

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).

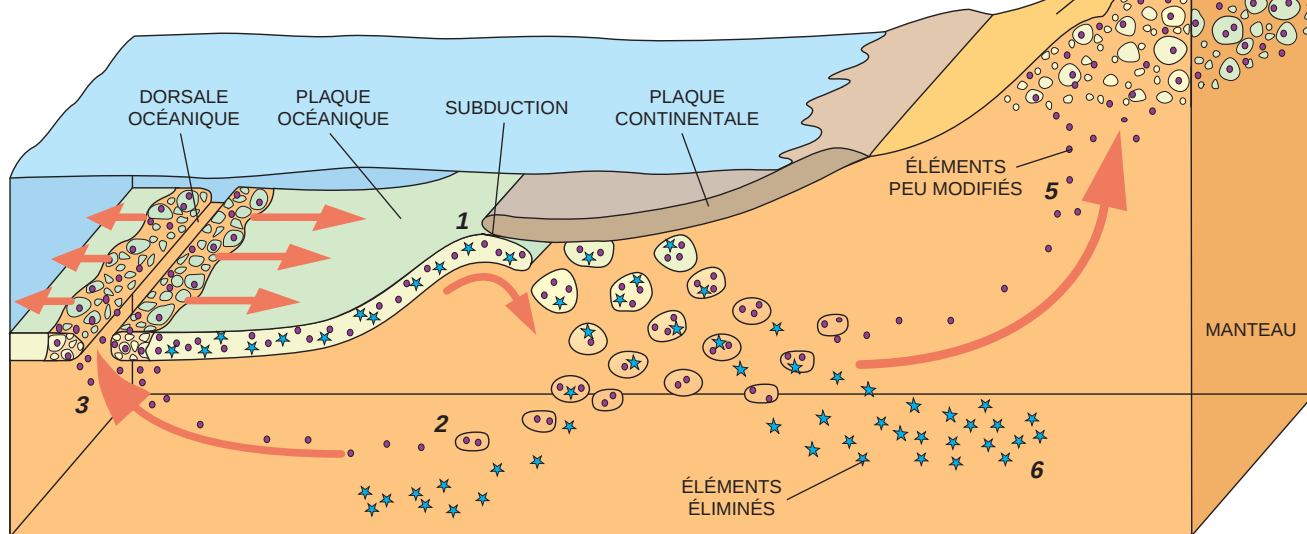
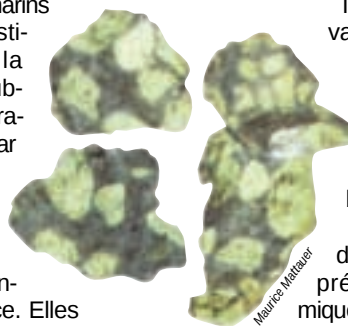
F. Albarède, J. Blichert-Toft et J. Kornprobst ont prélevé et analysé des échantillons du massif de Beni Bousera, au Maroc. Cette région intéresse les géologues à plus d'un titre : la présence de diamants indique que les roches proviennent de plus de 150 kilomètres de profondeur ; de plus, la composition 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).

LA RÉTINOPATHIE DIABÉTIQUE ET LE DOBÉSILATE DE CALCIUM



OM

P H A R M A

■ POUR LA
SCIENCE

Pour prévenir les complications de la rétinopathie diabétique

Des spécialistes réunis lors d'un symposium international à Genève ont montré que le dobésilate de calcium stabilise la progression des complications de la rétinopathie diabétique au niveau de la rétine.

L'un des livres de l'humoriste américaine Phyllis Diller était intitulé *Les agréments de la vieillesse, ou comment les éviter*. Les sociétés pharmaceutiques s'attachent à lutter contre les incapacités liées à l'âge, dont l'importance croît avec l'augmentation de la durée de vie. Ainsi les atteintes à la qualité de vie liées au diabète : en 1995, 100 millions de personnes dans le monde étaient diabétiques et, selon l'Organisation mondiale de la santé, en l'an 2000, la proportion atteindra 10 pour cent de la population dans les pays industrialisés.

La rétinopathie diabétique, la complication la plus fréquente du diabète, est chez ces patients, la principale cause de cécité. Le corps médical ne dispose pas de traitement curatif de la maladie, mais une substance, le dobésilate de calcium commercialisé par la Société OM PHARMA, est aujourd'hui indiquée pour retarder le cours de la maladie et réduire les troubles visuels d'origine vasculaire.

Le diabète de type I touche environ 10 pour cent de la population, souvent des personnes jeunes : ce diabète insulino-dépendant contraint ces personnes à subir des injections régulières d'insuline, l'hormone qu'ils ne produisent plus et qui est indispensable à la normalisation de la concentration en glucose dans l'organisme. Le diabète de type II touche surtout les adultes sujets à l'embonpoint. Il représente 90 pour cent des cas de diabète. Un régime pauvre en glucides et des médicaments suffisent généralement à

normaliser la concentration sanguine en glucose. Toutefois, le traitement par l'insuline finit souvent par être nécessaire.

Les complications du diabète sont nombreuses : troubles de la vue et du système cardio-vasculaire, notamment, altérations du système nerveux et des reins. Les maladies coronariennes sont quatre fois plus nombreuses chez les femmes diabétiques que dans la population générale (deux fois chez les hommes).

Une personne diabétique sur deux environ finit par souffrir de rétinopathie diabétique et le risque augmente avec l'âge. Cette maladie résulte d'une détérioration de la rétine, laquelle est constituée d'une zone centrale, la macula, où la perception visuelle est maximale, et d'une zone périphérique (qui représente 95 pour cent de la surface de la rétine). Cette dernière zone est responsable de la vision périphérique. En revanche, la vision des couleurs et des détails, la reconnaissance des visages, ou celle des lettres est assurée par la macula.

NÉOVAISSEAUX ET EXSUDATS

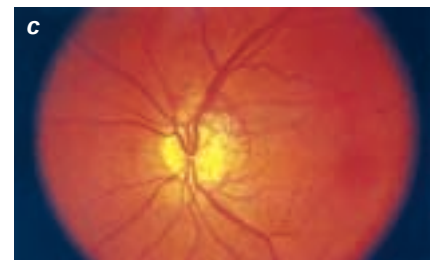
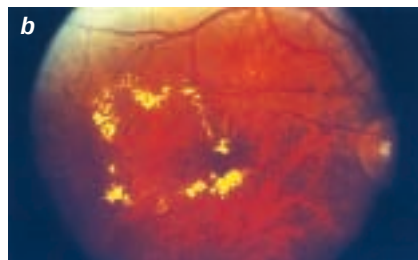
L'intégrité du système circulatoire des diabétiques est menacée par l'excès de sucre. Les petits vaisseaux qui sillonnent la rétine sont normalement étanches, mais, chez les diabétiques, la paroi de ces vaisseaux perd son imperméabilité et du liquide, plasma ou sang, s'en échappe. Les liquides s'infiltrent dans la rétine, dont le fonctionnement est perturbé ; l'acuité visuelle

diminue. C'est la rétinopathie diabétique non proliférative, la forme la plus fréquente de cette affection.

Outre ces accumulations de fluide, certains capillaires qui sillonnent la rétine se ferment, de sorte que la rétine, dont le bon fonctionnement dépend d'un approvisionnement adéquat en éléments nutritifs, est asphyxiée. De nouveaux vaisseaux se forment, qui tentent de compenser l'anomalie. Malheureusement, ils sont anormaux, c'est-à-dire qu'ils ne sont pas étanches : les « fuites » s'intensifient. Au cours de cette phase de la maladie, la rétinopathie diabétique pré-proliférative, le fluide qui s'échappe des microvaisseaux s'accumule dans la macula et dans le vitré, la masse visqueuse transparente située entre le cristallin et la rétine.

Enfin, au stade ultime, les œdèmes se multiplient : c'est la rétinopathie proliférative. On constate alors l'obstruction de nombreux vaisseaux, des hémorragies dans le vitré et des décollements de rétine : le sang coagule et des tissus cicatriciels se forment ; ancrés sur la surface postérieure du vitré et sur la rétine, ils exercent une traction qui finit par déformer la rétine. De tels décollements de la rétine sont responsables de cécité : aussi, les néovaisseaux et les tissus cicatriciels doivent être éliminés.

Les exsudats localisés en périphérie dégradent peu la vision. Quand le sang s'accumule au centre de la rétine, les images sont brouillées, déformées et assombries. Généralement, les deux yeux sont touchés, parfois à des degrés divers. Lorsque la macula est lésée des deux



Au cours d'une rétinopathie diabétique, l'aspect de la rétine évolue. Par rapport à une rétine normale (a), on constate une multiplication des vaisseaux, lesquels sont anormaux : du sang s'en

échappe (b, les exsudats apparaissent en jaune) et la rétine s'épaissit. Au stade de la rétinopathie proliférative, les néovaisseaux se multiplient (c).