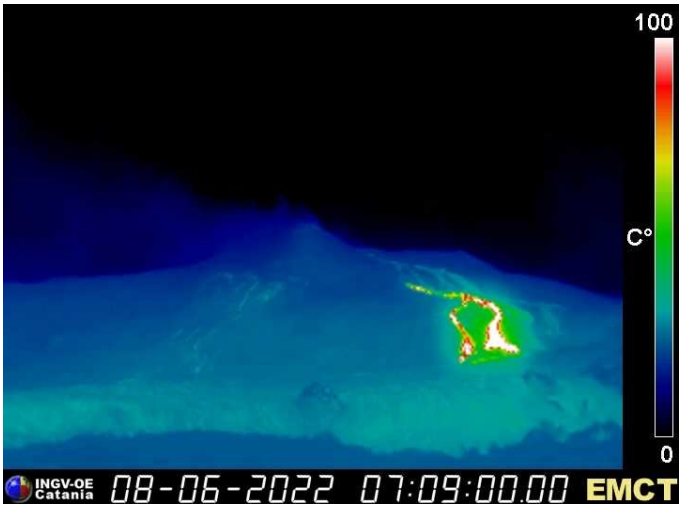
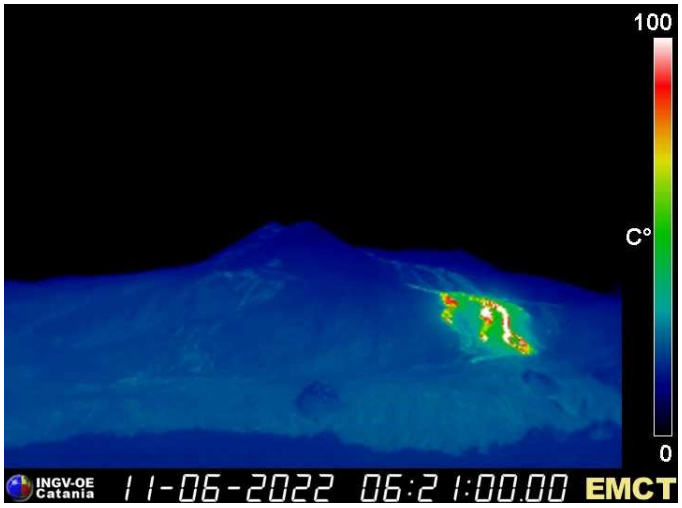
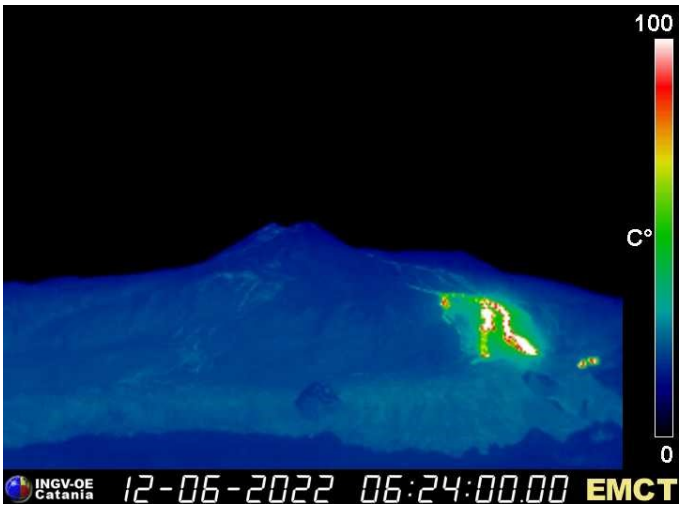
Quelques news de géologie - Juin 2022

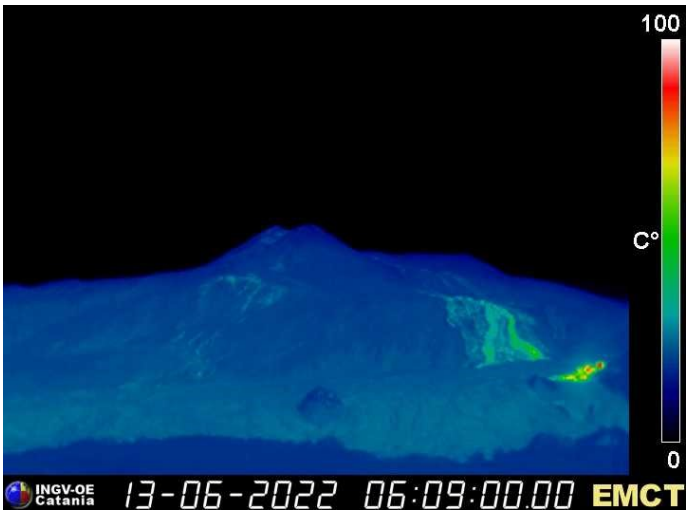
Etna et Stromboli

L'Etna, depuis le 29 mai, montre une coulée de lave issue du cratère SE (cote 2700 m) mais aussi à partir de quelques bouches éphémères situées beaucoup plus bas (cote 1760 m). Cette coulée est bien visible sur les captures d'écrans des caméras thermiques.









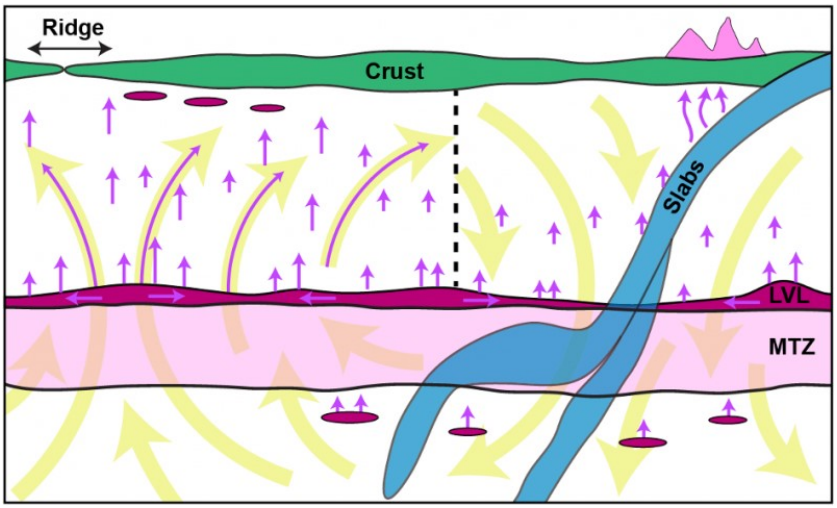
Source : https://www.ct.ingv.it

Cycle interne de l'eau : le modèle de "pluie" du manteau

De l'eau est continuellement injectée dans le manteau aux zones de subduction par l'intermédiaire de minéraux hydratés. Le flux d'hydrogène qui parvient effectivement dans le manteau profond n'est pas contraint très précisément, mais il pourrait correspondre au volume total des océans à la surface de la Terre tous les 2 à 5 milliards d'années. À l'inverse, la quantité d'eau extraite du manteau aux rides océaniques est 3 à 8 fois plus faible selon les estimations. Comme il s'agit de la source principale reconnue d'eau du manteau, cela pose le problème de la continuité du cycle interne de l'eau.

La zone hydratée la mieux connue par la sismologie est la fine couche partiellement fondue au-dessus de la discontinuité sismique à 410 km de profondeur : la LVL pour *low-velocity layer*. Des études antérieures ont proposé que la LVL intervienne dans le cycle interne de l'eau comme un puits qui retiendrait indéfini-

ment l'eau subduite et transférée à la zone de transition. Dans cette nouvelle étude, …



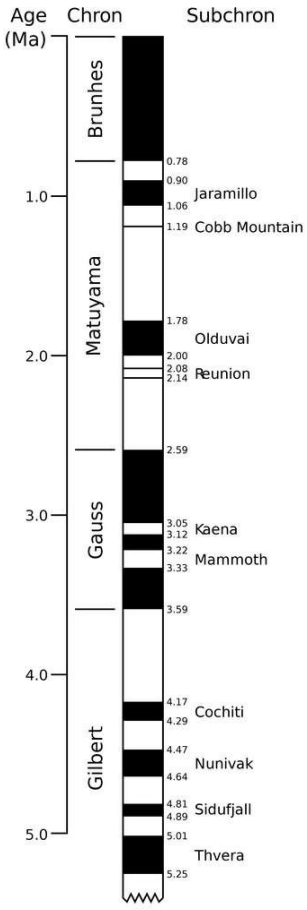
Légende : Cycle interne de l'eau. L'eau injectée dans le manteau par la subduction nourrie en hydrogène les minéraux de la zone de transition (MTZ). Ces minéraux sont ensuite remontés au-dessus de la discontinuité de 410 km de profondeur par les mouvements de convection du manteau. Le changement de minéralogie qui y est associé génèrent un liquide riche en eau dans la fine couche de faible vitesse sismique (LVL). Le flux constant d'eau dans le manteau induit une production continue de ce liquide, qui lui-même devient instable gravitationnellement et remonte comme une pluie à travers le manteau supérieur. Ce flux d'eau pourrait être à l'origine de la refertilisation du manteau lithosphérique et du volcanisme intra-plaque.

Source : https://www.insu.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/cycle-interne-de-leau-le-modele-de-pluie-du--manteau (article original : https://doi.org/10.1016/j.pepi.2021.106815)

Inversion du champ magnétique terrestre

Alors que les spéculations sur une possible inversion du champ magnétique allaient bon train, une nouvelle étude vient calmer le jeu. L'affaiblissement du champ magnétique observé dans l'Atlantique Sud ne serait qu'un phénomène récurrent et normal qui pourrait disparaître totalement d'ici 300 ans.

Depuis l'origine de la Terre, le champ magnétique qui l'entoure n'a cessé de varier, tout en assurant au fil des milliards d'années sa fonction de protection contre les vents solaires. Ces variations peuvent aller jusqu'à des inversions complètes des pôles magnétiques. Ce processus s'est reproduit à de très nombreuses reprises au cours des temps géologiques (voir ci-contre les inversions de polarité durant les 5 millions d'années précédentes) . Il s'agit pour ainsi dire d'un phénomène banal, qui se produit tous les 200.000 ans en moyenne, même s'il est difficile d'y observer une régularité.



Actuellement, nous sommes capables de mesurer l'intensité et l'orientation du champ magnétique terrestre et de suivre son évolution. Or, les scientifiques notent que, depuis environ 180 ans, l'intensité du champ magnétique a diminué d'environ 10 %. Une zone de champ magnétique affaiblie a également commencé à se former dans l'Atlantique Sud, au niveau de la côte sud-américaine. La présence de cette anomalie a soulevé l'idée qu'une inversion de polarité pourrait être imminente. Cela pourrait être la première inversion directement documentée par l'humanité. …

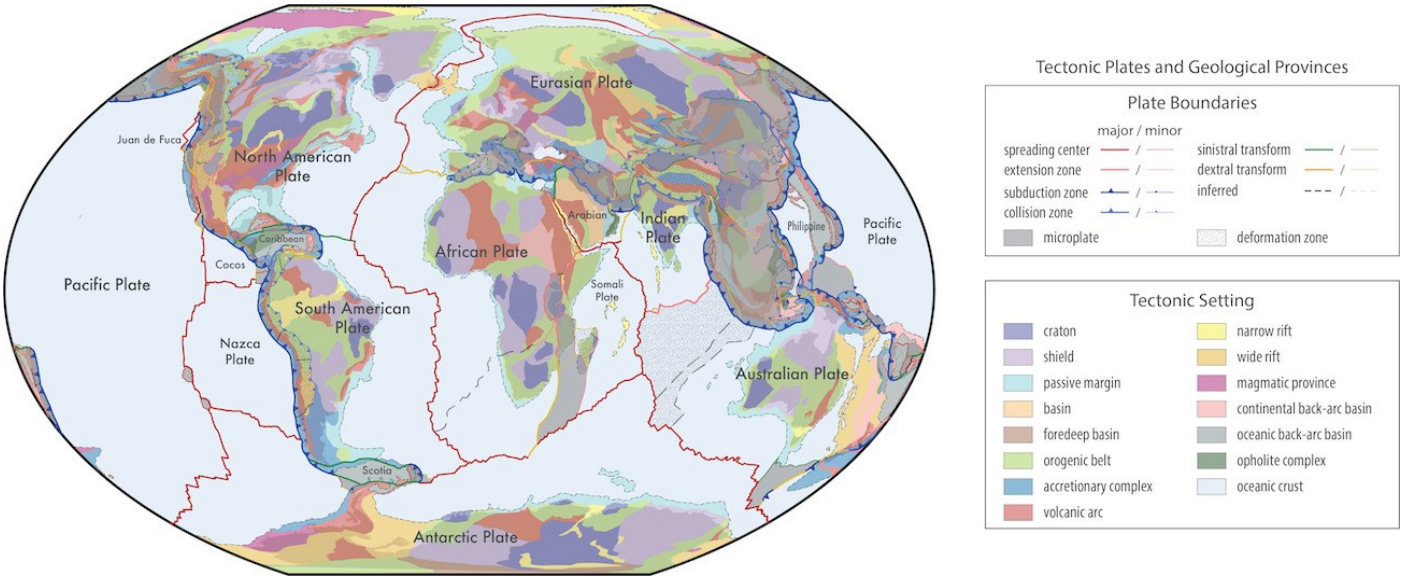
Source : https://www.futura-sciences.com/planete/actualites/globe-terrestre-inversion-champ-magnetique-terrestre-finalement-ce-ne-serait-pas-maintenant-81179/

Une nouvelle carte des plaques tectoniques

Spécificité terrestre, l'écorce de notre Planète est divisée en de nombreuses plaques tectoniques, qui ont la capacité de se mouvoir, sous l'impulsion de la convection mantellique et des grands processus tectoniques : accrétion océanique et subduction. Si le découpage des plaques principales fait désormais consensus, il existe toutefois plusieurs modèles qui présentent, dans le détail, de nombreuses variations de configuration au niveau des limites de plaques.

Car la croûte terrestre peut s'apparenter à un puzzle dont le contour des pièces est encore mal connu. La définition exacte des limites de plaques est pourtant un point majeur pour effectuer des reconstructions précises du mouvement des plaques et comprendre comment elles se sont alternativement soudées puis séparées, au cours des grands cycles tectoniques qu'a connu la Terre. De plus, les limites de plaques représentent toujours des zones de déformation intense, associées à des processus tectoniques ou magmatiques. Elles peuvent être extensives -- et marquer ainsi une zone d'accrétion océanique --, compressive -- auquel cas elles peuvent être associées à une zone de subduction ou à une chaîne de montagnes -- ou en cisaillement. L'exemple typique de ce dernier cas est la faille de San Andreas aux États-Unis, une zone susceptible de connaître de très importants séismes.

Une équipe de chercheurs de l'Université d'Adelaïde, en Australie, s'est donc penchée sur la construction de trois nouvelles cartes mondiales : configuration des plaques tectoniques, configuration des grandes provinces géologiques et configuration des chaînes de montagnes (récentes ou anciennes). Il s'agit là d'une base de données très complète et essentielle pour mener à bien de nombreuses études.



Les résultats de l'étude ont été publiés dans la revue *Earth-Science Reviews* (https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2022.104069). En intégrant un nombre important de données (GPS, séismes, tracé des failles, anomalies de gravité et anomalies magnétiques, géochronologie...), …

Source : https://www.futura-sciences.com/planete/actualites/plaque-tectonique-nouvelle-carte-plaques-tectoniques-98923/

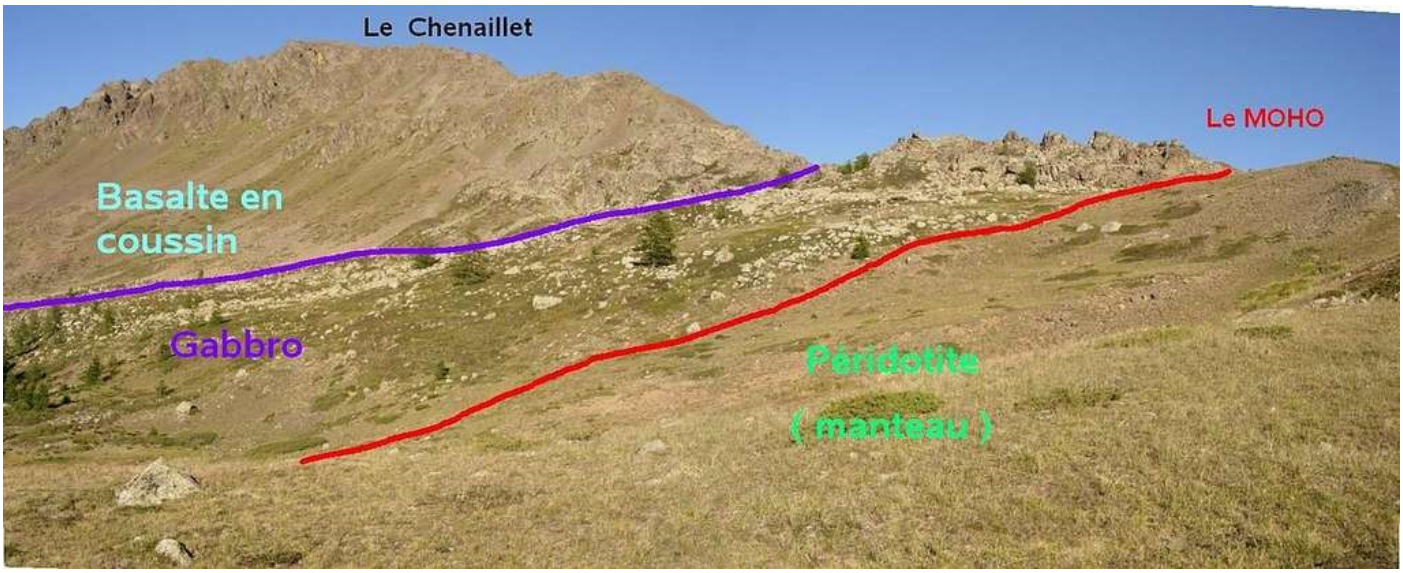
Alpes : Le Chenaillet, promenade sur la croûte océanique

Site emblématique de la région de Montgenèvre, le Chenaillet a longtemps été l'une des références scientifiques pour étudier la croûte océanique. Car, au beau milieu des Alpes, se trouve un petit morceau de socle basaltique quasiment intact, vieux de plus de 155 millions d'années. Accessible facilement par plusieurs sentiers de randonnée, le Chenaillet est l'occasion de découvrir, au beau milieu des paysages alpins, la relique du fond d'un ancien océan désormais disparu.

Culminant à 2 650 m d'altitude, le mont Chenaillet fait aujourd'hui partie du massif du Queyras, dans les

Hautes-Alpes. Pourtant, les roches qui composent cette montagne se sont formées à plusieurs kilomètres sous la surface d'un océan qui a existé bien avant la formation des Alpes. Car le Chenaillet doit sa position désormais en altitude aux colossales forces compressives qui ont formé cette chaîne de montagnes. Les roches qui composent ce mont n'ont ainsi rien à voir avec l'orogenèse alpine. Elles se sont retrouvées là un peu par hasard. D'ailleurs, en arrivant sur le site, on note immédiatement la singularité du pays.

En montant vers le sommet, on traverse une formation géologique de couleur vert-sombre, friable, avec un relief plutôt mou. Ce sont des serpentinites, des roches du manteau, altérées au contact de l'eau de mer et n'ayant pas subi de fusion partielle. Au-dessus se trouve une unité plus résistante, avec de nombreux petits affleurements de roche composée de minéraux plus clairs. Ce sont des gabbros, roches magmatiques plutoniques qui cristallisent en profondeur et forment habituellement la base de la croûte océanique. Puis, en arrivant au sommet, on peut observer des monticules de boules brunâtres empilées les unes sur les autres. Ce sont des basaltes en coussins (*pillow basalts*), qui se forment par refroidissement ultrarapide de la lave au contact de l'eau de mer (voir ci-dessous).



L'avantage du Chenaillet, et ce qui en fait un site remarquable pour l'étude de la croûte océanique, sans avoir à se mouiller, c'est la quasi-absence de déformation liée à l'orogenèse alpine. Et ce fait est assez exceptionnel pour être remarqué, compte tenu du chemin parcouru par cette ophiolite, car c'est ainsi que l'on nomme les reliques de croûte océanique se retrouvant dans les chaînes de montagnes.

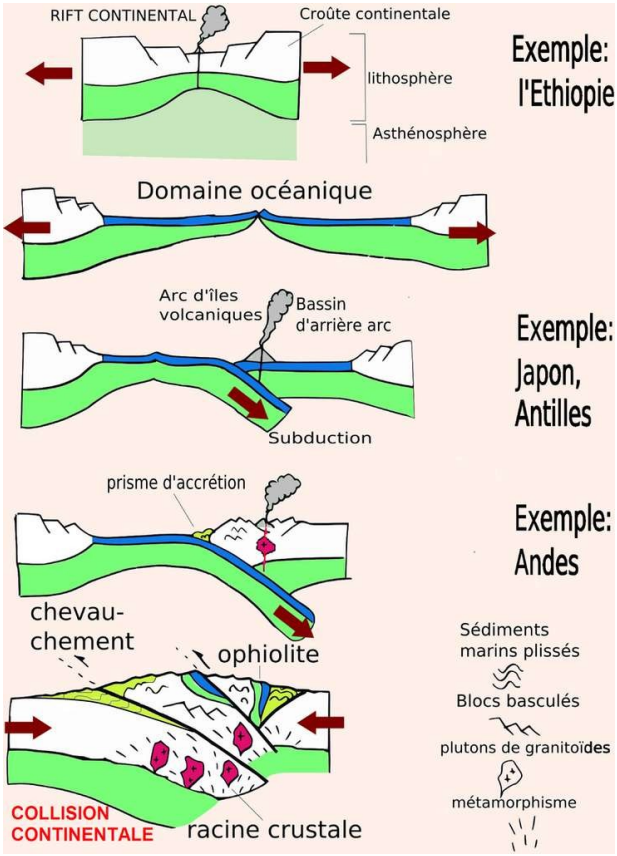
La formation des Alpes a en effet été précédée par la fermeture de l'océan alpin qui séparait alors le continent européen du continent adriatique. La fermeture s'est faite *via* un processus de subduction, qui a vu la plaque européenne s'enfoncer sous la plaque adriatique. La quasi-totalité de la croûte océanique formant le fond du petit océan a ainsi été avalée dans les profondeurs du manteau, mais un petit morceau a cependant été préservé et transporté *via* un processus de charriage sur les massifs alpins en formation. On appelle ce mécanisme « l'obduction ».

Souvent, les ophiolites ainsi transportées subissent des déformations, voire un enfouissement qui va modifier les roches d'origine par métamorphisme. L'ophiolite du Chenaillet a réussi à échapper à tout cela et est restée quasi intacte, ce qui en fait un terrain d'étude très privilégié

Source : https://www.futura-sciences.com/planete/actualites/planete-exploratorium-chenaillet-petite-balade-croute-oceanique-99139/

Comment naît un océan?

Si le mouvement des plaques tectoniques peut provoquer d'importantes collisions continentales et donner naissances à des chaînes de montagnes comme les Alpes ou l'Himalaya, il est également intimement associé à un autre phénomène, majeur dans le cycle tectonique : l'ouverture de nouveaux océans.



Les différentes étapes du cycle de Wilson : rifting continental, expansion océanique, initiation d'une subduction, convergence continentale et collision. © Anthony Saphon, Wikimedia Commons, CC by-sa 3.0

Au cours des temps géologiques, la Terre a en effet connu plusieurs grands cycles tectoniques menant à la formation de supercontinents. Durant ces phases où toutes les masses continentales sont regroupées, la majorité de la surface terrestre est occupée par un unique océan. Les processus profonds mais également les contraintes liées à la création continue de croûte océanique et à son recyclage au niveau des zones de subduction font que cette configuration ne peut pas rester figée. Après une étape de regroupement s'ensuit immanquablement une phase d'ouverture continentale. Ces différentes étapes font partie du cycle de Wilson (voir ci-contre).

L'amincissement et la rupture de la croûte continentale font partie du processus de rifting. La mise en place d'une nouvelle dorsale océanique n'interviendra qu'à la fin de ce processus de rupture, dont les mécanismes peuvent être variés et prendre plus ou moins de temps, en particulier en fonction de la vitesse d'extension des plaques qui n'est cependant jamais plus de quelques centimètres par an. Le mécanisme menant à la formation d'un nouvel océan s'étale donc sur plusieurs dizaines de millions d'années.

Une remontée localisée du manteau asthénosphérique

Une dorsale océanique se définit par une remontée très localisée de manteau asthénosphérique chaud. Cette remontée de péridotites à plus de 1.300 °C s'accompagne d'un processus de fusion partielle qui génère du magma de type Morb. En cristallisant à différentes profondeurs, ce magma va produire une nouvelle croûte, dont la composition est très différente de celle de la croûte continentale. Il s'agit de la croûte océanique. On parle ainsi d'océan lorsqu'une nouvelle dorsale entre en activité et produit de la croûte océanique…

Source : https://www.futura-sciences.com/planete/questions-reponses/globe-terrestre-nait-nouvel-ocean-17126/

Un peu de tourisme géologique avec les « orgues » d'Usson

L'Auvergne est bien connue pour ses massifs et autres formations d'origine volcanique. La visite de la région est ainsi l'occasion de découvrir un paysage impressionnant, façonné au gré des millions d'années par l'activité de nombreux volcans. Si les volcans, comme le Mont-Dore ou ceux de la chaîne des Puys sont naturellement les structures emblématiques de cette activité magmatique qui a longuement affecté le centre de la France, il existe de nombreux autres témoins, tout aussi impressionnants. C'est par exemple le cas des orgues basaltiques. Résultat du refroidissement de coulées des laves, il est possible d'en trouver un peu partout dans la région. Parmi les plus impressionnants, ceux du village d'Usson méritent vraiment le détour.

Dans le Puy de Dôme, à proximité d'Issoire, le village d'Usson est en effet bâti sur un ancien piton basaltique. Le village, classé parmi les plus beaux villages de France, a notamment été le lieu d'exil de la Reine Margot pendant 19 ans.

Les orgues basaltiques sont facilement accessibles par un sentier, sur le flan de la butte située au sud du village. Ces grandes colonnes hexagonales, hautes ici de plusieurs mètres et qui forment le piton volca-

nique, sont d'origine totalement naturelle.

La région était alors une vaste zone lacustre, dans laquelle le magma s'est frayé un chemin. L'activité volcanique ayant donné naissance à la butte d'Usson est liée à l'épisode volcanique des Limagnes du Val d'Allier. Le début de ce volcanisme est daté à 25 millions d'années. Il est ainsi plus ancien que les événements volcaniques ayant donné naissance aux volcans du Cantal, du Mont-Dore ou de ceux de la chaîne des Puys. Les orgues d'Usson sont ainsi les vestiges de la partie profonde d'un ancien volcan aujourd'hui disparu sous l'effet de l'érosion. Les orgues prismatiques (voir ci-dessous) formant la butte sont plus précisément un dyke, c'est-à-dire la cheminée centrale qui alimentait le volcan.

Lors de sa remontée dans le conduit, la lave commence à cristalliser sous l'effet du refroidissement. Or, ce faisant, le liquide magmatique subit une contraction thermique qui entraîne une diminution de volume. C'est précisément ce phénomène de contraction qui va donner naissance aux orgues. La formation de structures hexagonales résulte de la répartition des contraintes en contraction au sein de la lave, les prismes se formant de façon perpendiculaire aux surfaces de refroidissement. Ainsi, les orgues verticaux d'Usson sont issus d'un refroidissement par le haut, et non sur les côtés de la cheminée. La régularité des prismes est de plus associée à un refroidissement plutôt lent.

La géométrie hexagonale est liée au fait que l'hexagone (six faces) est la géométrie optimale pour l'utilisation de l'espace lors de la cristallisation.

Source : https://www.futura-sciences.com/planete/actualites/volcan-exploratorium-orgues-usson-pays-volcans-98870/