

Notre Terre : De son accrétion à l'apparition de ses volcans et océans.

1) Accrétion et différenciation

L'accrétion a débuté il y a 4,56 milliards d'années lorsqu'un disque de poussière et de gaz, appelé disque protoplanétaire, s'est formé en orbite autour du jeune Soleil. Lors de la rotation autour du Soleil et grâce à la gravité, les particules présentes se percutent et forment des amas de plus en plus grands composés de roches en fusion : les planétésimaux. Ce sont des embryons de planètes qui vont eux-mêmes encore croître selon le même processus afin de former des planètes telles que la nôtre durant l'éon Hadéen (de 4,56 à 4 milliards d'années). Toujours par gravité, la différenciation se met en place : elle consiste en une séparation entre les différentes couches de la Terre selon la densité des minéraux. Le fer et le nickel, des éléments lourds se retrouvent au centre de la Terre, le noyau. Celui-ci se divise en deux couches : un noyau interne solide et un noyau externe liquide. Ensuite viennent les manteaux inférieurs et supérieurs, contenant aussi des atomes lourds mais également des matériaux plus légers comme des silicates dans le manteau inférieur ou des péridotites dans le manteau supérieur. Les éléments les plus légers comme l'oxygène se concentrent à la surface pour former la croûte terrestre.

2) Formation de la Lune

Dans le contexte dynamique du jeune système solaire, il y a 4,5 milliards d'années, un corps planétaire de la taille approximative de Mars, nommé *Théia*, serait entré en collision avec la Terre primitive (Canup, 2004). Cette collision aurait eu lieu à une vitesse de plusieurs kilomètres par seconde et aurait libéré une énergie colossale. Une grande quantité de matière provenant principalement du manteau terrestre et partiellement de Théia se serait retrouvée vaporisée et éjectée dans l'espace. (Canup & Asphaug, 2001). Les débris résultant de cette collision auraient formé un disque composé de roches fondues, de fragments solides et de vapeur de silicates orbitant autour de la Terre. Sous l'effet de la gravité, les matériaux du disque auraient commencé à s'agglomérer et aurait conduit à la formation de plusieurs petits corps qui ensemble auraient formé un seul objet plus massif : la proto-Lune (Canup, 2004).

Après sa formation, la Lune aurait été recouverte d'un océan global de magma, produit par la chaleur intense générée par l'impact initial et les collisions entre les débris (Elkins-Tanton, Burgess, & Yin, 2011). En se refroidissant, les minéraux les plus denses auraient coulé vers l'intérieur de la Lune, tandis que les minéraux plus légers, notamment les feldspaths, seraient remontés vers la surface, conduisant à la formation d'une croûte lunaire primitive. Ensuite, la surface lunaire a été fortement modifiée par un bombardement intense d'astéroïdes et de comètes ; particulièrement durant le Grand bombardement tardif (entre 4,1 et 3,8 milliards d'années avant notre ère). (Morbidelli et al., 2012). Ces impacts ont créé de nombreux cratères et bassins d'impact visibles aujourd'hui.

3) Formation des volcans et océans :

La présence d'eau sur Terre peut être expliquée par deux théories : l'apparition des volcans et les météorites.

La première théorie indique que l'eau viendrait des météorites arrivées lors du bombardement tardif. Les météorites sont des résidus solides (météore, comète, résidu spatial volant à travers l'atmosphère, s. d.), faites de roches, de minéraux et d'eau sous forme de glace. Cette glace, une fois passée à l'état liquide, se serait concentrée pour former un premier océan.

La seconde théorie explique que le bombardement tardif que la Terre a connu est associé à la formation de volcans. En effet, ce bombardement de météorites très intense pénètre les couches de la Terre encore suffisamment liquides et engendre une période de volcanisme explosif. D'importants dégagements de gaz sont observés tels que : la vapeur d'eau (H₂O), l'ammoniac (NH₃), le dioxyde de carbone (CO₂), du soufre (S) et du méthane (CH₄). Ces gaz s'accumulent pour former une atmosphère primitive.

La baisse de température causée par cette atmosphère (160 fois plus épaisse que l'atmosphère actuelle) (Editeur, 2018) bloquant l'arrivée de lumière, permet la condensation de ces gaz. La vapeur d'eau présente se liquéfie et tombe sous forme de pluies intenses, formant ainsi le premier océan. Au fur et à mesure, le volume de cet océan primitif augmente au point de creuser la surface de la Terre, permettant au premier continent d'apparaître. Ce premier continent, nommé *Kenorland*, s'est mis en place il y a 2,7 milliards d'années.

L'activité associée à cette partie est un schéma d'un volcan où il faudra remplacer du vocabulaire et reconnaître des noms de minéraux / roches.

4) Activités proposées

Lancer de plasticine sur une cible pour créer une planète qui grandira durant le Printemps des Sciences.

Remplacer les événements de l'Histoire sur une grande ligne du temps (activité commune des deux stands géologie).

Associer les noms avec les minéraux et roches présents sur la table.

Schéma d'un volcan où il faut remplacer du vocabulaire (cratère, fumerolles, coulée de lave, ...).

Quizz sur les gaz libérés lors du dégazage et lesquels sont les plus importants ; sur les températures caractéristiques et sur l'ordre d'abondance des éléments chimiques.

Maquette de la Terre sur laquelle les noms des couches sont à remplacer.

5) Bibliographie

- Canup, R. M. (2004). Simulations of a late lunar-forming impact. *Icarus*, 168(2), 433-456. <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2003.09.028>
- Canup, R. M., & Asphaug, E. (2001). Origin of the Moon in a giant impact near the end of the Earth's formation. *Nature*, 412, 708-712. <https://doi.org/10.1038/35089010>
- Chambers, J. (2013). Late-stage planetary accretion including hit-and-run collisions and fragmentation. *Icarus*, 224(1), 43-56.
- Elkins-Tanton, L. T., Burgess, S., & Yin, Q.-Z. (2011). The lunar magma ocean: Reconciling the solidification process with lunar petrology and geochronology. *Earth and Planetary Science Letters*, 304(3-4), 326-336.
- Morbidelli, A., Marchi, S., Bottke, W., & Kring, D. (2012). A sawtooth-like timeline for the first billion years of lunar bombardment. *Earth and Planetary Science Letters*, 355-356, 144-151.
- Portillo, G. (2022). Comment les océans se sont formés : histoire et géologie. <https://fr.meteorologiaenred.com/comment-se-sont-form%C3%A9s-les-oc%C3%A9ans.html>
- Salvador, A. (2018). Evolution primitive et habitabilité des planètes rocheuses. <https://www.theses.fr/2018SACLS439/document>
- Williams, J. G., Boggs, D. H., & Folkner, W. M. (2016). Lunar interior properties from the GRAIL mission. *Journal of Geophysical Research: Planets*, 121(4), 711-724.