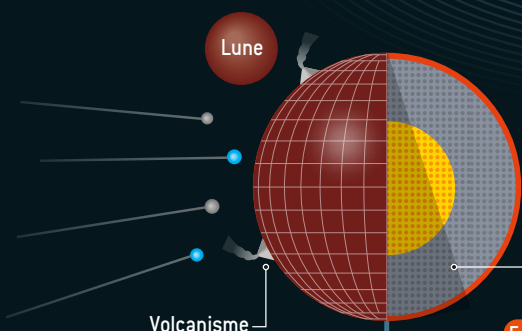
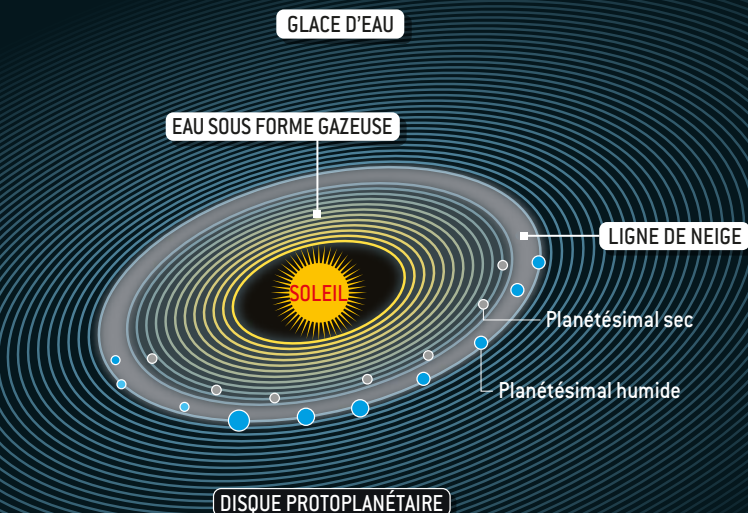


La Terre n'a pas toujours été une planète bleue. Elle est née il y a environ 4,5 milliards d'années en accréant de la matière dans un disque de gaz et de poussière en rotation autour du jeune Soleil. Ce disque était riche en hydrogène et en oxygène, les éléments de l'eau (H_2O). De l'eau s'est formée mais elle était, pour l'essentiel, reléguée aux régions froides du disque externe, au-delà de la « ligne de neige », où elle se trouvait sous forme de glace.

Au sein du disque, la Terre a subi des collisions violentes avec des briques planétaires nommées planétésimaux. Certains, provenant du voisinage du Soleil, étaient secs, mais d'autres, issus de l'extérieur de la ligne de neige, étaient humides, constituant pour notre jeune planète un premier apport d'eau.

Pour en arriver aux océans d'aujourd'hui, de nombreuses étapes ont été nécessaires. Les chercheurs s'accordent sur les grandes lignes du scénario, mais ils débattent encore des détails – par exemple, de savoir si ce sont les comètes ou les astéroïdes qui ont livré le plus d'eau à la Terre.



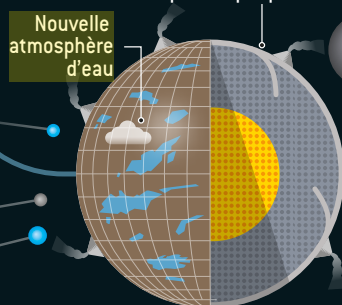
4 CONSÉQUENCES

La Terre est maintenant sèche et se remet lentement de l'impact qui a formé la Lune. Les volcans et des impacteurs (corps heurtant la Terre) reconstituent peu à peu l'atmosphère.

5 REFROIDISSEMENT

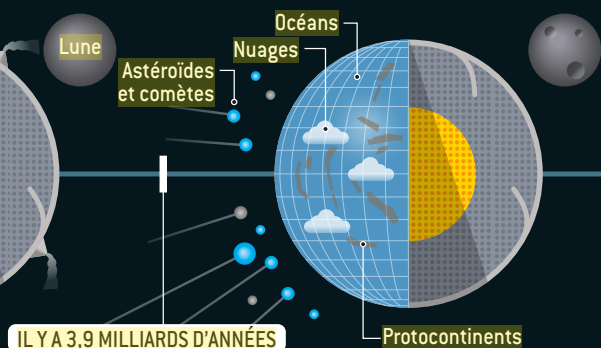
L'eau des impacteurs et du dégazage des volcans forme de petites mers à la surface de la Terre qui se refroidit.

La tectonique des plaques s'amorce



6 LIVRAISON TARDIVE

Une giboulée de planétésimaux résiduels (mélange d'astéroïdes et de comètes) s'abat sur la planète en provenance du Système solaire externe, riche en eau. Le ciel, rempli de vapeur d'eau, donne naissance aux océans.



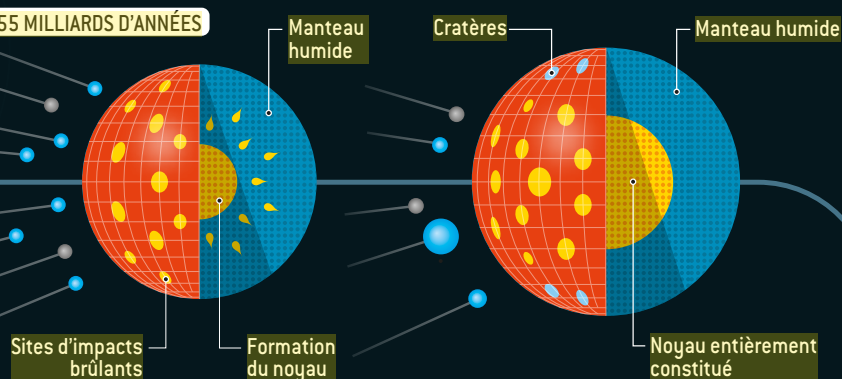
1 DÉMARRAGE À CHAUD

La Terre est à l'état fondu en raison de la chaleur libérée lors de sa formation, mais elle conserve une part d'eau dans le manteau.

2 PROTO-TERRE

La planète grossit au fil des bombardements par les planétésimaux et son noyau se forme à partir des éléments lourds qui s'accumulent vers le centre. La majeure partie de l'eau se trouve dans le manteau sous forme de minéraux hydratés, bien qu'il en subsiste une partie à la surface quand la planète se refroidit.

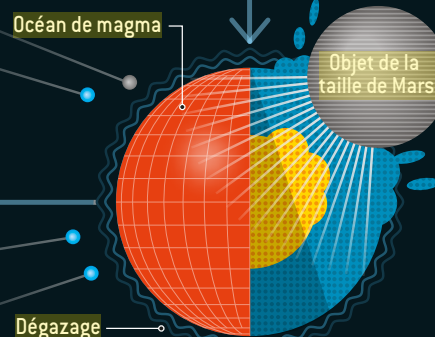
IL Y A 4,55 MILLIARDS D'ANNÉES



IL Y A 4,47 MILLIARDS D'ANNÉES

3 NAISSANCE DE LA LUNE

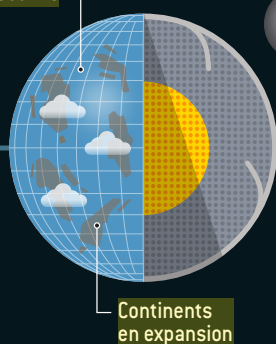
Un impact géant secoue la planète jusqu'au noyau, soufflant son atmosphère, perturbant le manteau et expédiant une grande partie de l'eau de la Terre dans l'espace. La Lune se forme à partir des débris rocheux.



7 DE LA PLANÈTE OCÉAN...

Le bombardement terminé, la planète se refroidit. Les continents continuent à s'étendre, nourris par le matériau que déversent les volcans sous-marins.

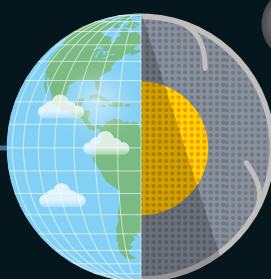
Océans



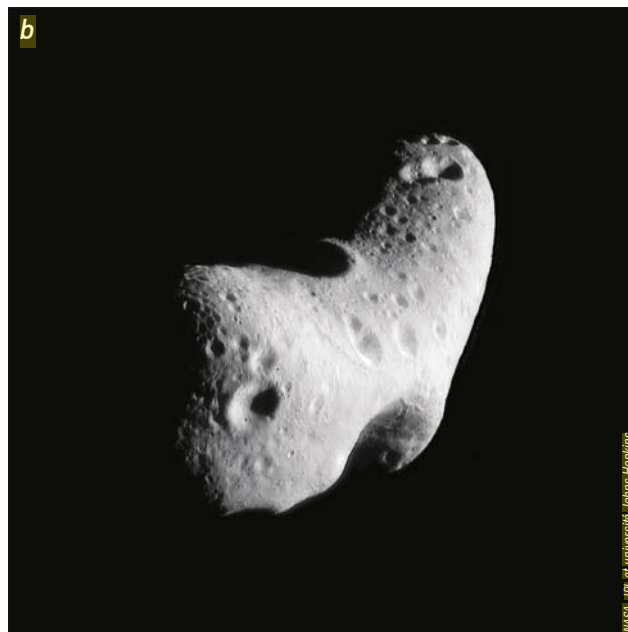
8 ... À LA PLANÈTE TERRE

Les continents et océans, parvenus à maturité, confèrent désormais à la Terre l'aspect qui nous est familier.

AUJOURD'HUI



NASA



entière : comment l'eau qui nous entoure est-elle arrivée sur Terre ?

Au début de sa formation, la Terre, comme les autres planètes rocheuses, a présenté une surface au moins partiellement fondue pendant quelques dizaines de millions d'années. Cette fusion est le résultat de l'importante énergie insufflée à la planète par les nuées de planétésimaux grands comme des montagnes qui s'abattaient sur elle. Il existe des preuves géochimiques que l'océan de magma de la Terre contenait de l'eau ; mais la roche brûlante en fusion ne conserve pas bien celle-ci, et une grande partie de l'humidité de la proto-Terre et des planétésimaux a été libérée sous forme de gaz ionisé et de vapeur. Une partie de l'eau se serait perdue dans l'espace, tandis qu'une certaine quantité serait retombée sur la Terre lors de son refroidissement et aurait été à nouveau emprisonnée dans la roche avant d'être entraînée en profondeur dans le manteau.

Par la suite, d'autres impacts gigantesques auraient encore modifié la teneur en eau de la surface et à faible profondeur. En particulier, la Terre semble être entrée en collision avec un objet (que les astrophysiciens ont nommé Théia) de la taille de Mars il y a environ 4,5 milliards d'années, éjectant un panache de matériau qui s'est refroidi puis aggloméré pour former la Lune. L'énergie de cet impact aurait soufflé une grande partie de l'atmosphère, vaporisé en un instant les éventuels océans d'eau et produit un

océan de magma de plusieurs kilomètres de profondeur. Que la Terre ait été pourvue d'eau ou non, le formidable choc de cet impact aurait vidé la planète de pratiquement toute son eau primordiale.

Des comètes riches en glace d'eau

Les chercheurs étudient donc d'où l'eau est venue après la formation du système Terre-Lune et son refroidissement. On sait depuis les années 1950 que les comètes sont riches en glace d'eau, et qu'elles pénètrent dans le Système solaire interne en provenance de deux vastes réservoirs situés dans le Système solaire externe : la ceinture de Kuiper (qui commence autour de l'orbite de Pluton, voir la figure pages 30-31) et le nuage d'Oort (beaucoup plus lointain que la ceinture de Kuiper et qui s'étend peut-être jusqu'à mi-chemin de l'étoile la plus proche). Beaucoup de chercheurs ont donc supposé que les comètes étaient la principale source de l'eau terrestre.

Toutefois, cette idée a été mise en difficulté à partir des années 1980, quand des astronomes ont effectué les premières mesures du rapport deutérium/hydrogène (D/H) sur les comètes du nuage d'Oort. Le deutérium est un isotope de l'hydrogène (son noyau contient un proton et un neutron), et sa prévalence rapportée à celle de l'hydrogène normal (noyau à un proton) est un marqueur utile pour déterminer l'histoire d'un objet. Si l'océan de la

Terre était constitué de l'eau de comètes, son rapport D/H devrait correspondre environ à celui des comètes que nous observons aujourd'hui. Or les comètes du nuage d'Oort présentent des rapports D/H deux fois supérieurs à ceux de l'eau de mer ordinaire. L'essentiel de l'eau terrestre doit avoir une autre provenance.

Ces dernières années, des mesures sur des comètes de la ceinture de Kuiper ont fait état de rapports D/H comparables à ceux de l'océan, ce qui a relancé la théorie des comètes comme source d'eau de la Terre. Mais aujourd'hui, de nouvelles mesures contredisent ce résultat. En effet, les instruments de la sonde *Rosetta* de l'Agence spatiale européenne ont mesuré en 2014 pour la comète 67P/Tchourioumov-Guérassimenko (« Tchouri ») un rapport D/H trois fois supérieur à celui des océans. Ce résultat, couplé à des arguments s'appuyant sur la dynamique orbitale des corps nous arrivant des régions riches en comètes, suggère que même si des impacts cométaires ont pu, à l'occasion, apporter de l'eau sur Terre, ils n'en sont probablement pas la source principale.

Les astéroïdes sont l'autre possibilité qui vient aussitôt à l'esprit. Comme les comètes, ces planétésimaux ont participé à la formation des planètes. Les astéroïdes de la « ceinture principale » sont en orbite entre Mars et Jupiter, bien plus près de la Terre que la ceinture de Kuiper. De ce fait, une fois délogés de cette région, ils ont beaucoup plus de chances que les comètes