

- lui-même tout en devenant plus résilient aux changements de l'environnement.

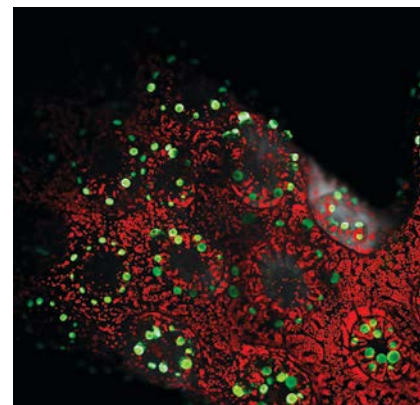
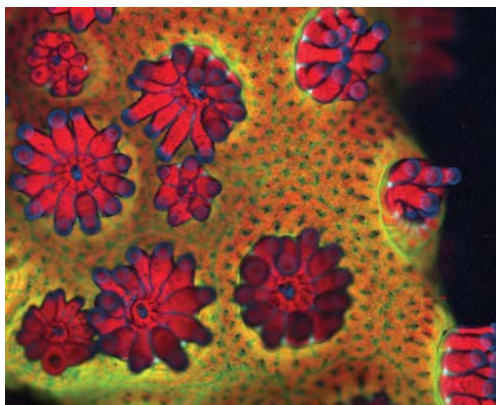
Nombre de récifs ont une trop faible diversité génétique pour produire des bébés coraux. En combinant multiplication asexuée et sexuée, nous serions à même de reconstruire des récifs sains dans le voisinage. L'objectif est de créer des coraux propagateurs de vie.

Dans la nature, environ un bébé corail sur 1 million survit. D'où le grand intérêt de les aider à traverser les premiers stades de leur vie. Nous en sommes aujourd'hui à 100% de succès dans la fécondation des coraux en laboratoire et la fixation des larves sur des tuiles pouvant être placées en mer. Lors d'un frai corallien à Curaçao dans les Caraïbes l'an passé, j'ai aidé *Secore International* à récolter les ovules de 25 colonies. En deux petites journées, notre équipe en a ramassé pas moins de 5 millions.

L'un des grands défis est de maintenir les coraux juvéniles en vie une fois réimplantés dans l'océan. Après tout, les conditions de vie qui y règnent actuellement sont la cause principale du déclin corallien, de sorte que tant que nous n'avons pas maîtrisé le changement climatique, la pollution et la surpêche, nous ne faisons qu'accorder un peu de répit aux coraux. Qui sait, peut-être réussirons-nous à créer des génotypes que nous reproduirons en masse et dont certains survivront.

Toutefois, pour qu'un tel scénario se produise, nous ne pouvons nous fier à la chance. Les conditions régnant dans les océans changent trop vite pour que la plupart des coraux s'adaptent naturellement, de sorte que les chercheurs s'intéressent aussi aux moyens d'accélérer leur adaptation. Une approche possible consiste à renforcer les traits favorisant la tolérance au stress thermique et la capacité à se rétablir après une phase de blanchiment. Cette évolution « assistée » est déjà très présente dans notre quotidien, puisque la plus grande partie de la nourriture que nous consommons provient d'espèces ayant été modifiées par l'humanité. Nos animaux de compagnie ont aussi été élevés et sélectionnés en fonction de traits esthétiques ou de personnalité. Dès lors, pourquoi ne pas en faire autant avec les coraux afin de favoriser leur résistance au changement climatique ?

Ruth Gates, de l'Institut de biologie marine de Hawaï, et Madeleine van Oppen, de l'Institut australien de science marine, travaillent ensemble à augmenter la résistance corallienne au stress. Afin de conditionner les coraux, Ruth Gates les place sur ce qu'elle nomme des « tapis roulants environnementaux ». Ils y sont exposés à des températures sublétales, dans l'espoir de favoriser l'activation de gènes aidant à affronter durablement le stress thermique. Cette technique, nommée réglage épigénétique, serait plus enthousiasmante encore si les



coraux entraînés étaient ensuite implantés sur des récifs, où ils transmettraient leur résistance à leurs rejetons, créant en quelque sorte des générations de « supercoraux ». Le réglage épigénétique augmenterait la résistance corallienne au blanchiment. En théorie du moins.

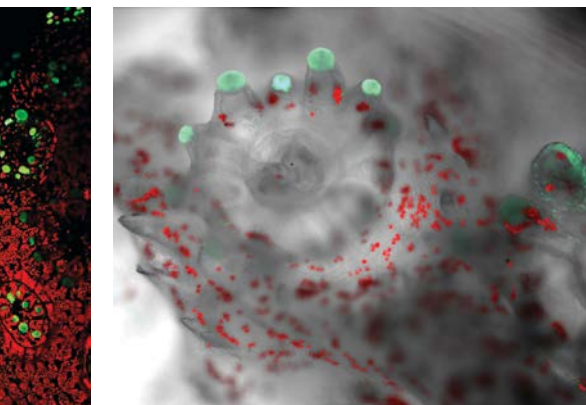
De fait, nous comprenons encore peu ce processus. Si les premiers essais de laboratoire sont prometteurs, il reste à en mener en mer. Ils révéleront si les coraux entraînés transmettent effectivement leur résilience à leurs descendants une fois intégrés à un récif, ce qui permettra d'envisager cette approche à plus grande échelle, d'étudier son coût et d'éventuels risques inhérents.

DE L'IMPORTANCE DU MICROBIOTE

Madeleine van Oppen, quant à elle, étudie la sélection artificielle. Un certain degré de diversité génétique existant au sein d'une même espèce, chaque individu est plus ou moins résistant au blanchiment ou à la maladie. Comme des sélectionneurs cherchant à favoriser certains traits d'une espèce animale, il serait intéressant d'identifier les colonies de coraux résistantes et de s'en servir pour produire une progéniture résistante. Nous serions alors en mesure d'améliorer la tolérance à la température d'un récif entier puisque les gènes utiles seraient transmis aux générations suivantes.

Sélectionner des coraux est difficile car leur maturation nécessite parfois une décennie. L'adaptation aux changements environnementaux est compliquée pour la même raison. Toutefois les microorganismes et les algues vivant en symbiose avec les coraux se reproduisent vite et influencent énormément leur santé. Nous tentons donc de manipuler ce microbiote corallien afin d'améliorer la santé des polypes.

Madeleine van Oppen développe actuellement en laboratoire des souches d'algues et les inocule à des bébés coraux afin qu'elles leur confèrent une tolérance thermique. Avec Ruth Gates, elle tente aussi d'appliquer plusieurs de ces techniques (réglage épigénétique, sélection



Ces algues (en rouge) nourrissent un corail du genre *Pocillopora* en bonne santé (à gauche). Le réchauffement de l'eau conduit à leur expulsion (au centre) de sorte que le corail adopte la couleur de son exosquelette : il blanchit (à droite). Une fois séparés de leurs algues, les coraux manquent de sucres (les points verts sont des protéines).

artificielle et manipulation du microbiote) sur un même corail est plus efficace que l'application d'une seule à la fois.

La plupart des techniques que nous utilisons n'en sont qu'à leurs balbutiements. Toutefois, certains éléments suggèrent qu'en les associant, nous aurons plus de succès. Une approche combinée se déroulerait ainsi : nous utiliserions d'abord la reproduction sexuée et l'évolution assistée pour obtenir au sein de populations de coraux une plus grande diversité et des individus plus résistants au stress ; ensuite nous passerions à la production en masse en élevage par multiplication asexuée ; puis nous transplanterions les individus obtenus sur des récifs.

Est-ce pour bientôt ? Pas exactement. Certaines techniques, comme la sélection artificielle sont faciles à mettre en œuvre immédiatement ; elles sont aussi peu coûteuses et efficaces. Toutefois, nous avons encore du travail afin d'établir la viabilité et l'adaptabilité à grande échelle des autres techniques, et de mesurer les risques d'entraîner des conséquences écologiques non anticipées. Il est possible, par exemple, que les traits artificiellement sélectionnés conduisent les coraux introduits à surclasser les populations natives au lieu de s'y intégrer, ce qui ruinerait nos efforts pour favoriser la survie des récifs.

BANQUE DE SPERME CORALLIEN

Que l'on utilise une ou plusieurs techniques pour renforcer les coraux, une autre étape est cruciale : il faut conserver des spermatozoïdes, des ovules, des larves et des fragments de coraux entiers au sein de réserves équivalentes aux banques de semences maintenues par les agronomes depuis des décennies pour améliorer le rendement des cultures, la résistance aux maladies et la tolérance à la sécheresse. De telles banques permettent aux chercheurs de se procurer des éléments biologiques essentiels à l'amélioration de la résilience et de la biodiversité.

En s'inspirant des méthodes employées pour la fécondation *in vitro*, Mary Hagedorn de l'Institut de biologie de la conservation de la

Smithsonian Institution, à Washington, a mis sur pied la première banque génétique pour espèces de coraux en danger. En 2004, quelques années après la naissance du premier bébé humain issu d'un ovule cryopréservé (préservé dans l'azote liquide), elle a en effet créé le programme de cryoconservation des coraux. Son équipe a mis en place un système de congélation du sperme corallien applicable à un large éventail d'espèces coralliennes. Pour le moment, elle a stocké 16 espèces provenant du monde entier, soit environ 2% des quelque 800 espèces coralliennes qui existeraient sur Terre d'après les estimations. Les spermatozoïdes décongelés ont des taux de fécondation comparables à ceux des spermatozoïdes frais et les embryons issus de la fécondation *in vitro* se développent en polypes juvéniles en bonne santé.

Mary Hagedorn a distribué ces germoplasmes, ou tissus vivants, dans les banques cryogéniques de divers pays. En théorie, ces banques sont capables de conserver ces tissus pendant des centaines, voire des milliers d'années. Les cellules pourront être décongelées un jour et servir à des projets d'élevage en mer ou en piscine. Les spermatozoïdes congelés serviraient par exemple à féconder des ovules venant de zones hors de leur territoire d'origine, et ainsi à introduire de nouveaux gènes dans un bassin génétique corallien. Les banques servent bien sûr aussi à préserver les espèces récifales susceptibles de décliner ou de disparaître.

UN RÉCIF AU CONGÉLATEUR

Outre le sperme, Mary Hagedorn travaille aussi à cryopréserver des ovules et même des larves entières. Elle espère y parvenir au cours des années à venir, puis elle s'attaquera à la cryoconservation de microfragments coralliens entiers. Son équipe développe aussi des techniques de cryopréservation de testicules de poissons afin d'aider à préserver la diversité des poissons récifaux. Son objectif ultime est de construire un ensemble de banques hautement sécurisées rassemblant les ovules, spermatozoïdes, embryons... des coraux et des autres espèces récifales en danger. « Nous n'avons aucune idée de ce que la science sera capable d'accomplir dans un siècle », estime-t-elle.

Ces différentes pistes peuvent surprendre. Nombre d'entre elles doivent encore être mises à l'épreuve, et de nombreuses interrogations subsistent quant à leur applicabilité à grande échelle, à leurs coûts et aux conséquences écologiques de la manipulation des systèmes récifaux. Toutefois, les risques de l'inaction sont connus : de fortes menaces pèsent sur les coraux et les nombreuses espèces qui en dépendent. Bien sûr, le premier défi reste de réduire les activités humaines responsables de ces menaces : les émissions de gaz à effet de serre, la pollution et la surpêche. ■

BIBLIOGRAPHIE

T. P. HUGHES ET AL., Global warming and recurrent mass bleaching of corals, *Nature*, vol. 543, pp. 373-377, 2017.

P. J. EDMUNDS ET AL., Persistence and change in community composition of reef corals through present, past, and future climates, *Plos One*, article e107525, 2014.

Projet de l'Académie des sciences de Californie pour les récifs coralliens : www.calacademy.org/explore-science/hope-for-reefs

Projet des microfragments du laboratoire marin Mote : <https://mote.org/research/program/coral-reef-restoration>