

PAS D'OCEAN-CACHE DANS LE NOYAU TERRESTRE !

Déterminer la composition chimique du noyau terrestre est un grand défi que les scientifiques essaient de surmonter depuis plusieurs décennies. L'hydrogène est par exemple considéré comme un élément sidérophile (accompagnant le fer lors de la formation du noyau), mais sa teneur dans le noyau reste très incertaine. Des chercheurs du Laboratoire Magmas et Volcans (UCA, OPGC, CNRS / IRD / UJM), du Laboratoire d'Etude des Eléments Légers - CEA/Saclay (LEEL, NIMBE, CEA, CNRS, Université Paris-Saclay) et de l'Institut de Minéralogie, de Physique des Matériaux et Cosmochimie (IMPMC, CNRS, Université Paris-Sorbonne) ont étudié le comportement de l'hydrogène en recréant en laboratoire les conditions ayant régné lors de la formation du noyau terrestre. Son partage entre l'alliage métallique riche en fer et le silicate a été mesuré à haute pression et haute température (5 - 20 GPa, 1700 - 2500°C), pour des quantités raisonnables d'H₂O (< 1.5 % poids), à l'aide de la presse multi-enclume du LMV. Les résultats montrent que l'hydrogène se comporte comme un élément lithophile (préfère rester dans la partie silicatée), et que seule une quantité infime d'hydrogène incorpore le noyau des planètes telluriques lors de la ségrégation noyau-manteau. Cela favorise un manteau et une atmosphère précoces riches en eau. Ces résultats sont publiés dans la revue *Science Advances* le 16 mars 2018.

Les planètes telluriques, telles que la Terre et Mars, sont différenciées : elles possèdent en leur centre un noyau métallique composé essentiellement de Fer. Il est entouré d'un manteau rocheux (silicaté). Ce noyau s'est formé dans les premiers millions d'années de l'accrétion planétaire, lorsque ces planètes étaient encore très chaudes et couvertes par un océan magmatique de plusieurs centaines de kilomètres de profondeur. Dans cet océan magmatique, les particules de métal plus denses ont naturellement ségréguées pour former le noyau. Au cours de sa descente, le métal s'est équilibré avec les silicates liquides et a incorporé un certain nombre d'éléments légers, tels que l'oxygène, le silicium, le soufre, ainsi que potentiellement l'hydrogène. A ce jour, l'abondance des différents éléments légers dans les noyaux planétaires restent méconnue.

Pour étudier le comportement de l'hydrogène, les chercheurs ont recréé expérimentalement les conditions de formation du noyau à haute pression et à haute température. Les concentrations en hydrogène dans le silicate et dans le métal ont été déterminées avec précision à l'aide d'une microsonde nucléaire en utilisant la technique ERDA (Elastic Recoil Detection Analysis). Dans les silicates, ces analyses ont été confirmées par la spectroscopie infra-rouge (FTIR - Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy). Les analyses montrent que l'hydrogène est moins sidérophile que d'autres éléments légers comme le silicium, l'oxygène, le carbone ou le soufre. Le partage de l'hydrogène entre les phases métal et silicate ($D_H = \text{poids}\% \text{ dans le métal} / \text{poids}\% \text{ dans le silicate}$) est compris entre 10^{-2} et 8×10^{-1} , en net contraste avec les résultats antérieurs montrant un D_H d'environ 10. L'explication de cette différence réside dans le fait que cette nouvelle étude a été réalisée avec des teneurs en H₂O bien plus représentatives de la formation des noyaux planétaires que les études antérieures, et pour des alliages de fer contenant les éléments légers importants dans les noyaux planétaires.

En se basant sur les teneurs en hydrogène les plus élevées des matériaux météoritiques ayant participé à l'accrétion terrestre, cette étude conclue que la concentration en hydrogène dans le noyau doit être inférieure à 70 ppm. De ce fait, le manteau contient l'essentiel de l'hydrogène disponible après la ségrégation du noyau. Cet hydrogène est alors inclus dans le magma et peut éventuellement être relâché en surface pour la formation d'une atmosphère riche en H₂ ou H₂O.

Source: V. Clesi, M.A. Bouhifd, N. Bolfan-Casanova, G. Manthilake, F. Schiavi, C. Raepsaet, H. Bureau, H. Khodja & D. Andrault (2018) Low hydrogen contents in the core of terrestrial planets, Science Advances, doi:10.1126/sciadv.1701876

Contacts: Vincent Clesi (vincent.clesi@uca.fr) et Mohamed Ali Bouhifd (mohamed_ali.bouhifd@uca.fr), Laboratoire Magmas et Volcans

Légende: A droite, l'image de microscopie électronique à balayage montre un échantillon préparé à 5 GPa et 2000 °C. L'hydrogène intègre préférentiellement le silicate (matrice grise) lors de la mise en équilibre avec le métal (billes claires). Par conséquent, une quantité très faible d'hydrogène, avec un maximum estimé à 77 ppm, devrait intégrer le noyau lors de la ségrégation noyau-manteau dans les planètes telluriques.

