symbiotiques dans les tissus coralliens, voir chap. 25) dans tous les récifs mondiaux. Par ailleurs, l'augmentation simultanée de la concentration en  $\text{CO}_2$  ( $p\text{CO}_2$ ) dans les océans altère la chimie des eaux en réduisant notamment le pH (de 0,1 unité pH au cours du XX<sup>e</sup> siècle) et les concentrations en carbonate (IPCC, 2014).

La communauté scientifique estime que les taux de calcification des récifs coralliens auront diminué de 17 à 37 % d'ici la fin du siècle. Jusqu'à présent, les impacts des changements climatiques sur les coraux ont été étudiés de façon isolée (uniquement augmentation de  $\text{CO}_2$  et/ou de température), en supposant que les coraux se trouvaient dans des zones

épargnées par les pollutions anthropiques. Cette hypothèse étant malheureusement loin de correspondre à la réalité, il est primordial d'étudier la synergie entre ces multiples facteurs et leurs effets de cascade de manière à pouvoir identifier et prévenir les risques qui pèsent sur l'état de santé des récifs coralliens.

À l'heure actuelle, par exemple, il s'avère difficile de déterminer si des apports réguliers en métaux, comme c'est le cas en Nouvelle-Calédonie avec l'activité minière, vont amplifier ou non les effets néfastes du changement climatique sur les coraux. Ainsi, des travaux ont été menés en laboratoire, afin de tester les effets combinés de l'acidification et du réchauffement des eaux sur plusieurs espèces de coraux, également soumis à des teneurs plus élevées en cobalt et en nickel.

Il a ainsi été mis en évidence que, même si à température « normale », le nickel stimulait la calcification des coraux, lorsque la température est augmentée, le nickel diminue la croissance des coraux jusqu'à 37 %, amplifiant ainsi les effets négatifs du réchauffement des eaux. À l'inverse, des colonies incubées pendant un mois à une plus forte  $p\text{CO}_2$  (et donc un pH plus faible) et à des concentrations plus élevées en cobalt se sont montrées peu sensibles à l'acidification du milieu et sont parvenues à maintenir des taux de calcification équivalents aux coraux contrôles (maintenus à pH et concentrations en cobalt normales).



Dans les laboratoires de l'Aquarium des lagons à Nouméa, les colonies coralliennes sont soumises à différentes concentrations en cobalt et différentes températures. © IRD/V. Meunier

## Des réponses complexes face à des stress multiples

Ces études mettent ainsi en évidence la complexité des réponses des coraux face à des stress multiples. Même si, en conditions « normales » de température, quelques métaux peuvent représenter une aide pour certains mécanismes physiologiques, ces effets se trouvent annulés voire inversés lorsque les coraux sont soumis simultanément à une élévation de la température des océans, comme cela est prévu d'ici la fin du siècle.

Ces travaux en laboratoire se sont focalisés sur les deux métaux les plus représentatifs du lagon néo-calédonien, mais il est bien connu que divers métaux sont déversés simultanément dans le milieu par les exploitations minières et les ruissellements vers le lagon. Très peu de données sont disponibles quant aux interactions entre les métaux. Un cocktail de métaux peut en effet augmenter ou réduire leur toxicité ou leur biodisponibilité pour les coraux. Il est également probable que des colonies coralliennes, pour lesquelles les taux de croissance diminuent déjà de 37 % lorsqu'elles sont soumises à un apport chronique et modéré en nickel et à un stress de température, seront encore plus fragilisées si elles sont soumises à d'autres menaces telles que d'autres types de pollution ou une acidification des océans.

### Références bibliographiques

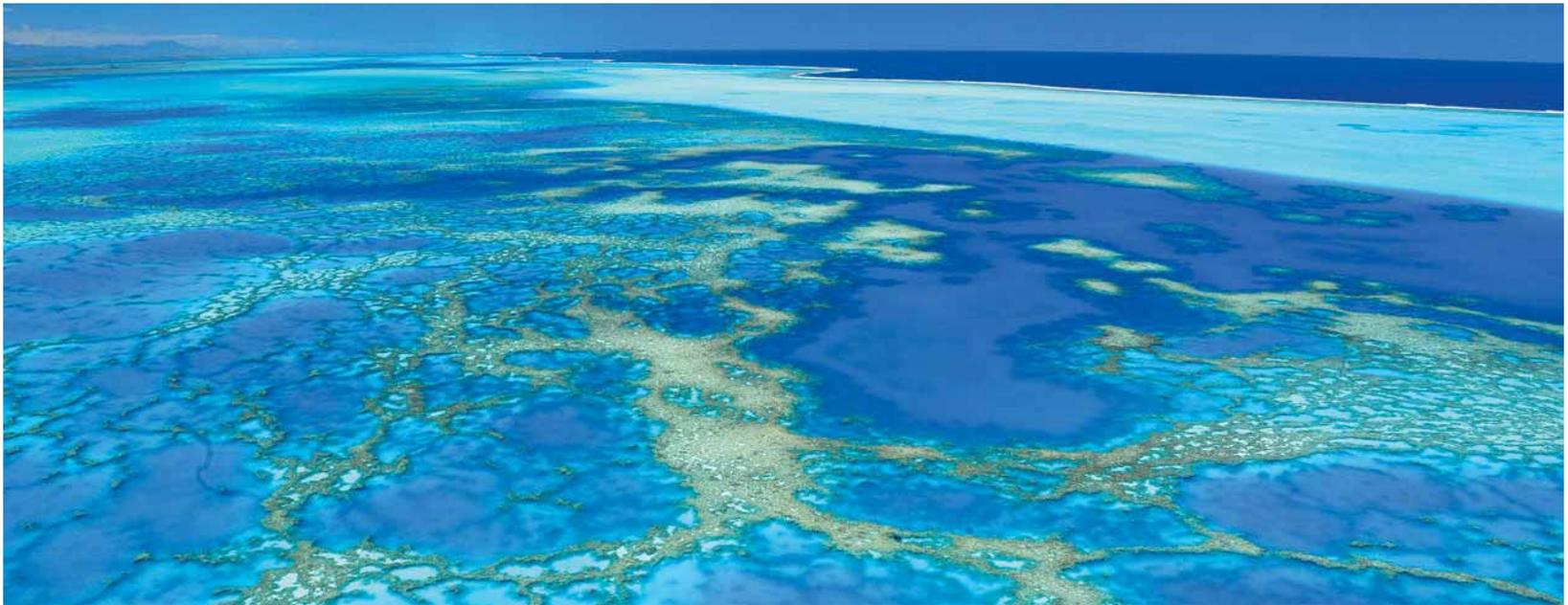
- BISCÉRE T. *et al.*, 2015 Responses of two scleractinian corals to cobalt pollution and ocean acidification. *Plos One*, 10 (4), e0122898.
- BISCÉRE T. *et al.*, 2017 Nickel and ocean warming affect scleractinian coral growth. *Marine Pollution Bulletin*, 120 (1-2) : 250-258.
- FABRICIUS K.E., 2005 Effects of terrestrial runoff on the ecology of corals and coral reefs: review and synthesis. *Marine Pollution Bulletin*, 50 (2) : 125-146.
- HUGHES T.P. *et al.*, 2003 Climate change, human impacts and the resilience of coral reefs. *Science*, 301 : 929-933.
- IPCC, 2014 *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 p.
- REICHEL-TBRUSHETT A.J., HARRISON P.L., 2005 The effect of selected trace metals on the fertilization success of several scleractinian coral species. *Coral reefs*, 24 (4) : 524-534.



L'érosion des sols apporte au lagon des sédiments riches en métaux. © P.-A. Pantz

# Des super-coraux en Nouvelle-Calédonie résistent au changement climatique

*Riccardo Rodolfo-Metalpa, Fanny Houllbrèque et Claude E. Payri*



Lagon réticulé, Nessadiou. © province Sud/M. Dosdane

## Les récifs coralliens sous la menace du changement climatique

Les récifs coralliens sont déjà, à l'heure actuelle, largement impactés par les changements climatiques (GATTUSO *et al.*, 2015). Depuis la révolution industrielle, les niveaux de CO<sub>2</sub> atmosphériques ont quasiment doublé, entraînant un réchauffement global et une acidification des océans. Les effets des changements climatiques sur les organismes des récifs coralliens ont fait l'objet de nombreux travaux au cours des dernières décennies, travaux qui ont été essentiellement menés en aquarium.

Les espèces calcifiantes, telles que les coraux constructeurs de récifs, qui hébergent une grande partie de la biodiversité des océans mondiaux, seront vraisemblablement parmi les plus affectées par l'acidification des océans car leurs taux de calcification et de dissolution semblent être liés à la chimie des carbonates dans les océans (encadré 19). Plusieurs études montrent ainsi un déclin des taux de calcification des coraux lors d'une diminution du pH de l'eau de mer et parallèlement une augmentation des taux de dissolution des squelettes de carbonate. Le réchauffement des océans représente également une menace majeure pour la vie marine et les récifs coralliens en ont déjà largement souffert au cours des dernières décennies. Des températures de surface supérieures de seulement 1 °C par rapport

aux maximales de température pendant la saison estivale, et ce pendant au moins deux à trois jours entraînent une perte de leurs algues symbiotiques pour les coraux (phénomène appelé blanchissement des coraux, chap. 25). Plusieurs études indiquent que la plupart des coraux sont capables de se remettre du blanchissement si les anomalies de température persistent moins d'un mois, mais le stress engendré par ces températures élevées peut entraîner des dommages irréversibles au niveau du métabolisme des coraux.

Des mortalités massives de coraux, suite à des épisodes de blanchissement, ont été rapportées partout dans le monde en 1998 et 2016. Bien que la majorité des études ait mis en évidence une diminution des taux de calcification des coraux avec la réduction du pH de l'eau des océans, et des mortalités massives suite au blanchissement lié aux températures plus élevées ; il semble que certains coraux soient au contraire capables de s'acclimater au réchauffement et à l'acidification des océans. Ces résultats apparemment divergents reflètent la difficulté à reproduire en laboratoire de façon adéquate et consistante des interactions environnementales et écologiques complexes. En dépit des efforts colossaux déployés par la communauté scientifique au cours des 15-20 dernières années pour comprendre l'impact de ces changements globaux sur les récifs coralliens et pour prédire de façon plus précise comment ces écosystèmes vont être modifiés dans le futur, la plupart des conclusions concernant les impacts des changements climatiques sur les coraux ainsi que les extrapolations à l'échelle de l'écosystème se basent sur des expériences menées à court terme en laboratoire sur des individus isolés, exposés à des conditions artificielles.

Ces expériences sont bien sûr informatives, car elles nous permettent d'identifier les effets d'un ou plusieurs paramètres de façon isolée, mais ces expériences sont incapables de prendre en compte la capacité d'acclimatation (et d'adaptation) des espèces dans un environnement naturel. Elles ne sont pas réalistes au niveau écologique car elles ne prennent pas en compte les effets des interactions entre espèces, les apports naturels en nourriture ainsi que les fluctuations des principaux paramètres environnementaux. De plus, la quasi-totalité de ces études ont négligé le rôle de l'adaptation puisqu'elles ont testé seulement les réponses aux changements globaux à l'intérieur d'une même génération d'individus et pendant des expositions très courtes au stress.

En outre, en parallèle de l'acidification des océans et du réchauffement, le taux de saturation en oxygène de l'eau de mer diminue, en raison de plus fortes températures et de l'eutrophisation des côtes, avec des conséquences méconnues, mais probablement négatives sur les organismes. La désoxygénation, désormais associée à l'acidification des océans et au réchauffement, forme « le trio mortel », qui pourrait affecter de manière irréversible les océans d'ici 2100.

Dans le but de mieux prédire le devenir des organismes marins face au changement climatique, il est temps de changer d'échelle et de s'intéresser aux effets au niveau de l'écosystème dans son ensemble. Pour réaliser cela, il est nécessaire de trouver des récifs coralliens qui sont déjà exposés aux conditions environnementales prévues d'ici la fin de ce siècle. On pourrait penser que cela est impossible mais il existe pourtant plusieurs exemples dans la nature : certains de ces endroits sont loin de nous, en Papouasie Nouvelle-Guinée, d'autres sont bien plus proches et se trouvent en Nouvelle-Calédonie !

## **Prédire le futur des récifs coralliens grâce à l'étude des milieux extrêmes**

Les populations de coraux vivants actuellement en marge de leur environnement optimal et s'acclimatant à des conditions environnementales extrêmes sont devenues des modèles pour prédire la structure et le fonctionnement futurs des récifs coralliens. Les systèmes naturels tels que les résurgences sous-marines de CO<sub>2</sub> (HALL-SPENCER *et al.*, 2008, FABRICIUS *et al.*, 2011) offrent des opportunités uniques pour étudier le devenir des communautés coralliennes face au changement global. Jusqu'à présent, aucun système naturel parfait n'a été découvert, mais les données provenant de tels systèmes sont d'une pertinence fondamentale au plan écologique car ils apportent un scénario réaliste et naturel. Par exemple, au niveau des sites de résurgence de CO<sub>2</sub> en Papouasie Nouvelle-Guinée, le pH varie dans le temps, selon les conditions environnementales (par exemple des changements dans les courants dominants et les conditions atmosphériques) et son effet est habituellement limité dans l'espace (représentant une centaine de mètres carrés de récifs). De plus, seul l'effet de l'acidification des

océans peut être observé jusqu'à présent car seules des résurgences « froides » de CO<sub>2</sub> ont été découvertes et il est clair que le réchauffement sera probablement le facteur le plus influent dans le futur. L'IRD a commencé un programme de recherche sur le long terme utilisant des coraux vivants sur trois sites volcaniques de Papouasie Nouvelle-Guinée (projet Carioca). Une série d'analyses physiologiques et moléculaires, des transplantations coralliennes et des expériences multigénérationnelles ont permis de faire des prédictions plus fiables sur les réponses à l'échelle de l'organisme et des écosystèmes.

En février 2016, dans le contexte d'une collaboration entre l'IRD et l'université de Technologie de Sydney (Australie), les premiers travaux de terrain ont été menés sur un site exceptionnel situé à Bouraké, à 150 km de Nouméa (CAMP *et al.*, 2017). Sur ce site, l'eau du lagon rentre dans la mangrove avec la marée montante, circule à l'intérieur du système pour sortir à marée descendante. La profondeur du système varie de quelques centimètres à plus de 6 m. Le chenal, large de plus de 80 m, pénètre à l'intérieur de la mangrove en formant de larges piscines sur une surface totale de plus de 60 000 m<sup>2</sup>. Les premières mesures de variations du pH (fig. 1) au cours d'un cycle de 24 h ont montré la réelle valeur de ce site unique pour étudier la capacité des coraux à s'acclimater et à s'adapter aux conditions



Site d'étude de Bouraké montrant le chenal principal permettant l'entrée de l'eau de mer du lagon, à l'intérieur de la mangrove. © IRD/J.-M. Boré

extrêmes. À chaque marée haute, de l'eau nouvelle du lagon entre par le chenal dans le large bassin interne à l'intérieur des mangroves. Pendant ce trajet, cette eau se mélange avec de l'eau de mer plus acide, chaude et désoxygénée. Ainsi même à marée haute, l'eau dans le système ne retourne jamais à des valeurs « normales ». Par exemple, les valeurs maximales de pH mesurées se situent autour de 7,9 (le pH normal de l'océan est actuellement de 8,05 alors qu'il est prévu qu'il diminue jusqu'à 7,7-7,8 en 2100). À marée basse, l'eau de mer devient plus acide et appauvrie en oxygène car le système commence à se vidanger et les larges volumes d'eau qui étaient à l'intérieur de la forêt de mangrove arrivent dans le système et sont ensuite évacués vers le lagon. À marée basse, le pH atteint la valeur extrême de 7,3 à proximité des coraux pour une concentration de 2 mg L<sup>-1</sup> en O<sub>2</sub> (la concentration normale d'O<sub>2</sub> le long des côtes est de 4-6 mg L<sup>-1</sup>).

De plus, l'ensemble de ces paramètres montre des fluctuations, clairement détectables, au cours d'un cycle de 24 h, ce qui est extrêmement important pour évaluer la dose de stress reçue dans le temps par les coraux. Ceci rend ce site beaucoup plus intéressant que d'autres laboratoires naturels dans lesquels la durée et l'intensité du stress (par exemple les sites de résurgence volcanique) ne sont régulières ni dans le temps ni dans l'espace.

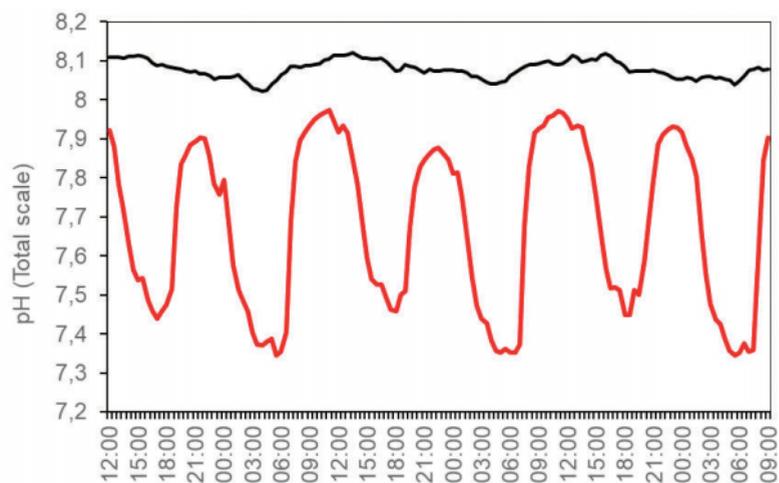


Figure 1 : Variations cycliques du pH sur le site d'étude (tracé rouge) et à l'extérieur, sur un site de contrôle (tracé noir). © IRD/R. Metalpa



Vue aérienne du récif frangeant de Bouraké. © IRD/J.-M. Boré

Selon la littérature, la persistance des coraux et des organismes calcifiants en général serait sérieusement compromise. Pourtant l'IRD a révélé à Bouraké, la présence de plus de 50 espèces différentes de coraux, formant des récifs très préservés, comparables aux autres récifs frangeants de Nouvelle-Calédonie.

Il est indéniable que ce site offre de nouvelles opportunités pour mieux comprendre le futur des récifs coralliens face au changement global. L'hypothèse principale, qui reste à vérifier, est que de nombreuses espèces marines, considérées par les études précédentes en laboratoire comme sensibles à l'acidification des océans, présentent en fait la capacité à s'acclimater, voire à s'adapter, aux conditions climatiques futures. L'élément central qui soutient cette hypothèse est la présence de nombreuses espèces de coraux dans ce système de mangrove, où les conditions de pH, de température et de  $pO_2$  sont proches (ou au-delà) des valeurs prévues pour la fin du siècle.

Il s'agit de mieux comprendre quels sont les changements physiologiques utilisés par les coraux pour s'acclimater aux conditions extrêmes (plasticité phénotypique), ce qui constitue déjà une approche novatrice. Néanmoins, notre ambition est de vérifier si ces espèces, qui auront grandi dans ces conditions extrêmes, peuvent se reproduire et potentiellement s'adapter (par exemple avec une acclimatation transgénérationnelle).

Nous cherchons à comprendre comment les changements du métabolisme des coraux et de ses zooxanthelles permettent aux coraux de prospérer dans des milieux extrêmes. Les coraux vivent en association avec des zooxanthelles, mais également avec de nombreux microorganismes et on s'interroge également sur le rôle de ces microbes et des algues zooxanthelles dans la capacité des coraux à résister aux conditions extrêmes.

## L'acidification des océans, une menace pour les coraux ?

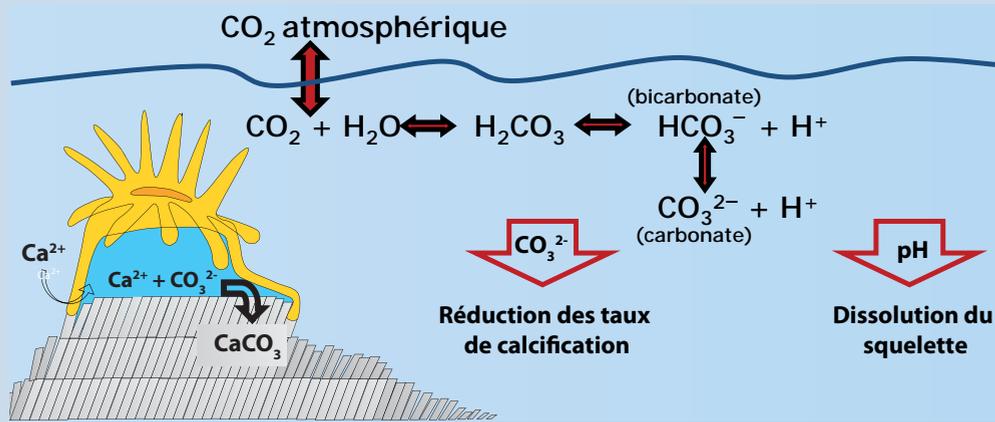


Schéma de la calcification et de la décalcification (dissolution) :  
 Le gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ) dissous réagit avec l'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ) pour former de l'acide carbonique ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) :  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$   
 L'acide carbonique se dissocie en ion bicarbonate :  
 $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$   
 L'ion bicarbonate se dissocie aussi en ion carbonate :  
 $\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+$   
 A savoir, dans l'eau les trois composés  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , et  $\text{CO}_3^{2-}$  sont en proportions stables en fonction des conditions de pH.

### Les océans seront-ils plus acides à l'avenir ?

L'acidification des océans est une histoire de chimie. Le gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ) rejeté dans l'atmosphère par les activités de l'homme contribue au réchauffement climatique (effet de serre). À peu près 25 % de ce gaz carbonique est absorbé par les océans. Les océans contribuent donc à diminuer l'effet de serre. En contrepartie, ce gaz augmente l'acidité des océans. En effet, la dissolution du  $\text{CO}_2$  dans l'eau de mer entraîne une augmentation de son acidité, ce qui correspond à une diminution du pH. Ceci entraîne une baisse de la quantité d'ions carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), qui sont l'une des briques nécessaires à certains organismes marins pour fabriquer leurs squelettes, leurs coquilles et autres structures calcaires.

### Quels seront les impacts sur l'écosystème corallien ?

Avec des eaux plus acides, les animaux dotés de squelettes ou de coquilles calcaires comme les coraux auront des difficultés à fabriquer leurs structures calcaires car les briques (les ions carbonates) dont ils se servent seront moins abondantes. Les organismes devront dépenser plus d'énergie pour calcifier, et leurs squelettes et coquilles seront plus fragiles. Les réactions ne sont pas les mêmes selon les espèces et certaines semblent mieux résister à une diminution du pH. Les réponses varient en fonction du stade du cycle de vie, de la physiologie des espèces et de leur capacité à réguler le pH au niveau des cellules. L'acidification des océans pourra aussi faciliter la dissolution des récifs et les rendre plus fragiles face aux tempêtes et cyclones.

### Références bibliographiques

CAMP E. *et al.*, 2017 Reef-building corals thrive within hot-acidified and deoxygenated waters. *Scientific Reports*. Doi : 10.1038/s41598-017-02383-y.  
 FABRICIUS K.F. *et al.*, 2011 Losers and winners in coral reefs acclimatized to elevated carbon dioxide concentrations. *Nature Climate Change*. Doi : 10.1038/NCLIMATE1122.

GATTUSO J.P. *et al.*, 2015 Contrasting futures for ocean and society from different anthropogenic  $\text{CO}_2$  emissions scenarios. *Science*, 349 (6243) : aac4722-1.  
 HALL-SPENCER J.M. *et al.*, 2008 Volcanic carbon dioxide vents show ecosystem effects of ocean acidification. *Nature*, 454 : 96-99



# Le blanchissement corallien de 2016

Claude E. Payri, Francesca Benzoni, Laure. V. André et Fanny Houllbrèque



Colonie massive du genre *Porites* entièrement blanchie, récif d'Entrecasteaux, mars 2016. © IRD/F. Benzoni

## Les récifs coralliens : un milieu fragile et menacé

Les récifs coralliens sont parmi les écosystèmes les plus diversifiés en nombre d'espèces et les plus importants en termes économiques. Colorés, divers et riches, ils forment une interface protectrice entre la mer et la terre qui attire et concentre les activités humaines. Alors qu'ils occupent moins de 0,2 % de la superficie des océans, ils abritent près de 30 % de la biodiversité marine connue à ce jour et sont un réservoir de ressources dont dépendent directement ou indirectement 500 millions d'humains. Outre leur valeur écologique, les récifs coralliens fournissent des services écosystémiques, économiques et culturels essentiels pour les industries et les sociétés humaines, que ce soit par la

pêche, la protection littorale, le tourisme ou l'accès à de nouvelles substances naturelles.

Structures naturelles, entièrement bioconstruites par des organismes biologiques tels que les coraux et les algues calcaires, les récifs coralliens sont particulièrement sensibles aux changements du milieu. Leur équilibre fragile est menacé par une combinaison de facteurs : la surexploitation du milieu et des ressources, et la dégradation globale du milieu physique (sédimentation, pollutions, etc.), exacerbées par l'accroissement démographique, l'émergence de maladies spécifiques des coraux et les changements climatiques. Leur déclin est observé à l'échelle mondiale. Le constat est sans appel avec à ce jour 20 % des

réécifs dont les communautés ont totalement changé, 15 % sérieusement affectés et risquant de disparaître d'ici une décennie, enfin 20 % menacés de disparition dans moins de 40 ans. Les changements climatiques ont des répercussions sur la circulation, la température, le pH, la salinité et les éléments nutritifs des mers. Le réchauffement des eaux de surface, progressif ou à la suite de fortes anomalies météorologiques ou climatiques a eu pour conséquence le blanchissement des coraux dans de nombreux récifs coralliens à travers le monde et ce, à plusieurs reprises au cours de ces dernières décennies.

## Le blanchissement corallien

Les coraux bâtisseurs de récifs, ainsi que quelques autres taxons (anémones de mer, bécitiers.), vivent en symbiose avec des algues unicellulaires microscopiques appartenant au genre *Symbiodinium* et communément appelées « zooxanthelles ». Ces algues sont abritées dans les polypes, parties molles des coraux, et contribuent aux budgets énergétiques de leurs hôtes en leur permettant notamment d'accélérer la calcification du squelette. Les zooxanthelles contribuent également à la coloration des tissus vivants des coraux en raison de leurs pigments photosynthétiques verts et bruns. La perte substantielle ou complète des algues symbiotiques par les tissus animaux et/ou la diminution des concentrations de pigments photosynthétiques dans les algues se traduit par une perte de coloration de l'hôte. C'est ce phénomène de dépigmentation des polypes qui est appelé blanchissement corallien. Visuellement, le tissu animal devient translucide, laissant apparaître par transparence le squelette calcaire blanc. Ce processus n'est pas sans conséquence pour la vie des coraux même s'il peut être réversible, car il affecte leur croissance, leur fertilité et leur reproduction. Si la symbiose n'est pas restaurée, alors le blanchissement conduit à la mort du corail (fig. 1).

Le blanchissement des coraux est habituellement causé par des changements environnementaux abrupts auxquels le corail est incapable de s'adapter, tels que l'augmentation de température de l'eau de mer, un rayonnement UV élevé, une dessalure ou une infection bactérienne. Toutefois, la plupart des blanchissements massifs observés à grande échelle semblent avoir été causés par un dépassement des températures maximales moyennes de surface, d'un 1 ou 2 °C seulement, pendant plusieurs semaines d'affilée.

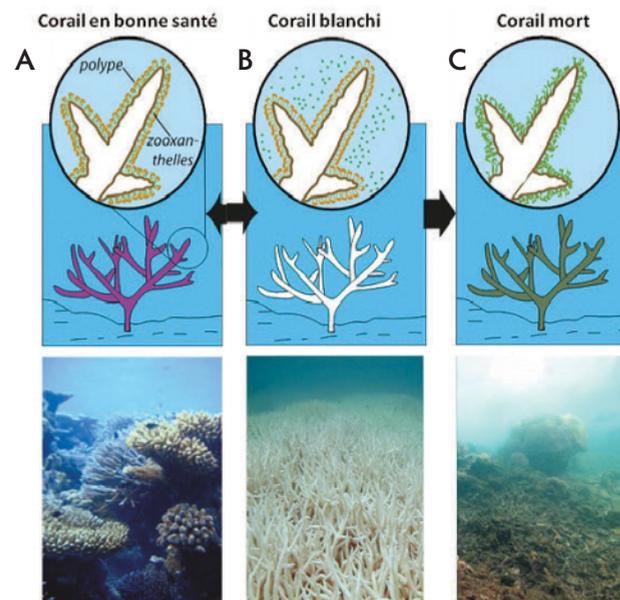


Figure 1 : Représentation schématique du blanchissement des coraux au niveau de la colonie (en haut) et de la communauté (en bas).

A : corail sain avec des zooxanthelles et coloration normale.

B : corail blanchi après l'expulsion des zooxanthelles.

C : gazon algal sur le squelette de corail mort.

Source : <http://www.gbrmpa.gov.au/managing-the-reef/treats-to-the-reef/climate-change/what-does-this-mean-for-species/corals/what-is-coral-bleaching>

## Un phénomène majeur en Nouvelle-Calédonie durant l'été 2016

Jusqu'à l'été austral 2016, les récifs de la Nouvelle-Calédonie avaient été épargnés par les événements massifs de blanchissement. Un événement de blanchissement avait toutefois été signalé et documenté en janvier 1996, mais les données disponibles limitées ne concernaient que deux localités de la Grande Terre et ne permettaient pas de conclure à un événement majeur. En février 2016, un épisode de blanchissement massif sans précédent a été observé.

Les températures des eaux de surface baignant la Nouvelle-Calédonie ont été anormalement élevées pendant l'été austral 2016. Cette période a aussi été marquée par une augmentation du rayonnement UV estimée à 10 % en raison de l'absence de vent et de couvert nuageux. Les températures ont varié entre 27 °C et 31 °C de janvier à mai 2016, les

plus chaudes étant enregistrées en février, de 1 à 2 °C supérieures au maximum climatique de la région (fig. 2). Les valeurs de 1 °C pour cet indice (*Coral Bleaching Hotspot*) et de 4 °C-Weeks (*Degree Heating Week*) pour son cumul au cours du temps sont considérées comme des seuils pouvant conduire au blanchissement des coraux et sont utilisés pour les prévisions des zones à risque. Le seuil de 4 °C-Weeks a été franchi entre février et mi-mai 2016, les valeurs les plus élevées (au-delà de 8 °C-Weeks) étant en mars et avril 2016 (fig. 2).

Cette anomalie météorologique, faisant de cette période la saison la plus chaude enregistrée en Nouvelle-Calédonie depuis les 30 dernières années, serait à l'origine du phénomène de blanchissement exceptionnel. Il est déjà établi par ailleurs que 2015 a été l'année la plus chaude jamais enregistrée à l'échelle mondiale. Dès lors, on imagine aisément que la conjugaison du réchauffement climatique global et du phénomène météorologique régional pouvait avoir des répercussions sur les récifs coralliens.

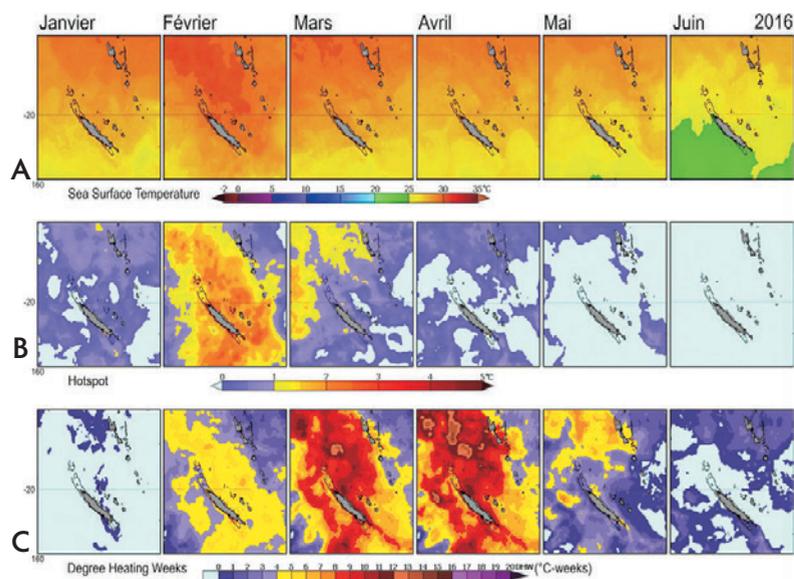


Figure 2 : Cartes de la température de surface de la mer.  
 A : du *Hotspot* de blanchissement.  
 B : du *Degree Heating Week* autour de la Nouvelle-Calédonie au premier semestre 2016.  
 C : données pour le 15<sup>e</sup> jour de chaque mois.  
 Source : <https://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/bleaching5km/index.php>

<sup>10</sup> Le programme Blanco financé par le MOM, l'Ifreco Nouvelle-Calédonie et l'IRD. Sur-Blanco, campagne océanographique à bord de l'Amborella, financée par le gouvernement de la Nouvelle-Calédonie.

De fait, de nombreuses observations obtenues, entre autres, par les chercheurs de l'IRD de Nouméa (programmes Blanco et Sur-Blanco<sup>10</sup>) et par un suivi participatif organisé par l'association Pala Dalik, ont indiqué que le phénomène avait affecté la quasi-totalité des récifs frangeants de la Grande Terre et des récifs intermédiaires du lagon et des îlots du lagon. Le blanchissement a également été observé aux îles Loyauté et aux récifs d'Entrecasteaux, mais aucune donnée n'est disponible pour les récifs éloignés des îles Chesterfield. Au total, plus de 300 observations ont été faites entre mars et avril 2016, soit par plongées soit par voie aérienne. La présence ou l'absence de blanchissement est globalement en bon accord avec la carte du *Degree Heating Week* (fig. 3).

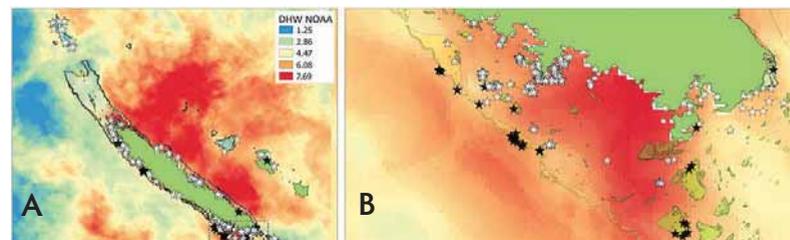


Figure 3 : Localisation des observations (étoiles) réalisées entre mars et avril 2016.  
 A : autour de la Grande Terre.  
 B : dans le lagon sud et comparaison avec la carte du DHW en °C-semaines, à la mi-février 2016 (NOAA 50-km SST Anomaly Product). La présence ou l'absence de blanchissement est marquée respectivement par des étoiles blanches (blanchissement observé) ou noires (pas de blanchissement). Source : BENZONI *et al.*, 2017

## Un impact à des degrés divers

Si la majeure partie des récifs a été impactée, l'atteinte a été variable (sévère, modérée ou légère) en fonction des espèces et des types de communautés coralliennes. Un corail blanchi n'est pas un corail mort, mais sans les algues symbiotiques ses apports énergétiques se voient fortement réduits. Dans le cas où les conditions de stress perdurent, les coraux finissent par mourir. Si les impacts modérés et légers permettent d'envisager un retour rapide à la normale, les atteintes sévères entraînent un risque de mortalité beaucoup plus important.

De manière générale, les récifs côtiers et lagunaires abritant majoritairement des coraux branchus ont été plus affectés que les

réécifs-barrières et les pentes externes, avec un taux de blanchissement atteignant 90 % de la couverture corallienne. Pour les récifs d'Entrecasteaux, le blanchissement a concerné l'ensemble du complexe récifal, avec toutefois des atteintes plus sévères à l'intérieur des lagons des atolls qu'à l'extérieur. Les coraux massifs, en forme de boules et habituellement moins sensibles, ont été particulièrement affectés sur les récifs côtiers, donnant au phénomène un caractère particulièrement remarquable.

## Un phénomène dynamique

Grâce à un suivi mensuel mené depuis février 2016 dans plusieurs sites du lagon de Nouvelle-Calédonie, les chercheurs ont pu montrer la dynamique du phénomène en établissant une cartographie de sensibilité des espèces à partir de plusieurs milliers de colonies observées et suivies durant un cycle annuel. Commencé en février 2016, le phénomène aura perduré jusqu'à fin mars 2016 pour s'atténuer progressivement avec l'arrivée de l'hiver austral et la chute de température, et disparaître totalement en août 2016. Deux mois après le début du blanchissement

sur les sites du lagon de Nouméa, 70 à 80 % des colonies blanchies avaient totalement récupéré leurs zooxanthelles et leur vitalité, 10-20 % étaient partiellement mortes et moins de 10 % étaient totalement mortes.

## Les récifs sous surveillance après l'épisode de 2016

Outre le phénomène remarqué durant l'été austral 1995-1996, d'autres événements, tels ceux de 1998 et 2002 qui ont fortement impacté la Grande Barrière de Corail australienne, n'ont pas concerné la Nouvelle-Calédonie. Quoiqu'il en soit, l'épisode de 2016 restera un phénomène massif et global, ayant touché de manière sévère différentes régions du monde.

Alors que plusieurs secteurs de la Grande Barrière australienne subissaient en janvier 2017 leur deuxième année consécutive de blanchissement corallien, les récifs de Nouvelle-Calédonie ont été dans leur grande majorité épargnés. Lors du suivi de février 2017 (campagne Post-Blanco<sup>11</sup>) les chercheurs ont observé pour les récifs d'Entrecasteaux et ceux de la côte est de la Grande Terre une mortalité



Comparaison des deux vues aériennes de la baie du Kuendu Beach à Nouville, Nouméa, prises fin janvier 2016 (à gauche) et fin février 2016 (à droite). Les taches blanches visibles sur la photographie de droite correspondent au blanchissement massif des coraux. © IRD/F. Benzoni

<sup>11</sup> <http://umr-entropie.ird.nc/index.php/home/actualites/depart-imminent-de-la-campagne-post-blanco-suivi-de-letat-des-recifs-apres-lepisode-de-blanchissement-massif-de-2016>



Communauté corallienne de coraux branchus entièrement blanchis. Récif de la Roche blanche, côte sud de la Grande Terre, février 2016. © IRD/F. Benzoni

plus importante des communautés coralliennes, attribuée au blanchissement de 2016 et à des eaux plus chaudes que celles du reste de la Grande Terre. En revanche, le suivi réalisé aux îles Chesterfield en avril 2017 (campagne Post-Blanco 2) a mis en évidence quelques signes de blanchissement récent, dont l'origine reste à établir.

## Quelles solutions ?

Le réchauffement climatique global et l'augmentation associée des températures de surface de la mer ne font plus aucun doute pour les prochaines décennies selon les prévisions du GIEC. Selon les travaux des chercheurs australiens il faut 10 ans à l'échelle du récif, pour que les coraux en souffrance récupèrent leur vitalité. Aussi, si l'on ne peut agir sur le dérèglement climatique, la mobilisation des chercheurs est cependant essentielle pour alerter sur la dégradation du milieu et pour documenter le phénomène sous divers aspects et étudier *in fine* la résistance, voire la résilience, des espèces concernées. Les scientifiques travaillent également à conjuguer les résultats obtenus durant l'observation du phénomène de 2016 avec ceux qu'ils détiennent déjà sur les communautés coralliennes de la région pour tenter de proposer des cartes de sensibilité des zones coralliennes qui pourraient être utiles aux gestionnaires dans le choix des zones à conserver en priorité.

## Références bibliographiques

- BAKER A.C., GLYNN P.W., RIEGL B., 2008 Climate change and coral reef bleaching: An ecological assessment of long-term impacts, recovery trends and future outlook. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 80 : 435-471.
- BENZONI F. *et al.*, 2017 *Plan d'action rapide et adaptatif, en cas de blanchissement corallien. Le cas de la Nouvelle-Calédonie, épisode 2016, synthèse*. IRD Nouméa, Sciences de la Mer. Biologie Marine. Rapports scientifiques et techniques, 67, 90 p.
- HERON S.F. *et al.*, 2016 Warming trends and bleaching stress of the World's coral reefs 1985-2012. *Scientific Report*, 6 : 38402.
- HUGHES T.P. *et al.*, 2017 Global warming and recurrent mass bleaching of corals. *Nature*, 543 : 373-377.
- HUGHES T.P. *et al.*, 2003 Climate Change, Human Impacts, and the Resilience of Coral Reefs. *Science*, 301 : 929-933.
- RICHER DE FORGES B., GARRIGUE C., 1997 *First observations of a major coral bleaching in New Caledonia*. Marine Benthic Habitats Conference, Nouméa, Nouvelle Calédonie, 10-16 novembre (poster).
- SPALDING M.D., BROWN B.E., 2015 Warm-water coral reefs and climate change. *Science*, 350 : 769-771.

# La mobilité des îlots du lagon néo-calédonien : vulnérabilité ou résilience ?

Myriam Vendé-Leclerc et Manuel Garcin



Îlot Larégnère vu du ciel, un îlot au milieu du lagon. © province Sud/M. Dosdasne

## Des structures géomorphologiques singulières

De nombreux îlots coralliens, de tailles diverses, allant de quelques mètres carrés à plusieurs hectares sont présents dans le lagon néo-calédonien. Ces accumulations sableuses plus ou moins végétalisées, aussi nommées cayes, reposent sur de larges plates-formes récifales ou sur le récif-barrière. Ces îlots sont le résultat d'une accumulation de sédiments biodétritiques issus du démantèlement des édifices coralliens sous l'action des houles et des tempêtes.

Ces îlots constituent des espaces où les aspects environnementaux, culturels, sociétaux et économiques se mêlent. En effet, ils jouent un

rôle capital dans les écosystèmes riches et spécifiques du lagon néo-calédonien. Ils sont notamment des sites de nidification pour les tortues et les oiseaux marins. Certains bénéficient de mesures de protection environnementale grâce à un classement en réserve provinciale, voire gouvernementale, pour les îlots éloignés.

Ils ont également une grande importance dans la culture et le mode de vie néo-calédonien. Ils sont des lieux privilégiés pour la plaisance, la pêche ou encore les sports nautiques. La fréquentation n'a cessé de croître ces dernières années, ce qui a permis le développement d'une économie basée sur des activités récréatives avec la mise en place d'équipements et de services spécifiques.

Les questions récurrentes posées par la population et les collectivités locales concernent d'une part leur évolution actuelle et d'autre part leur devenir, notamment dans la perspective du changement climatique et de l'élévation du niveau de la mer. La compréhension de la dynamique des îlots intéresse les décideurs et les organismes gestionnaires de ces espaces, mais aussi les scientifiques, particulièrement ceux travaillant sur les impacts du changement climatique sur les zones côtières.

## Une vingtaine d'îlots scrutés à la loupe

Dans ce contexte, l'Observatoire du littoral de Nouvelle-Calédonie (Oblic) a commencé en 2013 une étude portant sur l'évolution récente et future de 21 îlots néo-calédoniens afin de fournir des clés de compréhension sur leur fonctionnement morphodynamique, les liens entre les facteurs de forçage (vents, vagues, niveau d'eau, etc.) et leur évolution, et enfin d'apporter des éléments de réponse sur leur avenir.

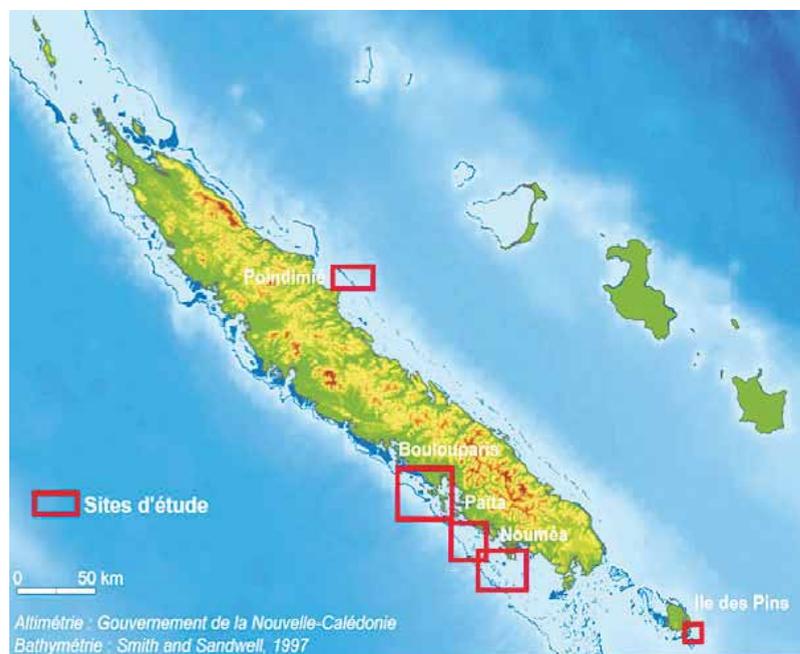


Figure 1 : Localisation des 21 îlots étudiés dans le lagon calédonien.  
Altimétrie : gouvernement de la Nouvelle-Calédonie ; bathymétrie : SMITH et SANDWELL, 1997

La majorité de ces îlots est localisée dans le lagon ouest, quatre dans le lagon est et un au sud de l'île des Pins (fig. 1). Ces îlots sont situés dans des contextes différents et variés, notamment au regard de leur position par rapport au récif-barrière ou aux passes et de leur exposition aux vagues. La plupart sont peu ou pas aménagés et certains d'entre eux peuvent être très fréquentés. Seuls trois îlots sont modérément à très fortement anthropisés avec notamment des actions visant à lutter contre l'érosion de leur rivage.

Ces îlots ont fait l'objet d'observations géomorphologiques et sédimentologiques lors de campagnes de terrain sur une période allant de 2013 à 2016. Ces données recueillies sur le terrain ont permis d'identifier les caractéristiques géomorphologiques des îlots, de cartographier les processus morpho-sédimentaires actifs affectant la côte de chaque îlot (érosion, accrétion, stabilité) pour finalement les comparer, voire les classer.

Ces observations ont été complétées par l'analyse de l'évolution temporelle des îlots à l'aide d'images satellite et de photographies aériennes anciennes. La durée couverte par les reconstitutions de chaque îlot est variable en fonction de la disponibilité de ces supports : les images satellite couvrent la dernière décennie, alors que les photographies aériennes historiques couvrent une période allant de 10 à 70 ans, pour quelques îlots seulement. Une approche classique consistant à utiliser la limite de végétation permanente comme ligne de référence et indicateur de la mobilité du trait de côte a été adoptée. À partir de la cartographie de cette limite, une analyse de la dynamique des îlots d'une échelle pluriannuelle à pluridécennale et une évaluation de leurs trajectoires évolutives ont pu être réalisées.

De plus, les facteurs de forçage ont été analysés afin de comprendre les interactions qu'ils peuvent avoir entre eux et leurs liens potentiels avec la dynamique géomorphologique des îlots. Les modifications de l'hydrodynamisme local et régional (climats de vagues, courants) et de la cyclogénèse (intensité et fréquence des événements extrêmes tels que les dépressions tropicales et les cyclones) constituent des facteurs possibles de dégradation ou au contraire de régénération de la morphologie des îlots. La variation de la hauteur moyenne de l'océan peut également agir sur leur évolution naturelle. Celle-ci est

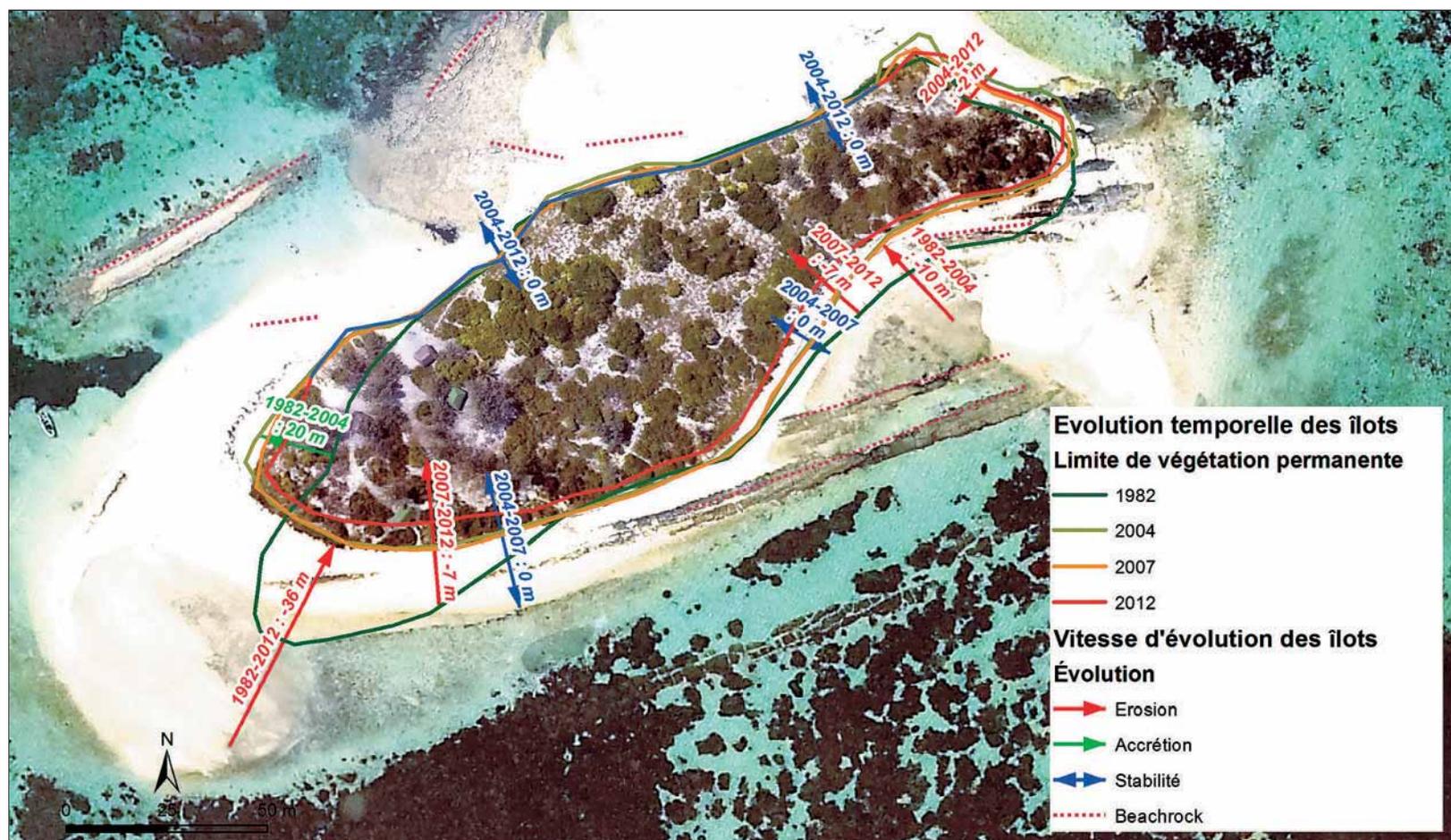
liée au phénomène de variation climatique interannuelle Enso (*El Niño-Southern Oscillation*), à la remontée relative du niveau marin (sous l'influence du climat et des mouvements verticaux du sol), mais aussi aux changements d'origine anthropique.

## Des îlots aux caractéristiques variées

Les analyses montrent une grande diversité des caractéristiques selon les îlots en termes de superficie (de 360 000 à 180 m<sup>2</sup>) et de forme (ovoïdale, oblongue, triangulaire...). Des tendances d'évolution très différentes au cours des dernières décennies sont

également mises en évidence, aussi pour des îlots situés dans la même zone géographique. La répartition des processus affectant la côte de chaque îlot (érosion, accrétion, stabilité) est la suivante : 54 % de la longueur cumulée des côtes des îlots est actuellement en situation d'érosion, 30 % est stable et 16 % est en accrétion. Les situations sont donc très variables, certains îlots sont relativement stables dans le temps tandis que d'autres évoluent très vite et voient leurs surfaces diminuer significativement.

Tous les îlots montrent à l'heure actuelle qu'au moins 50 % de leurs côtes sont affectées par l'érosion et pour plusieurs d'entre eux



Évolution temporelle de l'îlot Larégnère de 1982 à 2012. Source : GARCIN et VENDE-LECLERC, 2015

ce taux atteint 100 %. Toutefois, cette érosion peut aussi indiquer une migration de l'îlot ou une adaptation de sa géométrie. En effet, les îlots sont par nature beaucoup plus mobiles que les littoraux de la Grande Terre ou des îles Loyauté. Les îlots montrant une tendance significative à l'accrétion et à la croissance de leur surface au cours des dernières années sont très rares et ceux en situation de stabilité représentent moins d'un tiers de l'ensemble des îlots étudiés.

## Les *beachrocks*, composante essentielle de nombreux îlots

Les *beachrocks* (encadré 20) ont également été cartographiés. Ils constituent une protection naturelle contre le recul du trait de côte notamment lorsque plusieurs générations sont présentes sous forme de bancs successifs. Les îlots dont les *beachrocks* ont une altitude supérieure à celle du niveau marin actuel (probablement formés lors du haut niveau marin de l'Holocène, entre 6 000 et 2 800 ans BP) sont souvent moins soumis au phénomène d'érosion de leur rivage. Ces îlots ont généralement des superficies et des altitudes moyennes sensiblement plus élevées que celles des autres. Néanmoins, dans quelques cas, la présence de *beachrocks* n'a pas empêché l'érosion de certains îlots ainsi que leur destruction partielle, voire totale. Il s'agit le plus souvent d'îlots de surface relativement modeste, de faible altitude et donc probablement plus récents que ceux précédemment évoqués. Les variations du niveau marin rendent ces îlots beaucoup plus vulnérables à l'érosion.

## Le cycle de vie des îlots, de leur naissance à leur disparition

Ces analyses conduisent à proposer un schéma du cycle de vie des îlots défini en plusieurs stades d'évolution. Ces stades sont contrôlés par différents paramètres environnementaux tels que les conditions hydrodynamiques locales, la variation des climats de vents et de vagues au cours du temps, ainsi que l'évolution du récif et du niveau marin relatif. Six stades constituent ce cycle de vie des îlots néo-calédoniens : la nucléation, la croissance, la maturité, la décroissance, la relique et la disparition (fig. 2).

### Encadré 20

#### Ce que nous disent les *beachrocks*

Les *beachrocks* (ou grès de plage) sont des roches sédimentaires formées au niveau de la zone intertidale par cimentation carbonatée des sables de plage et des sédiments bioclastiques et biodétritiques. Cette induration précoce se produit uniquement pendant les périodes de stabilité des plages et parallèlement au rivage ; les *beachrocks* ont donc, au cours du temps, fossilisé les lignes de rivage des îlots indiquant la localisation, l'orientation et la forme des anciennes plages ainsi que la paléo-morphologie de l'îlot. Ils permettent ainsi d'évaluer la surface passée de l'îlot, de détecter les secteurs où des reculs du trait de côte se sont produits et donnent donc des indications précieuses sur l'évolution de l'îlot dans le temps.



Plusieurs générations de *beachrocks* qui résultent de la fossilisation d'anciennes plages successives, sud-est de l'îlot Larégnère. © M. Vendé-Leclerc

À chacun des îlots étudiés, un stade a ainsi pu être attribué. Les changements des facteurs de forçage ainsi que la géomorphologie actuelle ou héritée conduisent les îlots à évoluer d'une étape à l'autre. Mais ces phases ne s'enchaînent pas nécessairement de façon séquentielle et un retour à un stade antérieur est possible.

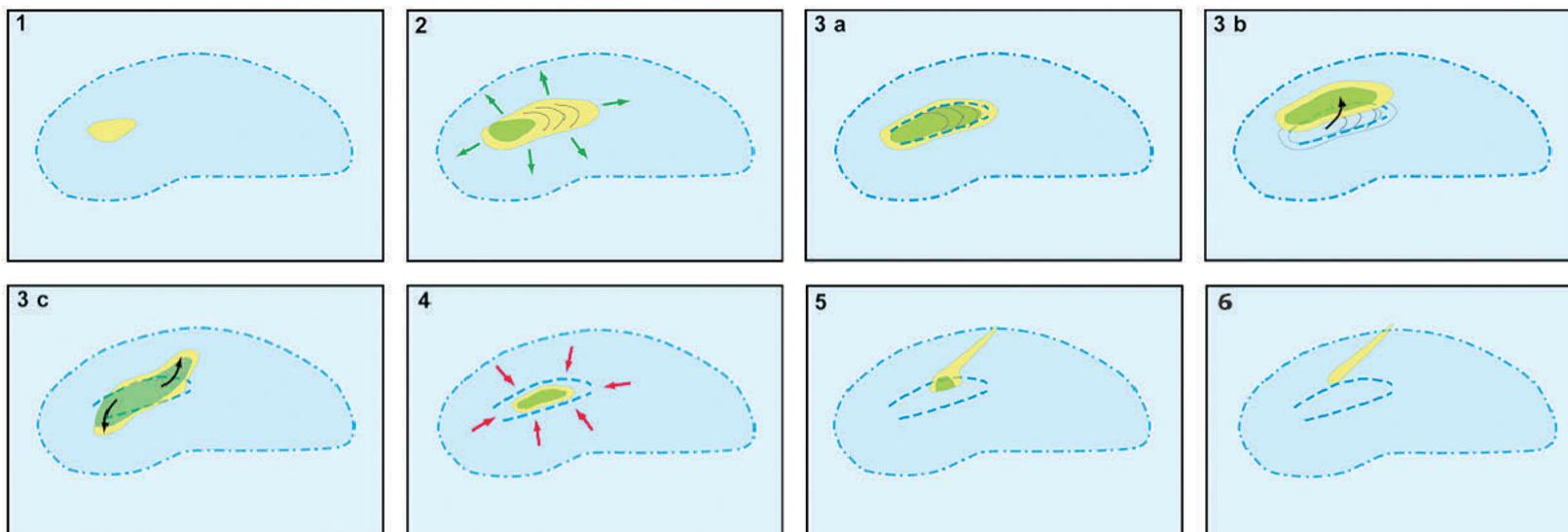


Figure 2 : Les différents stades évolutifs des îlots calédoniens.

Stade 1 : nucléation. Stade 2 : croissance. Stade 3a : mature stable. Stade 3b : mature migration. Stade 3c : mature adaptation. Stade 4 : décroissance. Stade 5 : relique. Stade 6 : disparition.

## Le futur des îlots : disparition ou adaptation ?

La question de l'avenir d'un îlot peut donc être abordée à travers différents critères qui constituent un facteur de résilience ou au contraire de fragilité : son évolution passée, son stade actuel, l'intensité des processus morpho-sédimentaires actuels et ses caractéristiques morphologiques. Il convient également de prendre en compte l'évolution future des paramètres environnementaux comme les oscillations climatiques des

cycles Enso, qui influencent le niveau moyen de la mer dans le Pacifique sud-ouest ou les événements extrêmes qui peuvent avoir un impact élevé sur la morphologie de l'îlot à très court terme avec parfois des effets irréversibles sur les îlots. De plus, à ces phénomènes naturels s'ajoutent le changement climatique et la montée progressive du niveau de la mer induits par les activités humaines. En utilisant ces données et informations, un indice d'espérance de vie indiquant le futur plausible de chaque îlot a été défini. Cet indice est classé sur une échelle de 1 à 5, de la situation la plus stable à la situation la plus critique.



Figure 3 : Répartition des îlots en fonction de leurs évolutions futures plausibles (en %).

Source : GARCIN *et al.* 2016b

À partir de cette classification et en partant du postulat que la situation environnementale actuelle reste stable, il a été déterminé que, sur les 21 îlots étudiés, 19 % sont dans une situation très critique qui peut conduire à leur disparition très probable dans un futur proche (quelques années) (indice 5) ; 9 % des îlots sont dans une situation critique avec une disparition probable dans le futur proche et une disparition très probable à moyen terme (prochaines décennies) (indice 4) ; 19 % des îlots montrent des modifications rapides de leur morphologie qui pourraient les mettre en péril à moyen terme (sur une décennie) mais pas dans le futur proche (indice 3) ; 10 % des îlots ne sont pas menacés à l'échelle du temps court

et moyen car de taille et altitude moyennes avec des surfaces qui augmentent ou décroissent de manière modérée (indice 2) et 43 % ne sont pas menacés car stables ou en situation de croissance, avec de grandes surfaces et des altitudes relativement élevées (indice 1) (fig. 3). Ces résultats montrent que les situations sont contrastées d'un îlot à l'autre, voire, dans certains cas, pour des îlots proches.

Il convient également de souligner que les incertitudes sont plus grandes pour l'avenir à moyen et long terme en raison de la vitesse d'élévation future du niveau marin. Les incertitudes sont également liées à l'atteinte potentielle d'une valeur de seuil limite qui conduirait à une modification de la capacité de résilience des îlots. De plus, les changements de température des océans et de leur acidité influent de manière significative sur la santé et la croissance des récifs, entraînant ainsi une modification de leur rôle protecteur des zones côtières et de leur fonction de producteur de sédiments biodétritiques qui participent au budget sédimentaire des îlots.

À l'avenir, l'évolution des îlots du lagon néo-calédonien sera très variable en fonction de leur capacité de résilience face aux menaces que constituent les changements climatiques globaux.

## Les îlots, indicateurs des effets du changement climatique

Les îlots sont caractérisés par une grande sensibilité face aux évolutions des conditions météo-marines et climatiques. Le nombre de facteurs de forçage jouant un rôle dans leur évolution y est plus réduit et leurs impacts sur la dynamique côtière y sont plus directs et plus facilement détectables. La compréhension de ces processus à l'échelle des îlots permet par conséquent d'acquérir une meilleure connaissance des phénomènes à une échelle plus large. Les îlots du lagon constituent ainsi des indicateurs des changements environnementaux pour la Nouvelle-Calédonie et peuvent servir de site de référence pour le suivi des impacts de l'élévation du niveau marin et du changement climatique.

## Références bibliographiques<sup>12</sup>

- GARCIN M. *et al*, 2016a Lagoon islets as indicators of recent environmental changes in the South Pacific. The New Caledonian example. *Continental Shelf Research*, 122 : 120-140.
- GARCIN M., *et al* 2016b - *Observatoire du littoral de Nouvelle-Calédonie Bilan des activités 2015*, Typologie, méthodes et suivi des sites pilotes. BRGM/RP-65637-FR, 169 p., 148 fig., 14 tabl., 2 annexes.
- GARCIN M., VENDE-LECLERC M., MENGIN M., 2017 *Observatoire du littoral de Nouvelle-Calédonie. Bilan des activités 2016*. Rapport BRGM/RP-66941-FR, 130 p.
- SMITH W. H. F. et SANDWELL T., 1997 Global seafloor topography from satellite altimetry and ship depth soundings, *Science*, 277 : 1957-1962.

<sup>12</sup> Références bibliographiques complètes disponibles à cette adresse : <https://dimenc.gouv.nc/geologie-observatoire-du-littoral-de-nouvelle-caledonie-oblic/telechargement-oblic>

# L'enjeu du « phénomène acanthaster » pour le Pacifique

Pascal Dumas et Mehdi Adjeroud



*Acanthaster planci* est une étoile de mer corallivore, qui se nourrit des polypes coralliens en dévaginant son estomac sur les coraux et laisse derrière elle uniquement le squelette calcaire blanc du corail. De grande taille à l'état adulte (30 à 40 cm de diamètre en moyenne), les acanthasters peuvent consommer jusqu'à 12 m<sup>2</sup> de corail par an. © IRD/P. Dumas

## Un prédateur vorace

Positionnées dans l'embranchement des échinodermes tout comme les oursins, les holothuries, les crinoïdes ou les ophiures, les étoiles de mer appartenant au genre *Acanthaster* sont généralement inféodées aux récifs coralliens de l'Indo-Pacifique. De couleur très variable selon les régions, elles possèdent généralement 10 à 20 bras et portent sur leur face supérieure de longues épines enduites d'un venin stéroïdien particulièrement douloureux et hautement toxique. Elles portent d'ailleurs le nom vernaculaire d'étoile de mer épineuse

ou de couronne d'épines (« *Crown-of-thorns* » chez nos voisins anglosaxons). En plus d'*Acanthaster brevispinus*, espèce plutôt rencontrée en profondeur, les résultats d'études génétiques récentes suggèrent l'existence d'au moins quatre espèces distinctes et séparées géographiquement au sein d'un continuum mer Rouge-océan Indien-océan Pacifique. Autrefois rattachées à l'espèce unique *A. planci*, les populations rencontrées sur les récifs du Pacifique relèvent désormais d'*A. cf. solaris*, mais leur statut taxonomique (et notamment l'existence possible de plusieurs espèces distinctes au sein du Pacifique) fait encore l'objet de controverses.

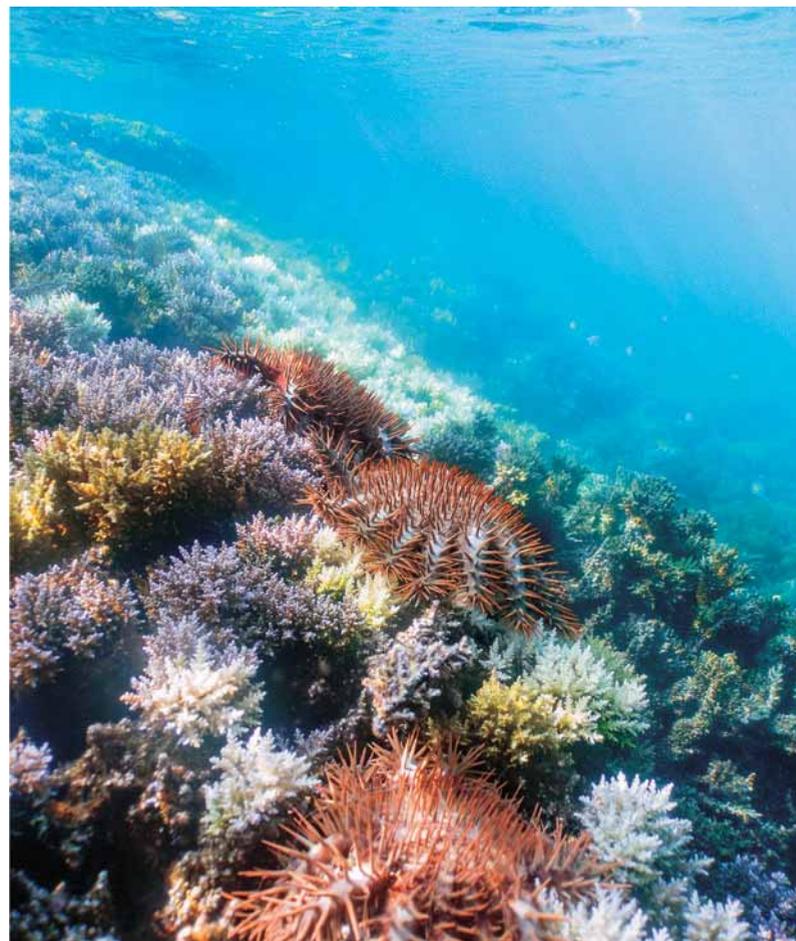
Outre leur taille imposante – certains spécimens dépassent les 70 cm de diamètre et peuvent atteindre 3 kg –, la célébrité des acanthasters est essentiellement due aux conséquences de leur régime alimentaire sur les écosystèmes coralliens. Les acanthasters adultes sont en effet de redoutables prédateurs du corail, qu'elles consomment en dévaginant leur estomac sur les colonies. Une fois les polypes digérés sur place, l'acanthaster laisse derrière elle un squelette calcaire nettoyé et intact : facilement repérables, ces cicatrices alimentaires blanches constituent souvent un des premiers indicateurs de leur présence en nombre.

Présentes sur les récifs depuis les temps géologiques, les acanthasters constituent une composante naturelle des écosystèmes tropicaux. Dans un récif corallien en « bonne santé », elles sont relativement peu abondantes (de l'ordre de quelques individus par hectare) et la prédation qu'elles exercent n'a aucune incidence négative sur l'abondance, le recouvrement et la diversité des assemblages de coraux. Au contraire, elles contribuent au maintien de la diversité corallienne grâce à leurs préférences alimentaires marquées : en général, les coraux à croissance rapide comme les *Acropora* et les *Montipora* sont préférés aux coraux à croissance plus lente, tels que les *Porites*, ce qui laisse plus de place aux espèces moins opportunistes. Une acanthaster adulte consomme environ 10 m<sup>2</sup> de corail par an et n'a que peu de prédateurs réguliers. Sur près d'une trentaine d'espèces de poissons et d'invertébrés recensées, seules quelques-unes (le triton *Charonia tritonis* ou « toutoute », le poisson-ballon étoilé *Arothron stellatus*, le napoléon *Cheilinus undulatus*, certains balistes, empereurs ou poissons-coffres) sont connues pour s'attaquer aux adultes en bonne santé.

## Quand les populations d'acanthasters « explosent »

Si en temps normal les acanthasters se font plutôt discrètes, leurs populations peuvent littéralement « exploser » à certains moments pour atteindre des valeurs extrêmes : jusqu'à plusieurs milliers, voire dizaines de milliers d'individus par hectare, pouvant persister pendant des mois ou des années sur de vastes étendues de récifs. Ces proliférations, largement imprévisibles, sont l'une des perturbations biotiques les plus graves pour les récifs coralliens, dont l'impact est quantitativement comparable à celui des cyclones. La mortalité

corallienne peut dépasser 90 % dans les zones récifales les plus sévèrement touchées, entraînant alors un profond remaniement de la structure et du fonctionnement de l'écosystème. Modification physique de l'habitat, raréfaction des proies, déplacement et remaniement d'espèces : les effets en cascade de la disparition des coraux peuvent se répercuter sur l'ensemble de la communauté récifale, allant parfois jusqu'au basculement vers un système totalement dominé par les algues.



Certaines années, et pour des raisons encore mal connues, les acanthasters se mettent à pulluler, avec des densités atteignant plusieurs individus par mètre carré. Au bout de quelques mois, elles peuvent ainsi dévaster des portions importantes de récifs. La grande barrière de corail australienne, la Polynésie française, le sud du Japon, et plus récemment l'archipel du Vanuatu et la Nouvelle-Calédonie en ont fait la triste expérience !

© IRD/P.Dumas

Même si des traces fossiles suggèrent une histoire beaucoup plus ancienne, les premières pullulations d'acanthasters et leurs conséquences n'ont été signalées et étudiées quantitativement qu'à partir des années 1960. Plus d'un tiers des récifs du Pacifique ont été concernés par ce phénomène : l'archipel des Ryukyus au sud du Japon, Palau, Guam, Samoa, la Grande Barrière de Corail, le Vanuatu, Fidji et Kiribati. Les récifs coralliens français n'ont pas été épargnés : les îles de la Société, en Polynésie française, ont connu un épisode très fort entre 2006 et 2009 ; la Nouvelle-Calédonie, jusque-là indemne de pullulations à grande échelle, a été affectée dans les années 2000, puis plus récemment à partir de 2012. En dépit d'efforts de recherche soutenus menés par la communauté scientifique, les causes de ces proliférations sont encore insuffisamment comprises. Pour certains chercheurs, la raréfaction des prédateurs naturels des acanthasters – en particulier causée par la surpêche des espèces commerciales tels que tritons, napoléons, empereurs etc. – en serait une des causes. La dégradation globale de la qualité des eaux liée aux activités humaines est également pointée du doigt, mais cette hypothèse ne saurait à elle seule expliquer l'ensemble des invasions, a fortiori celles observées sur des récifs exempts de pollution. Pour d'autres auteurs, ces explosions démographiques seraient un phénomène naturel cyclique lié aux caractéristiques biologiques de l'espèce, naturellement prédisposée à de grandes fluctuations d'abondance par son extraordinaire fécondité : une seule femelle adulte peut pondre plus de 100 millions d'œufs en une seule saison de reproduction. Avec le recul et grâce aux avancées scientifiques récentes en génétique, biologie moléculaire et modélisation, le caractère hautement complexe, multifactoriel et multi-échelle des invasions s'affirme de manière de plus en plus évidente.

## « Risque acanthaster » et changements globaux

À l'échelle de l'Indo-Pacifique, l'incidence des épisodes d'infestation semble augmenter en fréquence et en intensité – surtout au cours des dernières décennies, marquées par une prise de conscience croissante des changements globaux affectant la région. Avec un développement optimal dans des eaux chaudes (26 à 30 °C) en présence de phytoplancton, les acanthasters seraient

particulièrement sensibles aux effets du changement climatique : l'augmentation de la température des eaux de surface et l'enrichissement en nutriments en zone côtière sont actuellement considérés comme des facteurs majeurs favorisant la survie des larves, donc l'augmentation du nombre d'adultes atteignant potentiellement les récifs au terme de leur développement. Étant donné les grandes capacités de dispersion de l'espèce, dont les larves nageuses peuvent s'installer à plusieurs centaines de kilomètres de leur récif d'origine, l'aggravation du « risque acanthaster » à l'échelle régionale constitue un problème réel dans le contexte des scénarios de changement climatique actuels. Même s'il existe des preuves historiques montrant que les récifs coralliens peuvent se rétablir après coup, la récupération est généralement lente (plusieurs dizaines d'années) et n'est pas garantie : ces proliférations ne font qu'exercer davantage de pression sur des systèmes de plus en plus affaiblis par d'autres perturbations naturelles (blanchissement des coraux, cyclones, maladies coralliennes...) et anthropiques (pollutions, surpêche, aménagements littoraux, etc.). Pour la grande barrière australienne, une étude récente rapporte ainsi un recul de 50 % de la couverture corallienne sur les 30 dernières années, la moitié de cette perte provient du seul fait des infestations récurrentes d'acanthasters.

En Nouvelle-Calédonie, notre connaissance des infestations et de leurs impacts quantitatifs sur les récifs est particulièrement limitée. Dans le prolongement d'études et d'observations ponctuelles remontant aux années 1980-1990, un bilan effectué en 2012 par les scientifiques de l'IRD sur 18 sites démontre l'existence d'infestations localisées, potentiellement mobiles, présentant des densités d'acanthasters parfois très élevées (jusqu'à 500 individus/ha). La zone la plus étudiée est le lagon sud-ouest, où les proliférations sont restreintes à quelques sites ; souvent éphémères, elles passent généralement inaperçues des gestionnaires mais sont susceptibles de causer à moyen et long terme d'importants dégâts sur les coraux, notamment des genres *Acropora* et *Pocillopora*. Mais les informations relayées par les usagers du lagon laissent craindre l'existence de nombreuses infestations presque totalement ignorées, aussi bien en province Sud (par exemple la zone de Boulouparis, Ouaco, Corne Sud) qu'en province Nord (par exemple la zone de Hienghène, Poindimié, Poum), sur la côte Est (Côte oubliée...) ou dans les îles.

## Gestion du « risque acanthaster »

Dans la majorité des pays du Pacifique où les ressources coralliennes constituent la base de la pêche vivrière traditionnelle, les infestations d'acanthasters constituent une menace pour la sécurité alimentaire et le mode de vie des populations côtières. La question préoccupe également les professionnels du tourisme (clubs de plongée, hôtels...) dont l'activité peut être gravement impactée par des proliférations non maîtrisées, et les gestionnaires de l'environnement pour lesquels elle représente désormais un enjeu de conservation.

À l'heure actuelle, seule l'intervention humaine permet de lutter contre les proliférations d'acanthasters – avec plus ou moins d'efficacité selon l'ampleur du phénomène, les caractéristiques des récifs impactés (taille, isolement, vulnérabilité...), le contexte (socio-économique, environnemental) et les moyens (humains, financiers) disponibles. Les approches les plus courantes visent généralement à limiter les pertes coralliennes en réduisant au maximum le nombre d'individus se nourrissant sur les récifs lors des vagues d'infestation. La méthode la plus ancienne consiste à prélever manuellement les acanthasters à l'aide d'outils variés – crochets, bâtons, fusils sous-marins, sacs etc. – pour les ramener et les détruire à terre. Nécessitant une main-d'œuvre importante et un engagement durable, cette approche montre ses limites en cas de proliférations massives, spatialement étendues et/ou récurrentes, d'autant qu'elle présuppose une bonne connaissance des spécificités biologiques et écologiques de l'espèce (en particulier de sa période de ponte locale). Plus rentables, les traitements par injection – qui consistent à inoculer en plongée une solution toxique entraînant la mort des acanthasters – remplacent de plus en plus souvent les méthodes de collecte. Toutefois, ces traitements ne sont pas sans inconvénients, et de nombreux composés chimiques autrefois utilisés (par exemple le sulfate de cuivre, le bisulfate de sodium, le formol, l'ammoniac, l'eau de javel...) ont dû être progressivement abandonnés en raison d'une toxicité avérée pour l'environnement et les autres espèces et/ou d'un coût élevé. Une nouvelle approche fondée sur l'injection de substances acides naturelles et bon marché a été récemment développée par l'IRD : des tests réalisés en conditions contrôlées et sur le terrain ont démontré l'efficacité létale du jus de certains fruits

(différentes variétés de citron vert, fruit de la passion), du vinaigre blanc et de certains acides agroalimentaires en poudre. Induisant une mortalité élevée même à faible dose, ces substances constituent désormais une alternative écologique hautement crédible dans la lutte contre les proliférations d'acanthasters. Testée au Vanuatu depuis 2014, cette approche a été pour la première fois employée en Nouvelle-Calédonie en 2017. Réalisée sur l'îlot Vua avec la participation de plongeurs bénévoles et de moyens navigants mis à disposition par l'IRD, l'opération pilote a permis l'éradication de plus d'une tonne d'acanthasters sur deux jours et confirmé l'efficacité de la méthode en conditions réelles.



Les moyens pour lutter contre les pullulations d'acanthaster sont restreints. Dans certains états insulaires du Pacifique, les pêcheurs et plongeurs organisent des campagnes de ramassage, durant lesquelles les acanthasters sont prélevées manuellement. Mais elles sont souvent ponctuelles et limitées dans l'espace, et leur efficacité est loin d'être suffisante pour stopper une pullulation. Mais elles permettent de limiter les dégâts, et d'impliquer les populations locales dans la préservation de leur récif. © IRD/P.Dumas



Récemment, des techniques plus élaborées ont été mises au point, qui tentent de concilier efficacité sur le terrain, faibles impacts sur l'environnement et coûts réduits. Par exemple, des kits d'injection létale de vinaigre ont été testés avec succès, comme ici autour de l'îlot Vua, dans le lagon sud-ouest de la Grande Terre. © B. Preuss

Le caractère imprévisible des infestations rend leur gestion particulièrement complexe, surtout pour les récifs confrontés à une forte récurrence de ces épisodes, parfois année après année. Mais pour aussi efficace qu'elles puissent être, les méthodes de contrôle ne constituent pourtant qu'un traitement symptomatique du phénomène – un peu comme écopper l'eau d'un bateau percé. Et qui supposent au préalable la détection – la plus précoce possible – des populations en explosion. Une tâche pouvant sembler insurmontable pour les pays dotés de vastes formations récifales, dont le suivi à long terme nécessite des moyens conséquents. Face à la difficulté d'assurer le financement de suivis scientifiques pérennes couvrant l'ensemble du territoire, une alternative intéressante réside dans la création de réseaux de suivis « citoyens », ou la collecte de données est assurée par les usagers du lagon eux-mêmes. C'est l'objet du programme de suivi participatif Oreanet<sup>13</sup> (Oceania Regional Acanthaster Network), mis en place en Nouvelle-Calédonie depuis 2015, qui s'appuie sur la participation volontaire des pêcheurs, plaisanciers, clubs de plongée, bureaux d'études, association et scientifiques pour surveiller le phénomène (encadré 21).

<sup>13</sup> <http://oreanet.ird.nc>

### Encadré 21

#### Le programme Oreanet

Pascal Dumas et Sylvie Fiat

Lancé en juillet 2015 grâce au soutien financier du Fonds Pacifique, du gouvernement de Nouvelle-Calédonie et du GOPS (Grand observatoire de la biodiversité terrestre et marine du Pacifique sud et sud-ouest), le projet IRD Oreanet (Oceania Regional Acanthaster Network) a pour objectif de bâtir un réseau de surveillance opérationnel du risque acanthaster en Nouvelle-Calédonie, Vanuatu et Fidji. Le succès de ce réseau repose sur une approche participative où les observations sont relayées par les usagers du lagon, à l'aide d'outils conviviaux permettant un signalement rapide des acanthasters depuis un ordinateur, une tablette ou un smartphone. À ce jour le réseau Oreanet a permis le signalement de plus de 16 000 acanthasters à travers près de 300 rapports participatifs émanant de pêcheurs, communautés côtières, plaisanciers, plongeurs, ONG, clubs et associations, organismes scientifiques etc. Des procédures standardisées de vérification du risque et d'action de contrôle sur le terrain ont également été développées et validées afin d'établir une cartographie du risque et de fournir un cadre d'intervention opérationnel lorsqu'une infestation est reportée via le réseau de surveillance.

Si le « phénomène acanthaster » est désormais reconnu comme porteur d'enjeux de conservation majeurs, une prise de conscience tardive de son ampleur et l'existence de controverses récurrentes quant à la pertinence de l'intervention humaine ont fortement contraint les capacités de réponse des pays affectés. En dépit de leur efficacité à court, voire moyen terme, les approches de gestion actuelles ne constituent finalement qu'une parade provisoire, un traitement des symptômes plutôt que de l'origine d'un phénomène complexe dont les causes profondes demeurent globalement méconnues. L'étape suivante requiert le développement d'une vision globale intégrant une meilleure compréhension des processus contrôlant l'initiation, le maintien et la diffusion des invasions d'acanthaster en lien avec les changements climatiques affectant les écosystèmes marins : un défi scientifique de taille.

Aucan Jérôme (coord.).

Des récifs impactés mais résistants : partie 3.

In : Payri Claude (ed.), Moatti Jean-Paul (pref.). Nouvelle-Calédonie : archipel de corail. Marseille (FRA), Nouméa : IRD, Solaris, 2018, p. 145-177.

ISBN 978-2-7099-2632-4