



Mars

Diamètre équatorial : 6 792 km
Distance au Soleil : environ
227 millions de km
Période de révolution : 686,98 jours

EN CHIFFRES

98 %

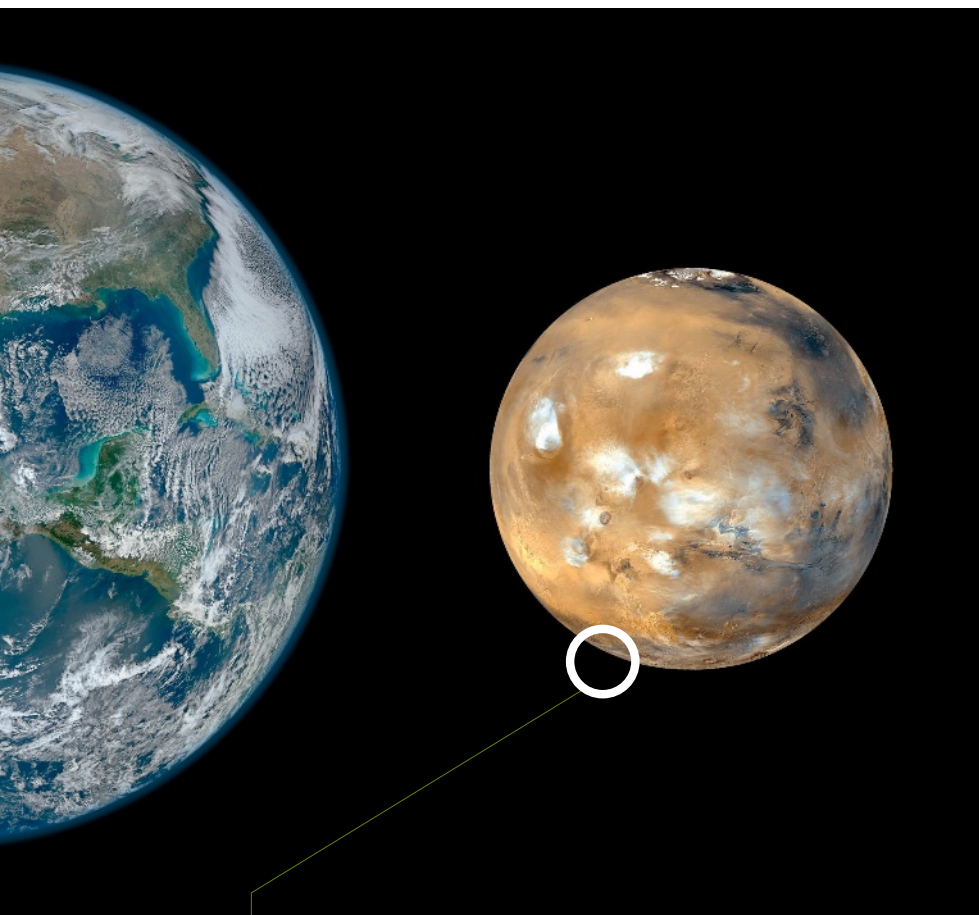
Le corps humain est composé de 65 % d'eau : un homme de 70 kilogrammes contient 45 litres d'eau. Mais chez la plupart des méduses, la proportion d'eau monte à 98 %. De tels animaux peuvent être vus comme de l'eau structurée par quelques molécules organiques.

1 338 millions

Le volume des mers et océans est d'environ 1 338 millions de kilomètres cubes d'eau, soit l'équivalent de quelque 535 200 piscines olympiques.

24

La glace VII remontée dans une inclusion de diamant provenant de 600 kilomètres de profondeur est restée à une pression de 24 gigapascals ($2,4 \times 10^5$ bars). À titre comparatif, la pression dans la fosse des Mariannes, à 10 kilomètres de profondeur dans l'océan Pacifique, est de 100 mégapascals (1 000 bars), et de 380 gigapascals ($3,8 \times 10^5$ bars) au centre de la Terre.



On estime que dans sa jeunesse, il y a environ 4 milliards d'années, Mars comportait au moins 20 millions de kilomètres cubes d'eau. La planète aurait perdu 87 % de son eau dans l'espace.

vent solaire à haute énergie. La Terre a failli subir le même sort. En effet, dans la haute atmosphère, les molécules de dihydrogène se séparent en deux atomes d'hydrogène sous l'effet du vent solaire. Ces derniers, très légers, sont rendus si rapides par l'agitation thermique que l'attraction terrestre ne peut les retenir et ils s'échappent dans l'espace.

GARDER SON EAU

On estime que cet effet, nommé « échappement de Jeans », est responsable d'environ 10 à 40 % de la fuite actuelle d'hydrogène de la Terre. Aujourd'hui, cette fuite reste faible, car le principal gaz porteur d'hydrogène, la

vapeur d'eau, se condense dans la basse atmosphère et retombe sous forme de précipitations.

Mais à la suite de l'oxygénation massive de l'atmosphère, il y a entre 2,4 et 2,2 milliards d'années, attribuée en partie à l'émergence d'organismes photosynthétiques (des cyanobactéries), c'est du dihydrogène, plus léger, qui a été produit en quantité : le dioxygène de l'air a massivement oxydé le fer des roches basaltiques, et l'eau et le dioxyde de carbone ont réagi avec l'oxyde ferreux ainsi formé. Cette réaction a cassé les molécules d'eau et, tandis que l'oxygène était capté dans des carbonates (de sodium, potassium, calcium...), du dihydrogène s'est libéré et aurait dû quitter l'atmosphère terrestre. Des géologues ont calculé qu'un tel processus aurait épuisé l'eau terrestre en un milliard d'années. Mais rien de tel n'est arrivé, car les organismes photosynthétiques remettaient dans l'atmosphère de l'oxygène qui, en se combinant à l'hydrogène libre, a reformé des molécules d'eau.

Ainsi, si la présence d'eau liquide sur la planète Terre a rendu possible l'apparition de la vie, ce sont bel et bien des organismes photosynthétiques qui ont permis la conservation des océans et annihilé un funeste destin martien. Ce mécanisme s'est même probablement mis en place très tôt dans l'histoire terrestre, car des stromatolithes – des roches calcaires que construisent les cyanobactéries – attestent de la présence de



Hervé Le Guyader
a récemment publié :
**Biodiversité, le pari
de l'espoir**,
(Le Pommier, 2020).

> ces organismes il y a au moins 3,5 milliards d'années, c'est-à-dire peu après le refroidissement du globe et la fin du grand bombardement tardif d'astéroïdes.

DE L'EAU DANS UN DIAMANT

Pas de vie sans eau et pas d'eau pérenne sans vie, donc. Mais ce n'est pas tout, car on s'aperçoit que l'eau est aussi indispensable à l'activité de la Terre. La tectonique des plaques semble être une originalité de la dynamique terrestre. Entraînés par des courants de convection du manteau, la croûte lithosphérique et les continents se déplacent de quelques centimètres par an, ce qui est considérable à l'échelle des temps géologiques. Depuis cette découverte il y a un demi-siècle, les géologues ont reconstitué l'histoire de cette dérive des continents qui a continuellement modelé la surface terrestre. Par exemple, après la fragmentation du continent du Gondwana, à partir du Jurassique supérieur (il y a entre 161 et 145 millions d'années), l'Inde a migré et, entrant en collision avec l'Asie il y a 45 millions d'années, a provoqué la surrection de l'Himalaya.

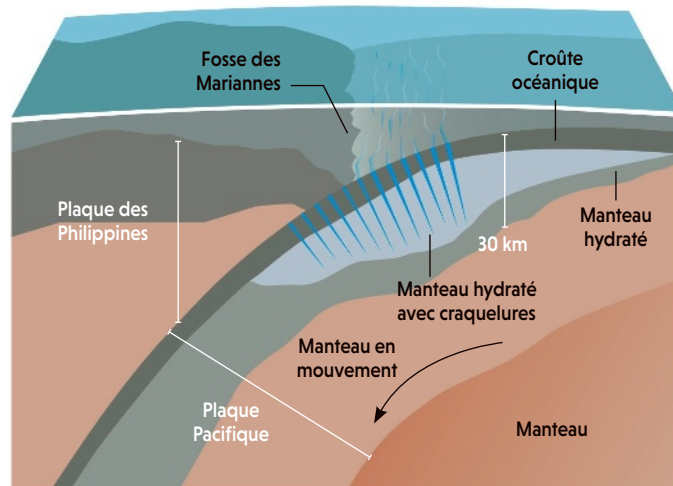
Or, dès 1990, en comparant Vénus et la Terre, deux géologues de l'université de Newcastle, au Royaume-Uni, Z. U. Mian et D. C. Tozer, ont avancé que, sans eau, il n'y aurait pas de tectonique des plaques, car celle-ci, en hydratant les roches, lubrifie les plaques lithosphériques, qui peuvent alors coulisser. De nombreuses études de mécanique et de rhéologie se sont ensuivies. Toutes ont appuyé cette première conclusion.

Si les plaques lithosphériques sont hydratées, une importante masse d'eau doit être entraînée dans le manteau. Quelle quantité? Suivant quel cycle? Car une partie de cette eau revient à la surface lors des éruptions volcaniques. En 2012, Marc Hirschmann et David Kohlstedt, de l'université du Minnesota, ont avancé une première estimation. Ils ont calculé que le manteau terrestre contiendrait au moins 2,5 fois la masse d'eau des mers et océans.

Par ailleurs, deux études parues en 2018 donnent un nouvel éclairage. L'équipe réunie par Oliver Tschauner, de l'université du Nevada, a décelé, dans un diamant, de l'eau sous une forme cristalline particulière, la glace VII. Or cette dernière n'apparaît que sous une formidable pression. D'après les caractéristiques spectroscopiques de l'inclusion de glace VII et du diamant, il s'agirait des restes d'un fluide aqueux qui aurait été piégé sous forme liquide dans le diamant

PAS DE TECTONIQUE SANS EAU

Lors de la subduction de la plaque Pacifique sous la plaque des Philippines au niveau de la fosse des Mariannes, l'eau migre par les craquelures et réagit avec les minéraux du manteau pour former des régions hydratées qui sont entraînées dans les profondeurs de la Terre. La plaque Pacifique contient ainsi bien plus d'eau qu'on ne le pensait.



durant sa croissance, à une profondeur de plus de 600 kilomètres, puis aurait cristallisé au cours de la remontée du diamant. Cette inclusion prouve donc la présence d'eau à la limite du manteau supérieur et du manteau inférieur, une région si proche du noyau qu'on ne pensait pas y déceler d'eau.

Parallèlement, l'équipe de Chen Cai, de l'université Washington à Saint-Louis, aux États-Unis, a réussi à mesurer la quantité d'eau entraînée dans le manteau au niveau de la zone de subduction de la fosse des Mariannes, près de l'île de Guam, à l'ouest de l'océan Pacifique: le flux est trois fois supérieur à celui antérieurement estimé – un argument de poids en faveur d'un rôle clé de l'eau dans la tectonique des plaques.

Ainsi, l'eau, nécessaire à la vie, l'est aussi pour la dérive des continents. Or cette dynamique autorise un perpétuel changement des conditions physicochimiques de la Terre propice à l'évolution biologique: des continents se sont divisés, d'autres se sont rapprochés, de nouveaux courants océaniques sont apparus à mesure que le Gondwana se scindait. Tous ces éléments ont créé une diversité d'environnements qui a favorisé la diversité du vivant. Et ce fragile équilibre se poursuit... tant que le Soleil ne brille pas encore trop. ■

BIBLIOGRAPHIE

C. Cai et al., **Water input into the Mariana subduction zone estimated from ocean-bottom seismic data**, *Nature*, vol. 563, pp. 389-392, 2018.

O. Tschauner et al., **Ice-VII inclusions in diamonds: Evidence for aqueous fluid in Earth's deep mantle**, *Science*, vol. 359, pp. 1136-1139, 2018.

M. Hirschmann et D. Kohlstedt, **Water in Earth's mantle**, *Physics Today*, vol. 65(3), pp. 40-45, 2012.

D. Catling et K. Zahnle, **Comment les planètes perdent leur atmosphère**, *Pour la Science*, n° 383, pp. 32-39, septembre 2009.

Z. U. Mian & D. C. Tozer, **No water, no plate tectonics: Convective heat transfer and the planetary surfaces of Venus and Earth**, *Terra Nova*, vol. 2, pp. 455-459, 1990.