

Les métaux et leurs impacts sur les coraux

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



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 CO_2 et donc la calcification corallienne.

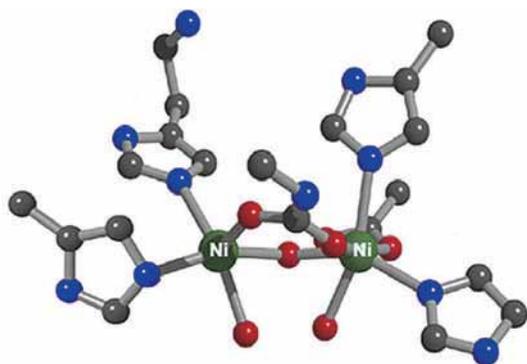


Figure 1 : Représentation chimique de l'uréase montrant le site actif contenant un double noyau de nickel. Source: www.rcsb.org

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 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^e 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 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

Biscéré T., Lorrain Anne, Rodolfo-Metalpa
Riccardo, Farman R., Gilbert A., Wright A.,
Houlbrèque Fanny.

Les métaux et leurs impacts sur les coraux.

In : Payri Claude (ed.), Moatti Jean-Paul
(pref.). Nouvelle-Calédonie : archipel de
corail. Marseille (FRA), Nouméa : IRD, Solaris,
2018, p. 151-154.

ISBN 978-2-7099-2632-4