

Un gâteau marbré

L'analyse chimique de minéraux éclaire les mécanismes de formation de la croûte terrestre et la recette du gâteau marbré.

Les géologues sont friands d'images pâtisseries : ils expliquent la formation et la composition de la croûte terrestre par le modèle du gâteau marbré. En analysant des échantillons rocheux marocains, Francis Albarède et Janne Blichert-Toft, de l'École normale supérieure de Lyon, et Jacques Kornprobst, de l'Observatoire de physique du globe de Clermont-Ferrand, ont précisé la recette, donnée en 1986 par Claude Allègre et Don Turcotte.

La croûte terrestre est composée de plaques solides (océaniques et continentales) qui se déplacent à la surface d'un manteau de roches dont l'état varie selon la température et la pression : solides à la surface du manteau, car la température est trop faible pour compenser la pression, elles sont plus visqueuses en profondeur. Aux dorsales océaniques, qui marquent la limite entre les plaques océaniques adjacentes, des roches en fusion s'échappent, tandis que les deux plaques s'éloignent. À quelques centaines ou milliers de kilomètres de là, une de ces plaques océaniques est bloquée par une plaque continentale : dans certains cas, la plus dense des deux (la plaque océanique) glisse sous l'autre et s'enfonce dans les entrailles de la Terre par un mécanisme nommé subduction (voir la figure ci-dessous). Les

roches rejoignent alors le manteau, et émergeront à nouveau aux dorsales océaniques après quelques millions d'années. Que se passe-t-il dans le manteau ?

La croûte océanique est composée de basalte et de pyroxénites, des roches volcaniques homogènes, mêlés à des péridotites, des silicates de magnésium et de fer, qui constituent le manteau solide.

Le modèle du gâteau marbré, élaboré à partir de l'analyse d'échantillons de laves de volcans marins et de croûte océanique, stipule que les roches de la croûte terrestre, après subduction, sont véhiculées à travers le manteau visqueux par des courants de convection. La pression et la température élevées les transforment en pyroxénites et en basalte qui remontent ensuite vers la surface. Elles se liquéfient lorsque la pression a suffisamment diminué, et se mélangent aux péridotites du manteau lors de l'ascension (voir la figure ci-dessus).

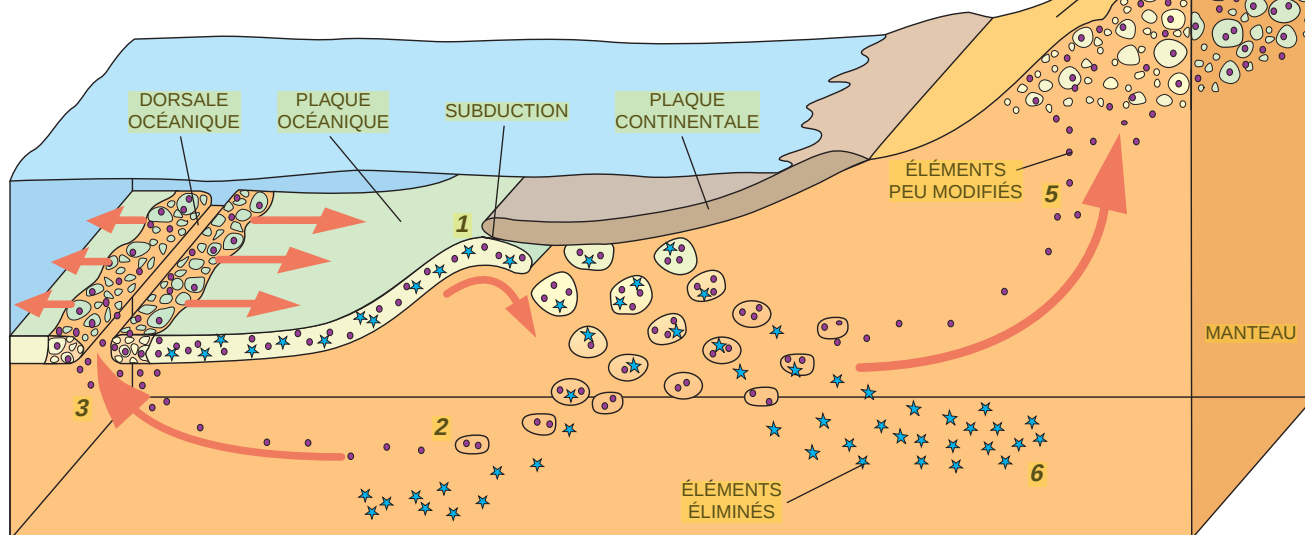
F. Albarède, J. Blichert-Toft et J. Kornprobst ont prélevé et analysé des échantillons du massif de Beni Bousera, au Maroc. Cette région intéresse les géologues à plus d'un titre : la présence de diamants indique que les roches proviennent de plus de 150 kilomètres de profondeur ; de plus, la composition en isotopes de l'oxygène montre qu'elle est un affleurement du manteau à la surface de la Terre. Une aubaine pour les géophysiciens qui disposent ainsi d'une portion du manteau figé et accessible !

Le mélange hétérogène de pyroxénite et de péridotite que l'on trouve dans le massif marocain confirme le modèle du gâteau

marbré. À l'aide d'un spectromètre de masse précis, les trois géophysiciens ont analysé les quantités de deux éléments chimiques présents dans les grenats (des silicates rouges sombres) contenus dans les pyroxénites : le hafnium et le lutétium. Ce dernier se désintègre à une vitesse connue et se transforme en hafnium. Ainsi, les proportions de ces deux éléments ont permis de dater à 25 millions d'années l'émergence du massif marocain.

Toutefois, l'intervalle de variation des quantités de hafnium radioactif dans les différents échantillons prélevés est bien supérieur à celui de tous les autres basaltes étudiés. De plus, l'analyse chimique fine des échantillons a révélé la présence d'éléments chimiques issus de la croûte océanique, qui « survivent » donc aux conditions extrêmes de pression et de température du manteau. Selon les trois géophysiciens, les deux observations montrent que des réarrangements se produisent au sein du manteau : certains éléments sont oubliés lors de l'ascension de la lave, d'autres subissent des transformations incomplètes sans fondre suffisamment pour être intégrés au basalte. Cette sélection s'effectue à 100 kilomètres de profondeur.

Le gâteau marbré n'apparaît plus comme un simple mélange de deux composants. Au contraire, le pâtissier géologue semble exigeant : il trie ses ingrédients et n'en sélectionne que certains.



Les plaques de la croûte terrestre s'enfoncent sous une plaque continentale (subduction) et intègrent le manteau (1) où ils sont comprimés et chauffés. Ils sont transportés par des courants de convection (2) et remontent à la surface en se mélangeant à des

péridotites (3). L'analyse des roches de Beni Bousera (4), au Maroc, a montré que certains constituants de la croûte restent presque intacts après leur passage à travers le manteau (5), tandis que d'autres sont abandonnés pendant l'ascension (6).