



plans à la fois physique, chimique et thermique. Par exemple, l'élimination en 1998 du barrage de Maisons-Rouges sur la Vienne, haut de 4 mètres, a permis dès 1999 la recolonisation des frayères de grande alose situées en amont de l'ancien barrage, le retour de la lamproie marine et du saumon. Même la suppression d'obstacles plus modestes montre des résultats positifs. Ainsi, l'effacement en 2018 du seuil de Larive sur le Célé, dans le Lot, a permis le retour l'année suivante de cinq espèces patrimoniales (chabot, lamproie de Planer, toxostome, truite et vandoise rostrée).

Lorsque l'arasement de l'obstacle est impossible pour une raison ou une autre, on peut envisager la construction de passes à poissons qui visent à «fragmenter» la hauteur de la chute et à dissiper l'énergie hydraulique de façon que les poissons puissent franchir l'obstacle. Cela nécessite cependant un savoir-faire technique pointu pour la conception, la construction, la gestion et l'entretien. Dans la même logique, il existe des aménagements permettant de diminuer la mortalité des poissons dans les turbines hydroélectriques lors de leur migration vers l'aval.

REPEUPLEMENTS

Parfois, l'espèce cible est absente ou en effectifs trop faibles pour permettre une recolonisation naturelle des habitats restaurés. Pour y remédier, on peut introduire des individus, généralement des juvéniles, qui s'adaptent mieux à leur nouvel environnement que les

adultes. C'est ce qui a été réalisé dans le cadre du plan national d'action (PNA) en faveur de l'apron du Rhône, avec plus de 26000 larves relâchées dans la Drôme entre 2008 et 2017. De même, dans le cadre du PNA esturgeon européen, environ 1,3 million de larves et 450000 juvéniles issus de reproductions assistées ont été relâchés entre 2007 et 2015 sur les zones de frayères de Garonne et de Dordogne.

Cependant, la reproduction artificielle n'est pas toujours simple. Dans le cas de l'anguille européenne, c'est parfois impossible, les chercheurs ne parvenant pas à nourrir les larves dites «leptocéphales»; les opérations de repeuplement prévues dans le cadre du plan de gestion européen se font alors à partir de civelles achetées à des pêcheurs professionnels (60% des captures) et relâchées en amont de différents bassins. Dans le cas de l'apron, la maîtrise de la reproduction aura nécessité plus de dix ans d'efforts de l'aquarium de la citadelle de Besançon.

Et même lorsque la reproduction artificielle est maîtrisée, comme dans le cas du saumon atlantique, demeurent des questions complexes comme le maintien de la diversité génétique et l'évitement des effets négatifs de la domestication («maladaptation» au milieu naturel). Pour contourner le problème, le recours aux géniteurs sauvages pour la reproduction artificielle est possible, mais se pose alors la question du nombre de poissons à extraire du milieu sans mettre à mal la reproduction naturelle.

De façon générale, les mesures consistant à lâcher du poisson ou à ne pas en prélever (interdiction de pêche, adaptation des périodes d'ouverture de la pêche, quotas...) suffisent rarement au rétablissement des espèces concernées. Si les conditions environnementales (température, débit, habitat...) ne sont pas adaptées, la population finira par s'éteindre. Or, selon le rapportage de 2016 de la DCE, seulement 44,8% des masses d'eau en métropole sont considérées en bon ou très bon état écologique. De très gros efforts de restauration des milieux restent donc à fournir.

Encore faut-il savoir quels sont les facteurs limitants dans la conservation de chaque espèce afin de mettre en œuvre des mesures de restauration adaptées. C'est pourquoi une meilleure compréhension de la biologie et de l'écologie des espèces est indispensable. Reste que les connaissances ainsi que les moyens techniques et financiers nécessaires aux chantiers de restauration sont longs et complexes à acquérir. Afin de laisser une chance aux populations les plus fragiles, dans un contexte climatique qui devient de moins en moins favorable, l'urgence est donc d'adopter une stratégie de non-dégradation des écosystèmes. ■

BIBLIOGRAPHIE

L. Basilio *et al.*, **Quand les rivières reprennent leur cours – Notes sur l'effacement de barrages et de seuils, sur la Sélune et ailleurs**, Office français de la biodiversité, 2021.

P. Keith *et al.* (coord.), **Les Poissons d'eau douce de France**, 2^e édition, Biotope/MNHN, 2020.

La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Poissons d'eau douce de France métropolitaine, UICN Comité français, MNHN, SFI & AFB, 2019 (<https://bit.ly/3DhYDnT>).

F. Baptist *et al.*, **Les poissons d'eau douce à l'heure du changement climatique : état des lieux et pistes pour l'adaptation**, Onema, 2014.

L'ESSENTIEL

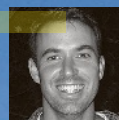
> Dans le sultanat d'Oman, la tectonique a charrié en surface un morceau de manteau terrestre, ce qui a produit toute une chaîne de montagnes.

> Le magnésium et le calcium contenus dans les roches mantelliques constituant ces montagnes réagissent avec le dioxyde de carbone dissous

dans les eaux de ruissellement, ce qui forme des carbonates.

> Cette minéralisation du dioxyde de carbone atmosphérique pourrait être industrialisée afin de se rapprocher des objectifs de réduction du réchauffement climatique en retirant de l'atmosphère des milliards de tonnes de carbone par an.

L'AUTEUR



DOUGLAS FOX
journaliste scientifique basé en Californie, spécialisé en science du climat, géologie et biologie



Séquestration du CO₂ La piste d'Oman

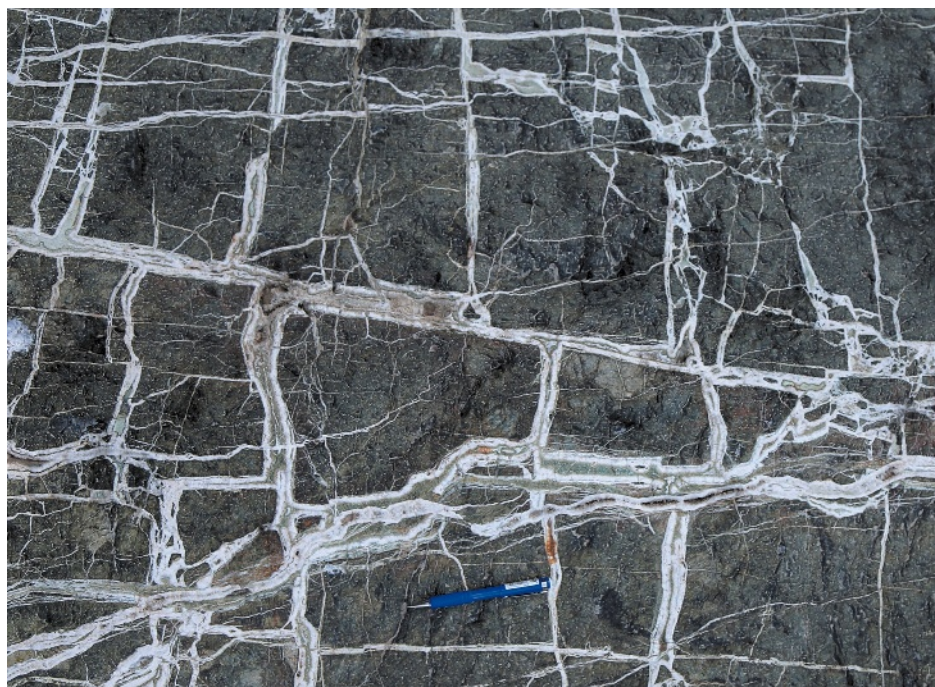
Depuis trente ans, le géologue Peter Kelemen arpente les monts Hajar du sultanat d'Oman, pour y étudier les ophiolites, un type de formation rocheuse qui capte et stocke naturellement du dioxyde de carbone. Son espoir aujourd'hui ? Intensifier le processus pour lutter contre le réchauffement climatique.

À Oman, le transport en surface d'une partie du manteau terrestre est à l'origine d'un immense massif montagneux. Les roches qui le constituent pétrifient naturellement le dioxyde de carbone atmosphérique.

Au nord-est d'Oman, dans les monts Hajar, l'oued Lawayni a creusé une vallée, uniquement accessible par un mauvais chemin de terre, se réduisant souvent à des traces de pneus. De place en place, des sources forment de petits bassins bleutés, saturés d'alcalins et si chargés en hydrogène qu'ils pétillent comme du champagne.

Des sommets érodés dominent de quelques centaines de mètres cette vallée parsemée d'épineux. La roche brun délavé qui les constitue est une anomalie minérale: instable chimiquement, elle subit, au contact de l'air, une décomposition géochimique gazeuse. Si cette roche est particulière, c'est parce que – rareté à la surface de la Terre – elle s'est formée à quelque 200 kilomètres de profondeur à l'intérieur du manteau terrestre, la strate de quelque 2900 kilomètres d'épaisseur intercalée entre l'écorce terrestre et le noyau métallique de notre planète. Jamais l'humanité n'a pu observer directement le manteau, mais il est arrivé de temps en temps au cours des temps géologiques que des accidents tectoniques charrient des portions entières de croûte océanique accompagnées de leur manteau sous-jacent, formant ce que les géologues nomment une «ophiolite». Celle d'Oman date d'environ 80 millions d'années. Les géologues la considèrent comme la plus spectaculaire du monde. De fait, elle est à l'origine des monts Hajar, qui s'étendent sur 475 kilomètres!

Peter Kelemen, de l'observatoire de la Terre Lamont-Doherty, de l'université Columbia, à New York, pense que l'humanité pourrait exploiter les ophiolites pour modérer le réchauffement climatique. C'est dans l'oued Lawayni qu'un après-midi de janvier 2018 ce géologue de 65 ans, aux cheveux gris et à la peau tannée, m'a exposé sa vision. Nous avons placé nos chaises à l'ombre mitée d'un acacia, où séchaient des crottins de chameau. À quelque 100 mètres, sous un auvent, se trouvaient sur une table les flacons de produits chimiques et l'analyseur d'échantillons minéraux de son laboratoire de campagne. Peter Kelemen désigna la roche située derrière nous et m'expliqua que la pluie, en s'infiltrant à travers ce bloc de roche mantellique – de la péridotite –, y introduit de l'oxygène et du dioxyde de carbone atmosphériques. Ces gaz et l'eau qui les dissout réagissent avec la roche, produisant de multiples veines minérales qui s'enfoncent dans la masse rocheuse comme des racines. Certaines mesurent plusieurs centimètres de large. Peter Kelemen m'en a montré une de 1 centimètre de diamètre, composée de carbonate de magnésium: «Ça, c'est environ 50% de CO₂», a-t-il dit. Tout en l'écoulant, je frappais un bloc avec un caillou, et entendis un bruit de verre.



Les géologues estiment que les ophiolites d'Oman absorbent et pétrifient naturellement de l'ordre de 100 000 tonnes de CO₂ chaque année, soit environ 1 gramme de gaz à effet de serre par mètre cube de roche. Si par des moyens techniques appropriés, «on parvenait à multiplier ce chiffre par 1 million, lance Peter Kelemen, 1 milliard de tonnes de CO₂ par kilomètre cube de roche seraient fixées chaque année.» Or le sultanat d'Oman contient 15 000 kilomètres cubes de roches mantelliques...

Environ 150 affleurements similaires à celui d'Oman existent de par le monde, dont certains importants en Alaska, au Canada, en Californie, en Nouvelle-Zélande, en Nouvelle-Calédonie, au Japon et ailleurs. Selon Peter Kelemen, ces masses rocheuses, y compris celles d'Oman, pourraient fixer de 60 000 à 600 000 milliards de tonnes de CO₂, soit de 25 à 250 fois la masse ajoutée par l'humanité à l'atmosphère depuis les débuts de l'ère industrielle, ce qui aurait un énorme impact sur le climat. Rappelons que dans son rapport de 2019, le Giec – le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat – a conclu que l'élévation de la température moyenne de planète ne pourrait être limitée à 1,5 °C – un niveau permettant d'éviter la plupart des conséquences catastrophiques du réchauffement climatique – que si l'humanité trouvait le moyen de retirer entre 100 et 1 000 gigatonnes de CO₂ de l'atmosphère d'ici à 2100. Si ce travail d'extraction du CO₂ atmosphérique commençait d'ici à 2050, cela signifierait qu'il faudrait retirer de l'atmosphère chaque année entre 2 et 20 gigatonnes (10⁹ tonnes) de dioxyde de carbone.