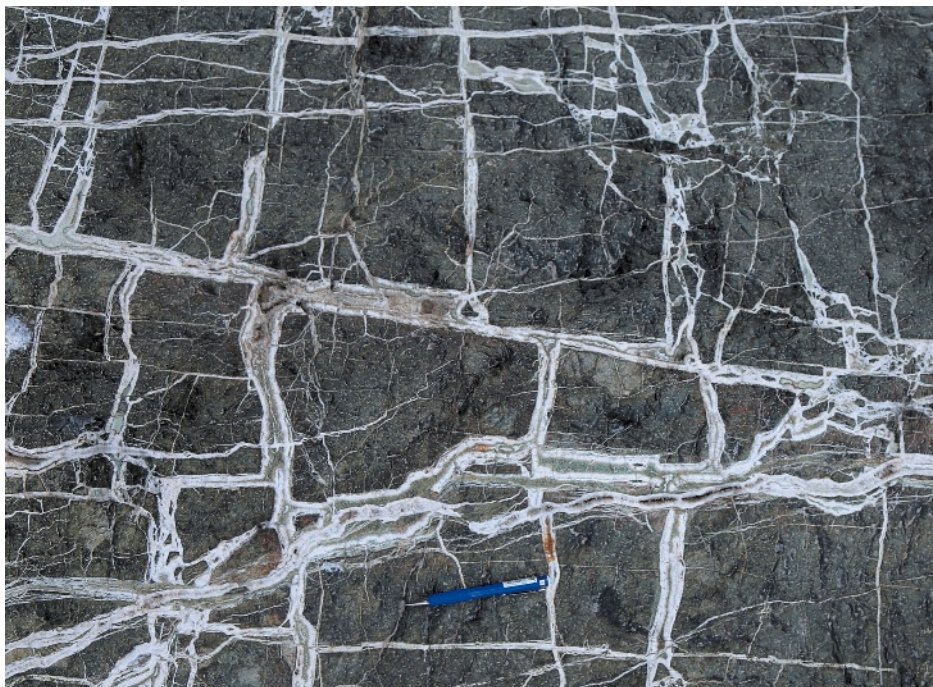


Au nord-est d'Oman, dans les monts Hajar, l'oued Lawayni a creusé une vallée, uniquement accessible par un mauvais chemin de terre, se réduisant souvent à des traces de pneus. De place en place, des sources forment de petits bassins bleutés, saturés d'alcalins et si chargés en hydrogène qu'ils pétillent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



Très présente dans les roches mantelliques, la péridotite foncée réagit avec le dioxyde de carbone atmosphérique dissous dans l'eau de pluie qui s'infiltre à travers les fissures, formant des veines blanches de carbonates.

Pour que cette vision se concrétise, il faudra que l'humanité se dote d'une vaste infrastructure mondiale de machines à extraire le dioxyde de carbone de l'air pour l'injecter dans des puits forés dans la roche mantellique. L'émergence éventuelle de l'industrie le permettant va dépendre des résultats des recherches menées à Oman. En 2018, alors que Peter Kelemen et moi nous entretenions sous l'acacia, une pelleuse travaillait à préparer le forage prochain du fond de l'oued Lawayni, dans le but d'étudier les réactions chimiques qui se produisent dans les 400 premiers mètres du terrain. Publiée en 2019 et 2020, l'étude des carottes prélevées donne des pistes quant à la façon dont on pourrait intensifier les réactions de la roche avec le dioxyde de carbone. En mai de cette année, une équipe a mené dans l'oued Lawayni le premier essai de minéralisation du CO₂ dans la profondeur de la roche mantellique omanaise.

LE CAPTAGE DU CO₂ EN QUESTION

Les efforts de Peter Kelemen s'inscrivent dans la vaste mouvance travaillant à créer des «émissions négatives de carbone», c'est-à-dire des retraits de l'atmosphère de quantités notables de dioxyde de carbone afin d'influencer l'évolution climatique. Les chercheurs proposent diverses méthodes: planter des forêts ou fertiliser les océans pour augmenter la croissance consommatrice de CO₂ des arbres ou du phytoplancton; gérer les cultures afin de garder dans le sol la plus grande partie possible du CO₂ absorbé au cours de la croissance des plantes; poser des dispositifs de captage du carbone pour retenir le CO₂ passant par les cheminées des centrales électriques ou des usines; ou encore installer partout sur la planète de centaines de milliers de machines de «captage direct» du CO₂ de l'atmosphère et capables de l'injecter dans le sol nuit et jour.

Le dioxyde de carbone ainsi capté devrait toutefois être séquestré de façon permanente.

Quelques projets sont en cours de test. Ainsi, dans le champ de gaz de Sleipner, au large de la Norvège, le CO₂ naturellement mêlé au gaz naturel est réinjecté à 1 kilomètre sous le plancher océanique, dans le réservoir fait de roches sédimentaires gréseuses. Lancé en 1996, le projet stocke 1 million de tonnes de dioxyde de carbone par an environ, mais avec un inconvénient: comme ce gaz réagit à peine avec les roches sédimentaires, il ne se minéralise pas, mais s'infiltre seulement dans les pores de la roche, de sorte que certains chercheurs craignent qu'il ne finisse par rejoindre l'atmosphère.

Peter Kelemen a passé les années 1990 à poursuivre une autre idée: campant pendant des semaines dans les oueds reculés d'Oman, il y a cartographié les conduits qui transportèrent du magma depuis les profondeurs du manteau vers la surface, où, se solidifiant, il a donné du basalte, cette roche dure, dense et foncée qui forme la plus grande partie de la croûte océanique. Puis en 2004, lorsqu'il est passé de l'institut océanographique de Woods Hole (Woods Hole Oceanographic Institution) à l'observatoire de la Terre Lamont-Doherty, il y a rencontré le géophysicien Klaus Lackner – aujourd'hui directeur du Centre pour les émissions négatives de carbone (Center for Negative Carbon Emissions) de l'université d'État de l'Arizona – et Juerg Matter, alors postdoctorant. Klaus Lackner et Juerg Matter cherchaient à savoir si du CO₂ pouvait être injecté dans des roches riches en magnésium et en calcium, qui, plus réactives que les roches sédimentaires, transformeraient facilement le gaz en minéraux solides – un processus nommé «carbonatation minérale».

Les roches mantelliques d'Oman – riches en péridotites – contiennent en grande proportion deux minéraux – l'olivine et le pyroxène – très riches en magnésium et calcium. Comme ces roches sont traversées par des veines de carbonate, il est clair qu'elles ont absorbé du CO₂ dans le passé. La plupart des chercheurs avaient toutefois supposé que cette production de carbonates à partir du CO₂ avait duré des millions d'années. Pour sa part, Peter Kelemen n'avait jamais réfléchi à l'élimination du carbone, mais il était sceptique quant à la lenteur des réactions: lorsqu'il travaillait à Oman, il passait souvent dans la vallée Khafifah devant une source alcaline, où l'eau jaillissante était si saturée en calcium qu'elle réagissait continuellement avec le CO₂ atmosphérique pour donner une couche de calcite. Il avait remarqué que lorsque le vent ou la pluie brisait cette couche de calcite lisse et nacrée, fine comme du papier, elle était remplacée en 24 heures. «En géologie, tout processus se produisant en un jour est ultrarapide», souligne-t-il.

En théorie, les ophiolites du monde entier pourraient fixer de 60 à 600 gigatonnes de CO₂