

COMMUNIQUÉ DE PRESSE

Grenoble, le 16 juillet 2019

Tectonique des plaques : le recyclage de la croûte dans le manteau profond aurait commencé il y a 3,3 milliards d'années

Le recyclage global de croûte océanique depuis la surface de la Terre jusqu'au manteau profond, puis son retour à la surface, est l'une des principales caractéristiques de la tectonique des plaques, qui rend notre planète unique dans le système solaire. Le début de ce processus au cours des 4,5 milliards d'années d'évolution de la Terre est matière à débat. Dans un nouvel article publié dans *Nature*, une équipe internationale composée de chercheurs français du laboratoire ISTerre (UGA/CNRS/Université Savoie Mont Blanc/IRD/Ifsttar) et du CRPG (CNRS/Université de Lorraine), en collaboration avec des chercheurs russes, allemands, sud-africains et américains présente des preuves géochimiques que ce recyclage a commencé il y a au moins 3,3 milliards d'années, beaucoup plus tôt que ce qui était généralement admis jusqu'à présent.

Au début des années 2000, Wilde et al (*Nature* 2001) et Mojzsis et al (*Nature* 2001) ont démontré que l'eau de mer était présente à la surface de la Terre depuis 4,4 milliards d'années. La réaction de l'eau de mer avec les roches de la croûte terrestre produit des minéraux hydratés, tels que la serpentine, qui contiennent du chlore. Lorsque ces minéraux sont transportés dans le manteau profond, l'augmentation de la pression et de la température les déshydrate, c'est-à-dire qu'ils se transforment en d'autres minéraux, moins hydratés. Ils relâchent ainsi une grande partie de leur eau et du chlore (Figure 1). La concentration en eau et chlore dans les minéraux issus de cette déshydratation reste cependant un ordre de grandeur plus élevée que dans les minéraux typiques du manteau. De plus, pendant la déshydratation, le deutérium (D), l'isotope lourd de l'hydrogène, quitte la roche et s'échappe dans le fluide aqueux tandis que l'isotope léger de l'hydrogène (^1H) reste dans la structure minérale. La déshydratation modifie donc la composition isotopique de l'hydrogène, en diminuant considérablement le rapport D/ ^1H des roches déshydratées. Par conséquent, le transport de ces roches déshydratées de la croûte terrestre vers le manteau profond devrait introduire une signature chimique unique : des teneurs élevées en chlore et en eau et une composition isotopique d'hydrogène appauvrie en deutérium.

Les magmas dérivés de la fusion du manteau terrestre sont les meilleurs outils permettant d'étudier la composition du manteau, y compris sa teneur en eau et chlore. Les komatiites sont des magmas très

chauds, formés principalement pendant l'Archéen (de -4 à -2,5 milliards d'années) et produits par des taux de fusion du manteau exceptionnellement élevés. En cela, les komatiites reflètent au mieux la composition du manteau source. Tous les échantillons de komatiite ont été altérés par des processus postmagmatiques et ne contiennent donc pas d'informations sur les éléments volatils que sont l'eau et le chlore. Mais ces roches contiennent des reliques d'un minéral, l'olivine (silicate de magnésium et de fer), qui à son tour contient des inclusions de liquide magmatique piégées pendant sa cristallisation. Ces inclusions vitreuses, d'un diamètre de quelques dizaines de micromètres seulement, conservent des informations sur la composition des magmas archéens, et notamment leur teneur en chlore, eau, et leur rapport D/¹H. Pour accéder à ces informations géochimiques, il faut d'abord homogénéiser ces inclusions en les faisant fondre, puis les refroidir brutalement à haute température pour produire du verre pur. Leur analyse est ensuite possible afin de déterminer leur composition chimique et isotopique grâce à des microsondes électroniques, des spectromètres de masse à ablation laser et des microsondes ioniques.

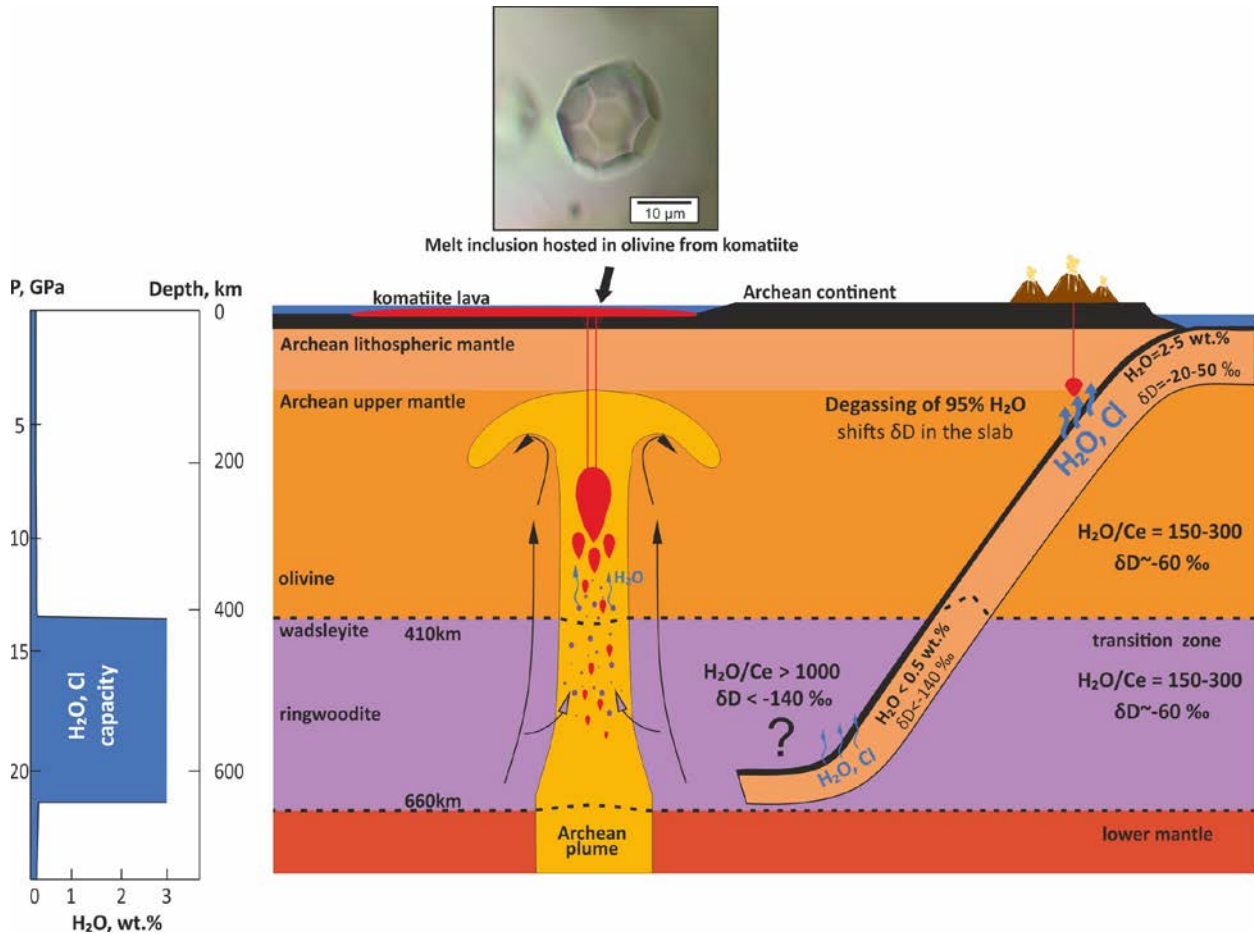
En 2016, un groupe international dirigé par des scientifiques d'ISTerre a étudié les inclusions vitreuses d'olivine de komatiites de la ceinture de l'Abitibi au Canada, datées à 2,7 milliards d'années (Sobolev et al., *Nature* 2016). Ils ont obtenu les premières analyses des concentrations d'eau et d'éléments mobiles dans les fluides aqueux (Rb, Ba, Cl, Pb, Sr) dans les magmas komatiitiques et ont utilisé ces résultats comme preuve d'une teneur élevée en eau et en chlore dans les couches profondes du manteau pendant le Néoarchéen (de -2,8 à -2,5 milliards d'années) Ils ont ainsi proposé l'existence d'un réservoir profond dans le manteau contenant quelques milliers de parties par million d'eau dans des polymorphes haute pression de l'olivine. Cette eau peut s'être accumulée lors de l'accrétion primordiale de la Terre ou avoir été introduite dans le manteau lors de la subduction précoce d'une croûte altérée par l'eau de mer, qui est ensuite restée piégée dans la zone de transition.

Dans le nouvel article de *Nature* (Sobolev et al., 2019), le même groupe rapporte son étude d'inclusions vitreuses dans les olivines de komatiites de la ceinture de Barberton en Afrique du Sud, datées à plus de 3,3 milliards d'années. Cette étude montre que le réservoir hydraté profond est présent dans la Terre depuis au moins le Paléo-archéen (entre -3,6 et -3,2 milliards d'années), c'est à dire 600 millions d'années avant les estimations précédentes. Cette étude présente également les premières données de composition isotopique de l'hydrogène de magmas archéens, permettant ainsi de lever l'ambiguïté concernant l'origine du réservoir hydraté. Les rapports D/¹H des inclusions vitreuses dans les olivines de la ceinture de Barberton sont très faibles et correspondent donc à la croûte océanique déshydratée (Figure 1). Combinées aux teneurs élevées en eau et en chlore, ces résultats prouvent que le recyclage dans le manteau de la croûte altérée par l'eau de mer a commencé il y a moins de 3,3 milliards d'années.

Bibliographie

Sobolev, A. V., Asafov, E. V., Gurenko, A. A., Arndt, N. T., Batanova, V. G., Portnyagin, M. V., Garbe-Schonberg, D., Wilson, A. & Byerly, G. R. Deep hydrous mantle reservoir provides evidence for crustal recycling before 3.3 billion years ago. *Nature* **571**, published on-line doi: 10.1038/s41586-019-1399-5 (July 15, 2019). <https://www.nature.com/articles/s41586-019-1399-5>

Figure 1. Schéma illustrant l'apport d'eau et de chlore dans le manteau par la croûte océanique archéenne altérée, leur transport jusqu'à la zone de transition, et leur échantillonnage par un panache



archéen chaud. La croûte océanique contient une croûte (noire) altérée par l'eau de mer et donc enrichie en chlore et en H₂O, eau qui présente des rapports élevés de deutérium (D) sur hydrogène (¹H) exprimés en δD (écart du rapport D/¹H, en parties pour mille, ‰, par rapport au rapport standard de l'eau de mer moderne). La croûte se déshydrate pendant la subduction, perdant une grande partie du Cl et de H₂O, caractérisé par un rapport D/¹H élevé. Le reste du Cl et H₂O, avec un faible rapport D/¹H, est transporté jusqu'à la zone de transition (violet), où ces éléments sont incorporés à la ringwoodite et wadsleyite, des polymorphes de haute pression de l'olivine. Ceci crée un manteau caractérisé par des teneurs élevées en H₂O et Cl et un faible δD. Le panache (jaune), partiellement fondu (les petites formes rouges schématisent les magmas), traverse la zone de transition et entraîne la matière hydratée qui s'y trouve (formes violettes). L'introduction de l'H₂O et du Cl dans le panache, ce qui accélère sa fusion (formes rouges plus grandes) en raison de l'effet positif connu de l'H₂O sur la fusion des silicates. La remontée du panache se poursuivant, davantage de liquide est produit lors de la décompression (grandes formes rouges), le magma se séparant ensuite du manteau source pour produire les laves komatiitiques. Figure créée par E. Asafov.

À PROPOS

L'Université Grenoble Alpes – UGA

Grande université pluridisciplinaire, l'UGA représente un acteur majeur de l'enseignement supérieur et de la recherche en France. Dans un monde de plus en plus compétitif, l'UGA a pour ambition de mieux répondre à l'ensemble des défis posés aux universités par le monde d'aujourd'hui et de demain, et d'être encore plus visible et attractif à l'international. Grâce à ses **82** laboratoires, en partenariat avec les organismes de recherche et les grandes écoles du site, la recherche à l'UGA gagne en interdisciplinarité pour être à la pointe de l'innovation. Son offre de formation couvre également l'ensemble des champs disciplinaires. L'UGA est aujourd'hui en mesure de proposer à ses **46 000** étudiants des formations transversales et de faciliter les passerelles entre les diplômés.

<https://www.univ-grenoble-alpes.fr>

Le CNRS

Le Centre national de la recherche scientifique est le principal organisme public de recherche en France et en Europe. Il produit du savoir pour le mettre au service de la société, innove et crée des entreprises. Avec près de 32 000 personnes, un budget de 3,4 milliards d'euros et une implantation sur l'ensemble du territoire national, le CNRS exerce son activité dans tous les champs de la connaissance, en s'appuyant sur plus de 1100 laboratoires. Avec 22 lauréats du prix Nobel et 12 de la Médaille Fields, le CNRS a une longue tradition d'excellence. Le CNRS mène des recherches dans l'ensemble des domaines scientifiques, technologiques et sociétaux : mathématiques, physique, sciences et technologies de l'information et de la communication, physique nucléaire et des hautes énergies, sciences de la planète et de l'Univers, chimie, sciences du vivant, sciences humaines et sociales, environnement et ingénierie.

www.cnrs.fr

Contact presse

Muriel Jakobiak-Fontana

Directrice adjointe communication de l'Université Grenoble Alpes

muriel.jakobiak@univ-grenoble-alpes.fr

Tél. 06 71 06 92 26

Contact chercheur

Alexander Sobolev

Professeur à l'Université Grenoble Alpes

alexander.sobolev@univ-grenoble-alpes.fr

Tél. 04 76 51 41 08