



Les roches mantelliques profondes sont vert foncé en raison de la présence d'olivine et de pyroxène, des minéraux riches en magnésium et en calcium formés en profondeur à plus de 1300 °C en l'absence totale d'oxygène, d'eau et de dioxyde de carbone. Une fois remontées en surface, ces roches dévoilent les réactions chimiques subies le long du parcours, ce qui explique que les premiers mètres de carotte étaient teintés de jaune et d'orange: l'oxygène transporté par l'eau de pluie s'y était lié au fer des minéraux, produisant une couleur rouille. Ces tons disparaissaient au-delà de quelques mètres, traduisant l'épuisement de l'oxygène apporté par l'eau. Au-delà de cette profondeur, la roche grise était parcourue d'innombrables fines veines de serpentine, un minéral turquoise qui se forme lorsque les molécules d'eau se fixent aux atomes de magnésium et de fer, produisant l'hydrogène qui fait pétiller les sources.

Sur ce fond, des veines blanches de carbonate s'entrecroisaient. Près de la surface, elles mesuraient quelques centimètres de large, mais à 10 mètres de profondeur, elles devenaient rares et fines, ce qui montre qu'en s'infiltrant de plus en plus profond, l'eau avait perdu son dioxyde de carbone.

Alors que se poursuivait le forage, et tandis que les ouvriers emballaient les carottes les unes après les autres, il s'avéra que les roches provenant de 400 mètres de profondeur étaient encore veinées de serpentine, ce qui confirmait que l'eau avait percolé au moins à cette profondeur. Des analyses se sont poursuivies en laboratoire au cours des trois années qui suivirent, afin de déterminer à quelle vitesse les roches réagissent avec le CO₂ et l'eau. En 2020, Juerg Matter, devenu entre-temps professeur de

géo-ingénierie à l'université de Southampton, en Angleterre, m'a expliqué avoir été frappé par un fait: «Au-delà de 100 mètres de profondeur, on ne trouve plus aucun minéral carbonaté.» Conclusion: le dioxyde de carbone ne pénètre pas plus profondément dans les roches.

Les recherches récemment publiées par l'équipe suggèrent pourquoi: dans un article de 2019, Peter Kelemen, Juerg Matter et Amelia Paukert Vankeuren, alors tous à l'université d'État de Californie à Sacramento, estiment que l'eau souterraine d'origine pluviale des 50 mètres supérieurs de roche se trouve là depuis 4 à 40 ans. L'eau plus profonde, pour sa part, est sous terre depuis au moins 20 000 ans. Dans un article publié en 2020, Juerg Matter et Gérard Lods, de l'université de Montpellier, publient leur mesure de la vitesse de déplacement de l'eau dans la roche réalisée en injectant de l'eau dans des forages distants de 15 mètres: il en ressort que l'eau circule facilement d'un trou à l'autre dans les 100 premiers mètres, mais qu'au-delà la perméabilité des roches s'effondre d'un facteur 1000.

L'ensemble de ces observations montre que le taux de carbonatation minérale à Oman est limité par un goulot d'étranglement majeur: l'eau de pluie ne va tout simplement pas plus loin qu'une centaine de mètres, alors que les roches mantelliques omanaises ont une épaisseur moyenne de 3 kilomètres... «Il existe donc un énorme potentiel de carbonatation en profondeur», en déduit Juerg Matter, pourvu que de l'eau chargée en CO₂ puisse d'une manière ou d'une autre pénétrer dans les roches profondes et y circuler rapidement.

Pour surmonter cette difficulté, l'idée serait que des machines de captage direct dotées de grands ventilateurs fasse passer de l'air à travers des absorbants chimiques afin de retirer et de concentrer le dioxyde de carbone atmosphérique; puis d'autres équipements pressuriseraient le gaz et l'enverraient dans un puits de forage. À une profondeur de 1000 à 3000 mètres, le gaz serait mélangé à de l'eau (injectée par un tuyau séparé), et le mélange riche en CO₂ libéré dans les roches mantelliques. S'infiltrant à travers les pores de la roche, l'eau finirait par atteindre un deuxième forage situé à environ 1 kilomètre, et qui ferait office de cheminée de retour. Là, appauvrie en CO₂ elle remonterait à la surface, où elle pourrait se recharger en gaz.

Comme la température de la roche à 3 kilomètres de profondeur est d'environ 100 °C, cela devrait favoriser les réactions chimiques qui, à leur tour, engendreront de la chaleur supplémentaire, qui contribuera à faire remonter l'eau réchauffée dans les cheminées.

En 2020, Peter Kelemen et Amelia Paukert Vankeuren ont publié des calculs suggérant qu'injecter de l'eau modérément chargée en dioxyde de carbone jusqu'à 3 kilomètres de