

Cultiver les coraux pour les sauver

Le réchauffement océanique menace les coraux.
Des pépinières sous-marines de ces animaux
les aideront-elles à résister ?



L'ESSENTIEL

> Des biologistes essaient plusieurs approches pour aider les coraux à s'adapter au réchauffement climatique.

> Ils les poussent à se cloner plus vite et créent des larves en laboratoire pour accroître leur diversité génétique.

> Un stress thermique favorise l'activation de gènes qui

conduisent à des descendants plus résilients ; la stimulation des algues symbiotiques des coraux pourrait aussi renforcer leur santé.

> Ces techniques sont prometteuses à l'échelle locale, mais un sauvetage à l'échelle mondiale ne sera possible que si nous ralentissons le réchauffement océanique.

L'AUTEURE



REBECCA ALBRIGHT
biologiste marine
à l'Académie
des sciences
de Californie

Debout sur une plage australienne, je me prépare à plonger sur la Grande Barrière de corail. Ma précédente plongée en ce lieu remonte à dix ans. Mon émotion était grande ce jour-là. Il faut dire que le chemin avait été long avant que je puisse enfin découvrir cet immense récif : élevée dans l'Ohio, j'avais passé mon enfance à lire des livres sur la

biologie marine – du moins quand je n'avais pas les yeux rivés sur Discovery Channel. Et c'était dans les eaux troubles des carrières de calcaire de cet État, que j'avais passé mes niveaux de plongée avant de partir, un an plus tard, explorer la Grande Barrière. Mon amie Émilie, aujourd'hui une experte des algues marines, m'accompagnait. Nous avions fait des paris sur la durée de notre provision d'air. Elle nous offrit deux merveilleuses heures durant



Les coraux du genre *Acropora* se reproduisent une fois par an en été. Tout au long des milliers de kilomètres de la Grande Barrière de corail, ils émettent alors des paquets de sperme et d'ovules.

> lesquelles, fascinées, nous contemplâmes une prospère forêt de corail regorgeant de seiches, de bénitiers géants violets et de gracieuses tortues marines...

Et me voilà de retour, cette fois en tant que chercheuse postdoctorale à l'Institut australien des sciences marines situé à Cape Ferguson dans le Queensland. Prête à m'émerveiller à nouveau, j'entre dans l'eau jusqu'au menton, puis regarde à travers mon masque. Mon cœur se serre: plus aucune seiche, plus de tortues non plus... Le corail est pâle. Le foisonnement de vie auquel je m'attendais a été remplacé par des algues et des sédiments. Certes, j'ai déjà entendu des chercheurs confirmés raconter des histoires déchirantes quant à la dégradation de tel ou tel récif au cours de leur carrière, mais, à peine dix ans après le début de la mienne, j'ai l'impression d'être trop jeune pour faire le même constat.

50 % DES CORAUX SONT MORTS, 70 % ONT BLANCHI

Ce choc, c'est en 2014, alors que commençait le troisième grand épisode de blanchiment, que je l'ai vécu. Les coraux – que l'on confond souvent avec des rochers – sont en fait de petits animaux – les polypes – sécrétant un exosquelette et vivant en symbiose avec des microalgues – les zooxanthelles –, qui leur fournissent la majeure partie de leur nourriture (de 60 à 90%) et leur donnent leurs couleurs. Quand l'élévation de la température des eaux marines stresse les coraux, ils tendent à expulser leurs microalgues. Leurs colonies perdent alors leurs couleurs pour adopter celle du calcaire constitutif de l'exosquelette des polypes: elles blanchissent. Le blanchiment massif des coraux entamé en 2014 a duré trois ans, dévastant les récifs et brisant des cœurs sur toute la planète. En fait, même si la surpêche, la pollution et l'acidification des océans menacent aussi les récifs coralliens, la principale inquiétude à leur propos aujourd'hui est bien leur destruction rapide et massive par le réchauffement des eaux océaniques.

Provoquées par des épisodes El-Niño, les premières grandes phases de blanchiment se sont produites en 1998 et en 2008. Celle de 2014-2017 a de loin été la plus longue et la plus ample puisqu'elle a concerné pas moins de 70% des récifs coralliens du monde. Deux tiers des coraux de la Grande Barrière de corail ont été soit sévèrement blanchis, soit détruits. Et la dévastation continue: les récifs coralliens disparaissent sous nos yeux. Au cours des 30 dernières années, nous avons perdu approximativement 50% des coraux de la planète et les chercheurs estiment que pas plus de 10% des coraux du monde survivront jusqu'en 2050. Nous avons besoin de solutions pour les sauver et il nous les faut très vite!

Même si les récifs coralliens ne couvrent que 0,1% de la surface du fond océanique, on



y rencontre 25% des espèces marines connues, dont certaines nourrissent des millions de gens. Ils représentent aussi des protections côtières naturelles capables d'abattre jusqu'à 97% de l'énergie des vagues et 84% de leur hauteur. Et puis, les coraux sont aussi à l'origine d'une activité touristique. Si nous devons les perdre, nous compromettrions les vies de quelque 500 millions de personnes et un volume d'activité annuel de plus de 30 milliards d'euros de ressources naturelles et de services.

Poussés par l'urgence de la situation, des chercheurs se sont mis à développer des moyens de plus en plus audacieux et créatifs pour maintenir les récifs coralliens et les restaurer. Les techniques nécessaires doivent être bon marché et adaptables à grande échelle. Ces critères ont conduit à une poignée d'options fondées sur des processus naturels et des interventions humaines. Ensemble, ces actions pourraient aider les coraux à traverser les prochaines décennies – et atteindre, espérons-le, une période où l'humanité aura assez réduit ses émissions pour que le réchauffement climatique ralentisse.

Si vous plongez un jour à quelque sept kilomètres de la côte de Floride, peut-être tomberez-vous sur des forêts d'arbres en plastique aux branches ornées de coraux, semblables à des sapins de Noël décorés. Les chercheurs emploient de tels élevages en mer ou en bassin

Les plongeurs fixent sur un récif des coraux élevés au laboratoire marin Mote, en Floride, afin de repeupler le récif, un peu comme on plante de jeunes arbres pour reconstituer une forêt.

À PROPOS DE L'AUTEURE



REBECCA ALBRIGHT
s'est spécialisée dans l'étude des coraux ; elle travaille comme conservatrice à l'Académie des sciences de Californie.

afin de cultiver des coraux qui, ensuite, seront transplantables sur des récifs dégradés. Ces pépinières marines tirent parti du fait que la reproduction des coraux peut être sexuée ou asexuée. Une colonie corallienne est en effet un organisme clonal constitué de centaines de milliers de polypes qui sont les clones les uns des autres. Chacun a la capacité de se reproduire de façon sexuée en émettant des œufs et du sperme qui fusionneront pour former des larves et de façon asexuée par bourgeonnement de ses polypes pour en former d'autres (voir l'encadré page 45).

Quand une tempête endommage un récif corallien, il arrive qu'un fragment de colonie se détache, soit emporté, se fixe au fond et recommence à prospérer en se clonant. C'est pourquoi les éleveurs de corail fragmentent volontairement des coraux afin d'en créer des clones. Aujourd'hui, presque 90 espèces différentes sont élevées à travers le monde. Les éleveurs des Caraïbes et de l'Atlantique occidental font couramment pousser des dizaines de milliers de coraux et les transplantent sur des récifs dégradés, financés le plus souvent par des donateurs privés, des subventions ou des programmes gouvernementaux de restauration.

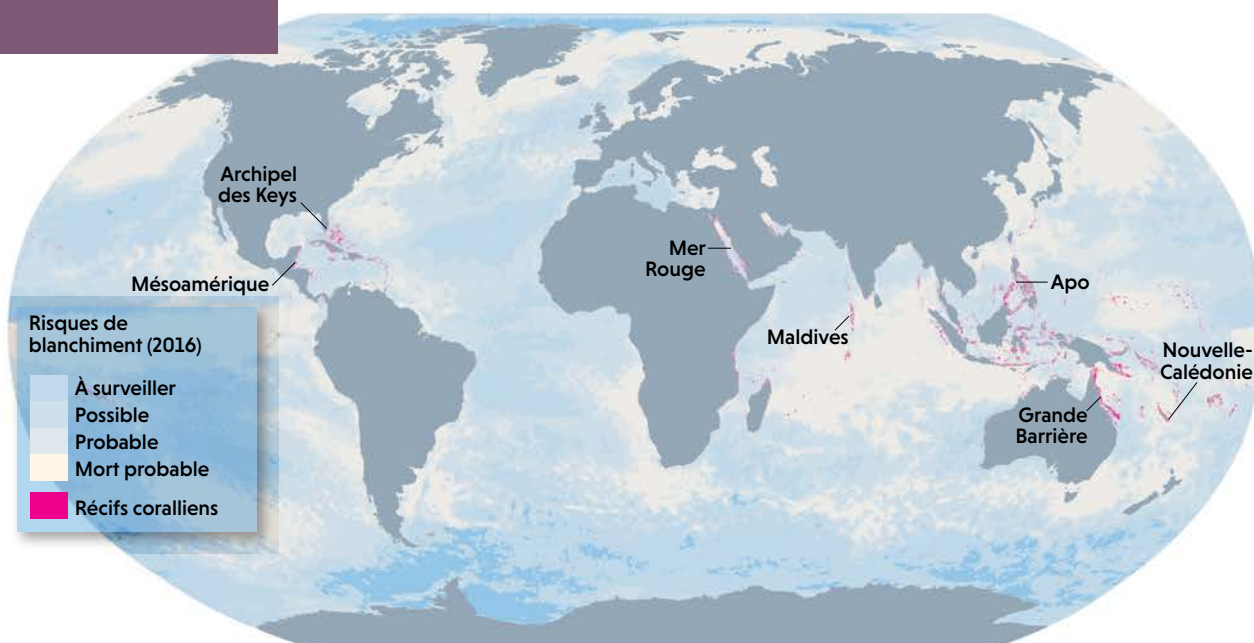
Les chercheurs aimeraient amplifier ce type de restauration. Dave Vaughan, du laboratoire marin Mote, à Sarasota, en Floride, a découvert récemment que lorsqu'on réduit les coraux en fragments de la taille d'une gomme, ils se régénèrent 25 à 50 fois plus vite que dans la nature. Et si des morceaux génétiquement équivalents sont disposés à quelques centimètres les uns des autres, ils fusionnent à nouveau pour former une grande colonie. En quelques mois, l'équipe de Dave Vaughan obtient ainsi des colonies coralliennes de la taille d'un ballon de football, ce qui, dans la nature, aurait pris des années.

600 CORAUX EN UN APRÈS-MIDI

Il y a douze ans, quand elle débutait dans la culture corallienne, l'équipe de Dave Vaughan était parvenue à produire 600 coraux en six ans, alors qu'elle en produit aujourd'hui 600 en un après-midi. Entre-temps, elle a appliqué avec succès sa technique de fragmentation à une demi-douzaine d'espèces coralliennes. Dave Vaughan prévoit de produire et de transplanter 50 000 coraux cette année et 100 000 l'année prochaine, et il s'est juré de ne pas prendre sa retraite avant d'en avoir transplanté un million. >

LE PIRE BLANCHIMENT DE TOUS LES TEMPS

Entre 2014 à 2017, un échauffement anormal des eaux océaniques a provoqué le blanchiment de coraux de la plus grande ampleur jamais enregistrée. Au cours de l'année 2016, en effet, les conditions de vie difficiles pour les coraux dues à cette élévation de température se sont multipliées sur la planète. Stressés, les polypes coralliens ont expulsé en masse leurs algues symbiotiques, ce qui a privé les colonies coralliennes de leur source de nourriture, dans nombre de cas jusqu'à la mort.





Les spermatozoïdes et les ovules des coraux corne d'élan sont prélevés sous l'eau à l'aide d'un entonnoir en tissu (ci-dessus) et viennent se concentrer dans un tube (à gauche). Au laboratoire, les chercheurs fusionnent ces gamètes avec ceux d'autres coraux afin de produire de nouvelles variétés, et par là d'augmenter la diversité génétique du récif.

> Or quand il a commencé dans la culture de coraux, la production d'un seul corail coûtait quelque 800 euros. Grâce à la technique de fragmentation et après avoir amélioré l'efficacité de ses méthodes, son équipe produit aujourd'hui couramment un corail pour moins de 17 euros. En faisant appel à des scientifiques amateurs et à des volontaires, Dave Vaughan est convaincu qu'il réduira ce coût à deux euros par corail – un euro pour assurer la reproduction et un autre pour financer la transplantation. Même si le Service américain de la pêche maritime estime que restaurer le corail corne de cerf et le corail corne d'élan typiques des Caraïbes demandera... 400 ans et 216 millions d'euros, l'objectif de Dave Vaughan est de les retirer de la liste des espèces en danger avant sa mort.

Ses techniques nous ont permis de rétablir de nombreux récifs tels qu'on les avait connus en termes de taille et de fonctionnement. Cela n'a toutefois été possible que localement: les mêmes résultats à l'échelle de l'écosystème signifieraient un saut énorme. De fait, la plupart des campagnes menées jusqu'à présent ont restauré moins de un hectare, alors que les récifs se dégradent sur des centaines de milliers de kilomètres carrés. Le passage à grande échelle est donc l'un des plus grands défis à relever: on a par exemple estimé que la restauration des 2300 kilomètres de la Grande Barrière à l'aide de fragments de corail à quatre euros pièce coûterait 170 milliards d'euros.

Parallèlement à ces pépinières fondées sur la reproduction asexuée des coraux, des chercheurs tentent de favoriser leur reproduction sexuée dans l'espoir d'augmenter leur diversité génétique. C'est important, car la baisse

de diversité génétique accompagnant le déclin des populations réduit la résilience des colonies coralliennes face au réchauffement des eaux marines. Dans de nombreux récifs des Caraïbes, par exemple, un unique clone domine. Or la science et même l'histoire nous enseignent qu'une diversité génétique trop faible conduit vite une population au désastre, particulièrement quand les conditions environnementales changent.

La reproduction sexuée est le moyen par lequel la nature accumule de la diversité. Comme les coraux sont fixés au sol de l'océan, ils ne peuvent se déplacer à la recherche de partenaires. Pour se reproduire de façon sexuée, la plupart libèrent des ovules et des spermatozoïdes dans la colonne d'eau où, avec un peu de chance, des fécondations se produisent. Un phénomène qui devient de plus en plus improbable à mesure qu'une zone récifale se dégrade puisque les coraux vivants se retrouvent de plus en plus éloignés les uns des autres.

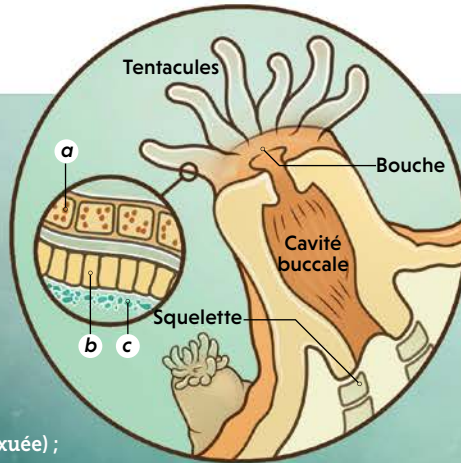
À l'Académie des sciences de Californie, en collaboration avec Nature Conservancy – une organisation non gouvernementale (ONG) américaine de protection de l'environnement – et Secore International – une ONG pour la conservation des coraux –, nous travaillons à assister la délicate sexualité des coraux. Nous avons désormais une bonne idée du moment pendant lequel frayent les colonies: vers la fin de l'été, après le coucher du soleil et à la pleine lune (les coraux sont étonnamment romantiques). Au cours d'une des nuits où cela se produit, nous plongeons munis de filets afin de prélever les gamètes. Nous les apportons ensuite au laboratoire, où nous les mélangeons dans des

LES CORAUX ENTRENT DANS L'ANTHROPOCÈNE

Au cours des 40 dernières années, l'intervalle de temps séparant deux événements de blanchiment a été divisé par cinq. C'est la constatation à laquelle l'équipe de Terry Hughes de l'université James Cook en Australie est parvenue après avoir examiné de près les évolutions de cent récifs coralliens situés dans les eaux territoriales de 54 pays à travers le monde. Selon les chercheurs, il est clair que les coraux sont entrés dans l'ère géologique dite de l'Anthropocène, c'est-à-dire de la domination de la vie sur Terre par l'humanité.

ASSISTER LA VIE CORALLIENNE

Mi-animaux, mi-végétaux, les coraux produisent leur descendance en se clonant (reproduction asexuée) ou par la fusion d'un ovule et d'un spermatozoïde (reproduction sexuée) ; ils vivent aussi en symbiose avec des algues. D'où les quatre méthodes pour les aider à se multiplier et à prospérer présentées ci-dessous.



TROIS EN UN

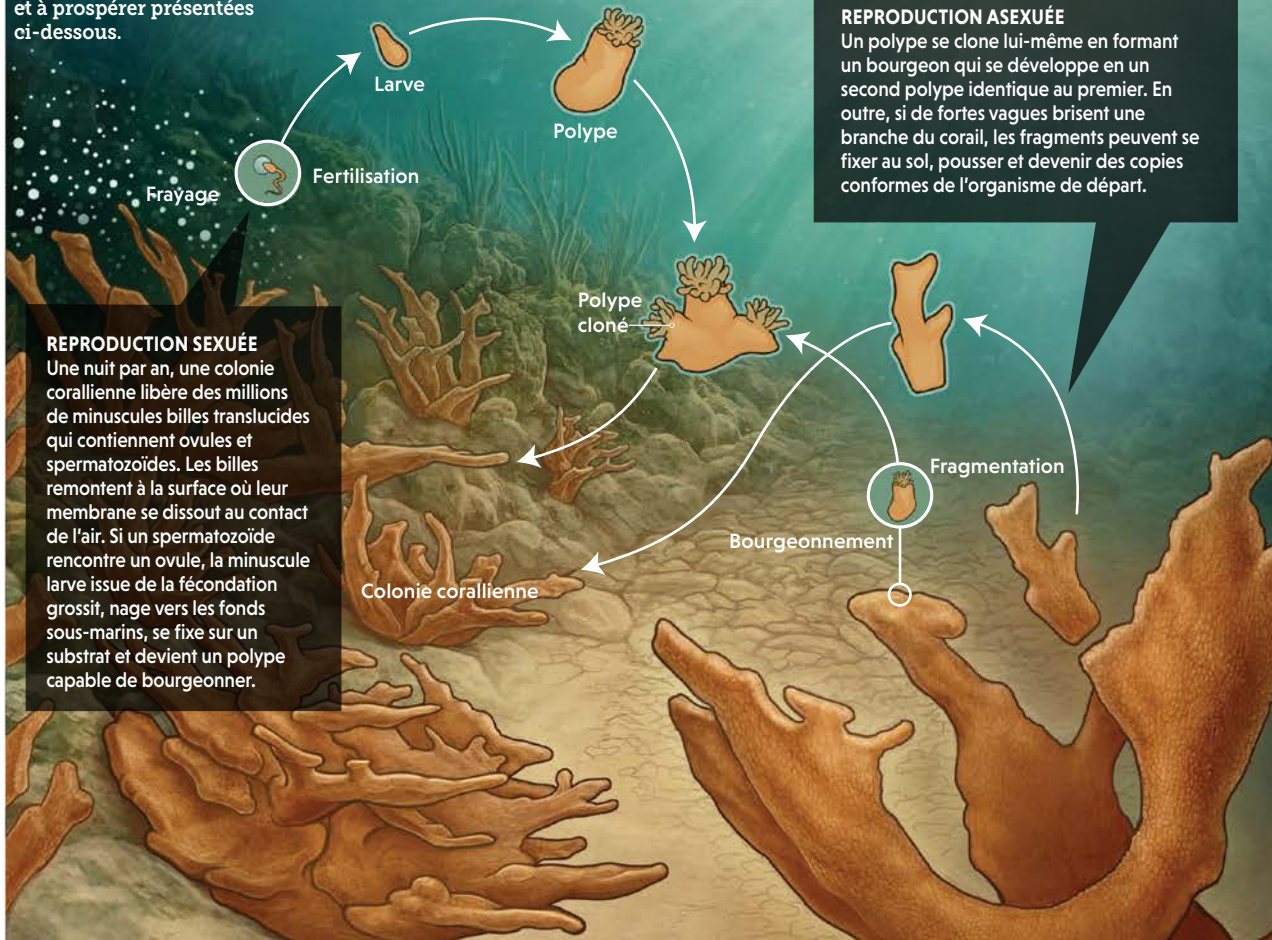
Un corail est fait de nombreux polypes dotés d'un squelette et d'une bouche. Chacun est nourri par des algues (a) vivant sous un épiderme (b) entretenu par des bactéries (c). Ces trois organismes symbiotiques bénéficient les uns des autres. Ce sont les algues qui donnent leurs couleurs aux coraux.

REPRODUCTION ASEXUÉE

Un polype se clone lui-même en formant un bourgeon qui se développe en un second polype identique au premier. En outre, si de fortes vagues brisent une branche du corail, les fragments peuvent se fixer au sol, pousser et devenir des copies conformes de l'organisme de départ.

REPRODUCTION SEXUÉE

Une nuit par an, une colonie corallienne libère des millions de minuscules billes translucides qui contiennent ovules et spermatozoïdes. Les billes remontent à la surface où leur membrane se dissout au contact de l'air. Si un spermatozoïde rencontre un ovule, la minuscule larve issue de la fécondation grossit, nage vers les fonds sous-marins, se fixe sur un substrat et devient un polype capable de bourgeonner.



Quelles solutions ?

ALGUES

Développer des algues résistantes à la chaleur et les inoculer aux bébés coraux afin de les rendre plus résistants à la chaleur.

FÉCONDEMENT CROISÉ

Prélever spermatozoïdes et ovules et les fusionner au laboratoire afin d'obtenir une grande diversité génétique de larves, puis les planter sur le récif afin de le rendre plus résilient.

GÈNES

Stresser thermiquement les coraux favoriserait l'activation de gènes de résistance thermique. Une fois dans un récif, les coraux entraînés transmettraient leur résilience.

MICROFRAGMENTS

Briser des coraux en petits morceaux, ce qui favorise la croissance de clones. En planter des milliers sur les récifs dégradés afin qu'ils se reconnectent en colonies.

➤ seaux d'eau de mer afin de déclencher des fécondations. Les larves ainsi produites ont la taille d'un grain de sésame. Dans la nature, tant qu'elles n'ont pas eu l'occasion de se fixer afin de commencer à croître, elles sont vulnérables, susceptibles d'être mangées à tout moment. D'où l'intérêt de les élever jusqu'à ce qu'elles soient assez grandes et fortes pour être transplantées sur le récif. L'objectif n'est pas de replanter des récifs entiers, mais plutôt d'y augmenter la diversité génétique tout en reconstituant assez la population afin que le récif puisse se rétablir par lui-même tout en devenant plus résilient aux changements de l'environnement.

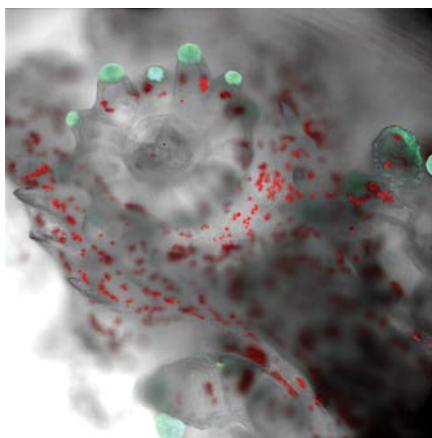
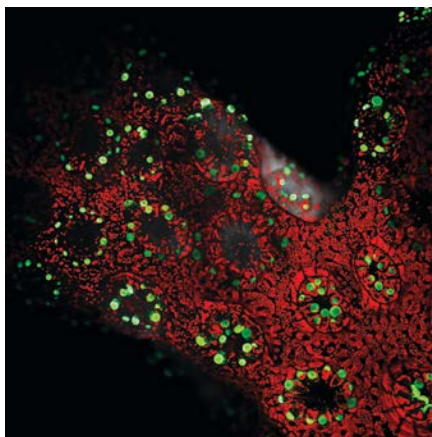
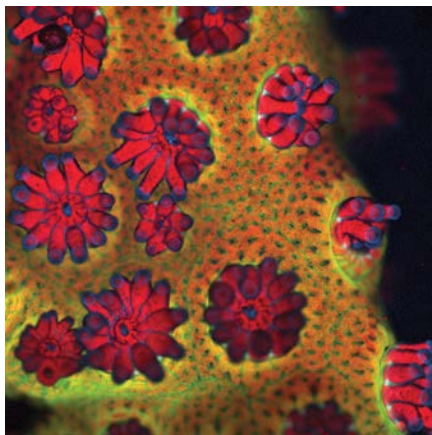
FIV CORALLIENNE

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 un 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 cinq millions. «Un nouveau record de Secore, qui montre à quelle échelle nous pourrions travailler», commente Dirk Petersen, son fondateur.

L'un de nos grands défis est de maintenir les coraux juvéniles en vie une fois que nous les avons implantés 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, en chemin, avec un peu de chance, nous réussirons à créer des génotypes que nous reproduirons en masse et dont certains, peut-être, 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



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

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 nous servirait ainsi à augmenter la résistance corallienne au blanchiment. En théorie du moins.

De fait, nous ne faisons que commencer à comprendre 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 rejetons 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.

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 d'animal de compagnie, 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 ces organismes par sélection artificielle afin d'améliorer la santé des polypes. Ces dernières années, les biologistes ont réalisé à quel point notre microbiote (les microorganismes qui peuplent notre organisme) influence notre santé, pour le meilleur comme pour le pire.

Madeleine van Oppen développe actuellement en laboratoire des souches d'algues et les inocule à des bébés coraux afin de voir si elles leur confèrent une tolérance thermique. Avec Ruth Gates, elle tente aussi de voir si la mise en œuvre de plusieurs de ces techniques – le réglage épigénétique, la sélection artificielle et la 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.

Tout cela pourra-t-il se produire 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.

BANQUES 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 ➤

Le chercheur contrôle des coraux plantés dans une baie non loin du laboratoire de Ruth Gates, à l'Institut de biologie marine de Hawaï, pour déterminer comment l'acidification des océans, un stress lié au changement climatique, les affecte.



COMPRENDRE LA DIVERSITÉ DES RÉCIFS POUR MIEUX LES PROTÉGER

Pour bien protéger un écosystème, il faut en comprendre le fonctionnement. Aujourd'hui, la survie d'une majorité des récifs coralliens est menacée par la surpêche, les maladies, la pollution ou le réchauffement des océans. Certains, toutefois, résistent bien mieux que d'autres aux affres du climat et des stress anthropogéniques. Pourquoi observe-t-on une telle diversité des réponses au stress des communautés coralliennes ?

Dirigé par Stuart Sandin de l'institut Scripps d'océanographie à San Diego en Californie, un groupe de chercheurs dont

je fais partie essaie de répondre à cette question. Nous avons lancé le projet *100 Island Project Challenge* (littéralement le « Défi des 100 îles »). Il vise à mettre en place une expérience grandeur nature pour mieux comprendre les effets combinés des conditions océaniques, du climat et des activités humaines sur la structure et la dynamique des récifs coralliens.

Ainsi, nous sommes en train de recenser les espèces de coraux et de poissons vivant autour de 100 îles sélectionnées pour leurs profils uniques. Nous établissons des modèles en trois dimensions représentant 100 mètres carrés de huit récifs par île. Nous employons pour cela une technique – nommée *Structure from motion* en anglais – permettant de reconstruire un modèle en trois dimensions à partir d'un grand nombre de photographies. Sur les modèles établis par cette technique, la résolution est telle qu'il deviendra possible d'identifier les différents types de coraux et de les mesurer avec précision. Ces mesures seront faites directement au laboratoire par des chercheurs et par des étudiants, via une

interface s'apparentant à de la réalité virtuelle.

Chacun de ces modèles en voie d'étude peut contenir jusqu'à plusieurs milliers de colonies coralliennes. Nous pouvons ainsi étudier la biodiversité marine de chaque île, l'organisation dans l'espace des coraux et suivre avec précision la croissance, le rétrécissement ou la mort d'un million de colonies coralliennes. Finalement, nous pourrions bientôt corréler ces observations avec les conditions régnant dans l'océan, les conditions climatiques et la présence humaine connue. Bien entendu, les colonies seront revisitées plusieurs années de suite afin de suivre leurs évolutions. De telles informations sont cruciales dans le cadre de tout projet de conservation. Savoir à quoi un récif devrait ressembler sous des régimes climatiques donnés est essentiel pour qui souhaite le protéger ou doit le reconstruire. Les récifs coralliens n'ont plus souffert autant qu'aujourd'hui depuis longtemps, mais une chose est sûre : nous n'avons jamais été autant capables de les protéger !

YOAN EYNAUD

Institut Scripps, San Diego, États-Unis

> 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 existaient 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.

Outre le sperme, Mary Hagedorn travaille aussi à cryopréserver des ovules et même des

larves entières. Elle espère y parvenir au cours des deux 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 germoplasmes – 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>

DÉCOUVREZ LES ARCHIVES DE **POUR LA SCIENCE**



RETROUVEZ TOUS
LES NUMÉROS
DEPUIS 1996

COMPLÉTEZ
VOTRE COLLECTION
SUR www.pourlascience.fr

