

IL ETAIT UNE FOIS ... LES VOLCANS !

Pour commencer, je vais vous raconter une histoire, une belle histoire, puisqu'il s'agit de celle de notre planète : LA TERRE !



La Terre : une planète en évolution permanente.

Il y a longtemps, très longtemps, il y a des millions d'années, on ne parlait pas de continents et encore moins de pays. La partie du globe terrestre qui n'était pas recouverte par les océans formait un seul bloc appelé **PANGÉE.**

Puis, petit à petit, très lentement, million d'années après million d'années, ce gros bloc s'est divisé en plusieurs parties pour donner naissance aux continents tels que nous les connaissons aujourd'hui.



PANGÉE



Permien 225 Ma



Trias 200 Ma



Jurassique 135 Ma



Crétacé 60 Ma

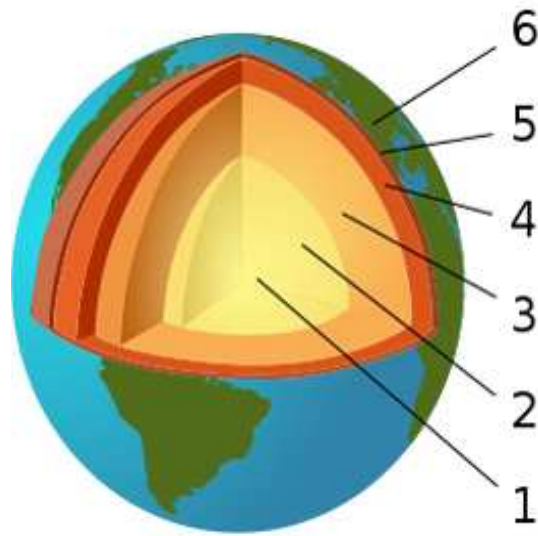


Présent

Dans les millénaires à venir, cette lente transformation va sans aucun doute se poursuivre...

Comment ce gros bloc de terre appelé *Pangée* a-t-il pu se couper en morceaux ?

Pour l'expliquer, il faut plonger à l'intérieur de la Terre et explorer la masse en fusion qui sommeille sous nos pieds sans que nous nous en doutions. Examinons cette coupe du globe terrestre :



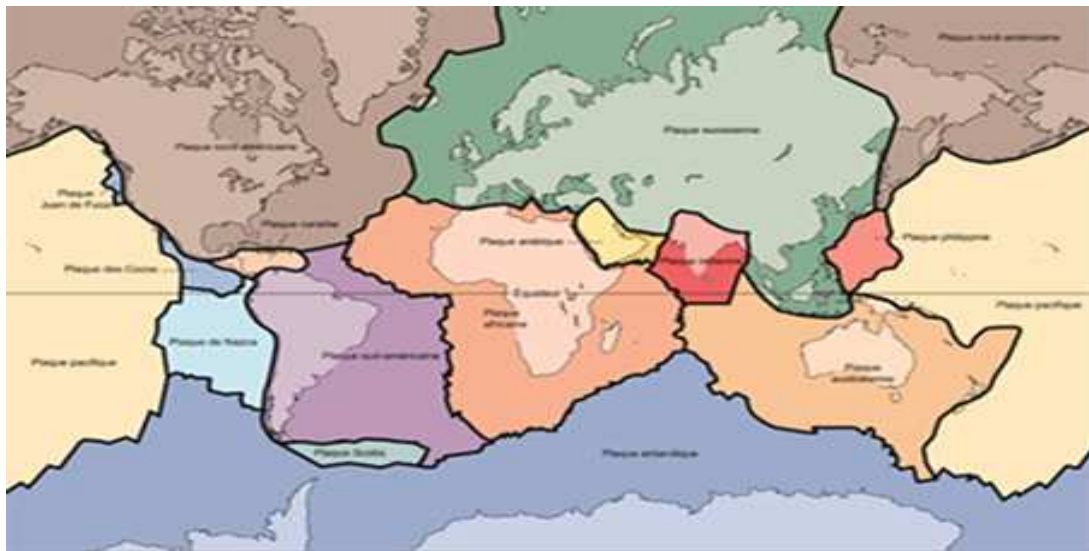
N'oublions pas, tout d'abord, que la Terre a un rayon de 6370 km, et donc une circonférence de 40 000 km.

Au centre, au plus profond, se trouve le **NOYAU** dont la partie centrale (1) est solide et le pourtour (2) liquide. Son rayon mesure environ 3500 km.

Au-dessus du noyau, on distingue le **MANTEAU** habituellement divisé en deux parties : le *manteau supérieur* (3), très solide, et le *manteau inférieur* (4), beaucoup plus souple et déformable. L'épaisseur du manteau est d'environ 2900 km.

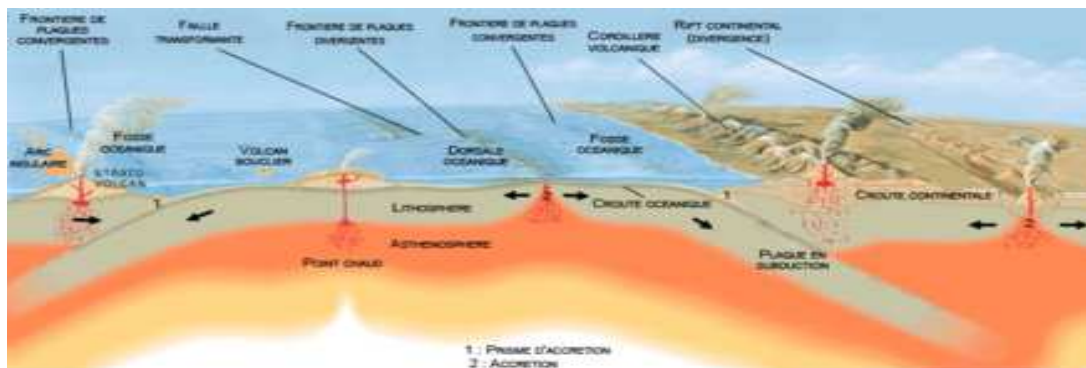
Enfin, au-dessus du manteau, on trouve la **CROÛTE TERRESTRE** (5 & 6) sur laquelle nous nous trouvons actuellement. Son épaisseur varie entre 10 et 70 km.

Contrairement à ce que pensent beaucoup de gens, cette **CROÛTE** n'est pas faite d'un seul morceau, mais de plusieurs *plaques* et ressemble à un œuf dont la coquille serait fendillée.



Au début, on pensait que ces *plaques* – appelées **PLAQUES TECTONIQUES** – étaient au nombre de huit, comme on peut le voir sur la carte ci-dessus ; puis, on en a compté quinze ; on s’est ensuite rendu compte qu’il existe aussi des micro plaques beaucoup plus petites.

Ces plaques bougent très lentement, à raison de quelques centimètres par an. Elles bougent car il existe dans le *manteau supérieur* des **COURANTS DE CONVECTION**, autrement dit des forces énormes qui les font se déplacer comme de gros tapis roulants. Ces courants sont indiqués par des flèches noires dans le schéma ci-dessous.



Vous remarquerez que, sous la poussée de ces *courants de convection*, en certains endroits une plaque s’écarte d’une autre, phénomène appelé **ACCRÉTION**.

Ailleurs, une plaque s’enfonce sous une autre, phénomène appelé **SUBDUCTION**.

Notre *plaque tectonique*, en vert sur la carte, est la *plaque eurasienne*, aussi appelée *eurasiatique*. A l’ouest, elle s’écarte lentement de la plaque nord-américaine alors qu’au sud, la plaque africaine vient se heurter contre elle.



Sur la carte ci-dessus, les points bleus indiquent les tremblements de terre – aussi appelés *séismes*. Vous remarquerez qu’ils se situent très souvent à la frontière entre deux *plaques*.

Que représentent les points rouges ? Ce sont les volcans, bien sûr, que l’on trouve, eux aussi, à la limite des *plaques tectoniques*, là où la *croûte terrestre* est la plus fragile, comme en Indonésie que l’on peut voir sur la carte ci-dessous.



Certains volcans sont parfois situés au milieu d'une plaque, comme à Hawaii, à droite de la carte, mais c'est beaucoup plus rare. Dans ce cas, on a affaire à un volcanisme de **POINT CHAUD**.

+++++

On classe souvent les volcans en deux catégories : **volcans rouges** pour ceux qui émettent des gerbes et coulées de lave ; **volcans gris** pour ceux qui produisent des nuages de cendre. Les volcans rouges sont, en principe, moins dangereux que les volcans gris.

+++++

VOLCANS ROUGES

L'Islande : un exemple du volcanisme d'accrétion

Selon leur situation par rapport aux *plaques tectoniques*, les volcans auront des comportements différents. Prenons l'exemple de **l'ISLANDE**. Comme on peut le voir sur la carte ci-dessous, l'île se situe à la jointure entre la plaque nord-américaine et la *plaque eurasienne* qui s'écartent l'une de l'autre d'environ deux centimètres par an, confirmant le phénomène d'*accrétion*.



Cette fracturation apparaît nettement sur le terrain. L'île est en effet parcourue par de grandes failles qui la tranchent du sud-est au nord-est et qu'empruntent de magnifiques rivières aux chutes d'eau parfois impressionnantes.



Islande : Faille d'Almannagja

volcan rouge



Islande : chute d'eau de Gullfoss

On peut mesurer l'évolution de l'écartement des plaques. Il y seulement quelques années, on utilisait des **EXTENSOMÈTRES** assez rudimentaires, comme sur la photo ci-dessous. Aujourd'hui, la technique a évolué et des systèmes comme le GPS permettent d'obtenir des résultats extrêmement précis.



Un tel extensomètre fait partie des articles de musée de la volcanologie moderne

Tel le sang qui gicle d'une coupure, le magma emprunte parfois ces fractures pour sortir à la surface de la terre. Une telle **éruption fissurale** s'est produite sur le volcan Krafla, dans le nord de l'Islande, en 1984.

volcan rouge



Eruption fissurale du volcan Krafla en 1984

La lave des volcans de zone d'*accrétion* comme l'Islande est généralement pauvre en **SILICE**, composant essentiel qui la rend plus ou moins fluide. Si la lave est riche en silice, elle est visqueuse, pâteuse. Au contraire, si elle contient peu de silice, elle est fluide et s'écoule rapidement, comme sur la photo ci-dessus. De plus, on aperçoit de petits trous ou *vacuoles* par où les gaz volcaniques ont pu s'échapper librement.



volcan rouge

L'Islande est aussi l'occasion de côtoyer des **sources chaudes** que l'on rencontre fréquemment en milieu volcanique.



Source chaude à Hveravellir

Les **geysers** attirent les touristes.



Le Strokkur

Cette eau chaude est aussi captée pour des besoins domestiques, le chauffage des maisons en particulier. En Islande, cette **GÉOTHERMIE** permet de chauffer des serres où l'on récolte des bananes !

volcan rouge



Serres à Hveragerdi

L'eau des sources chaudes a aussi des vertus thérapeutiques et aide à soigner les maladies de peau.

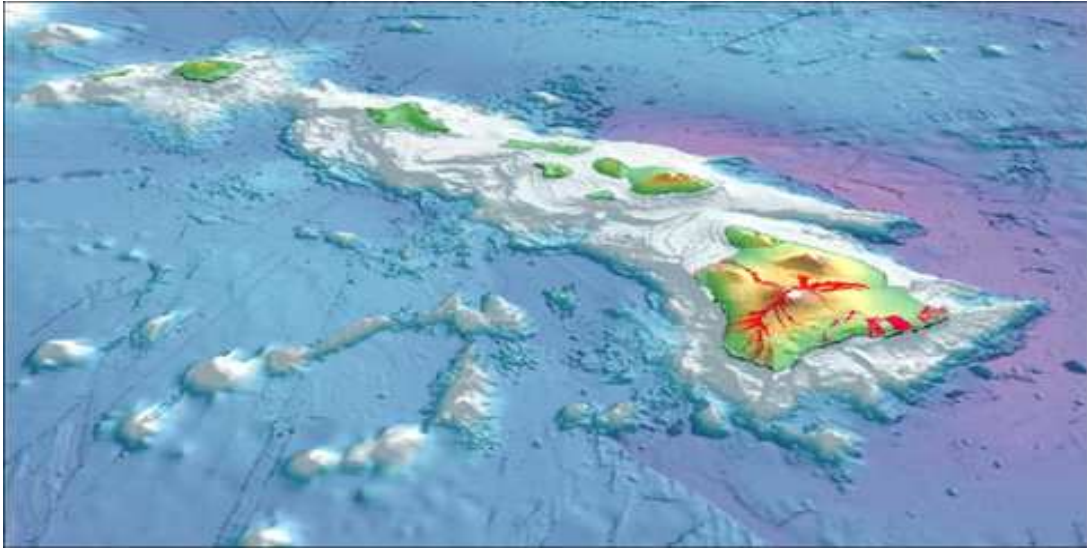


Le Lagon Bleu, près de Reykjavik

+++++

HAWAII : un point chaud remarquable

Restons dans le domaine des volcans rouges à lave fluide. On les trouve aussi au milieu d'une plaque lithosphérique, comme à **HAWAII**, au milieu de l'Océan Pacifique et de la *plaque tectonique* du même nom.



Si l'on regarde une carte de l'archipel hawaïen, on s'aperçoit que les îles qui le composent sont alignées selon une ligne qui s'étire du sud-est au nord-ouest et que les volcans actifs actuellement se trouvent au sud-est du chapelet.

Comment expliquer cette disposition ? Tout simplement en s'appuyant sur la théorie de la **TECTONIQUE DES PLAQUES**. Comme nous l'avons vu précédemment, les plaques tectoniques ne sont pas immobiles ; elles se déplacent de quelques centimètres par an. La plaque Pacifique n'échappe pas à la règle ; elle se déplace du sud-est vers le nord-ouest à une vitesse estimée à 8-10 centimètres par an.

En plus de ce déplacement, l'archipel hawaïen se trouve à la verticale d'un **POINT CHAUD**, autrement dit une faiblesse de la croûte terrestre qui permet au magma de monter des profondeurs de la Terre. Tel un chalumeau, il perce l'écorce terrestre et la lave s'écoule très vite à la surface car elle est très fluide. Elle est pauvre en silice et sa température est très élevée (souvent autour de 1200°C°).

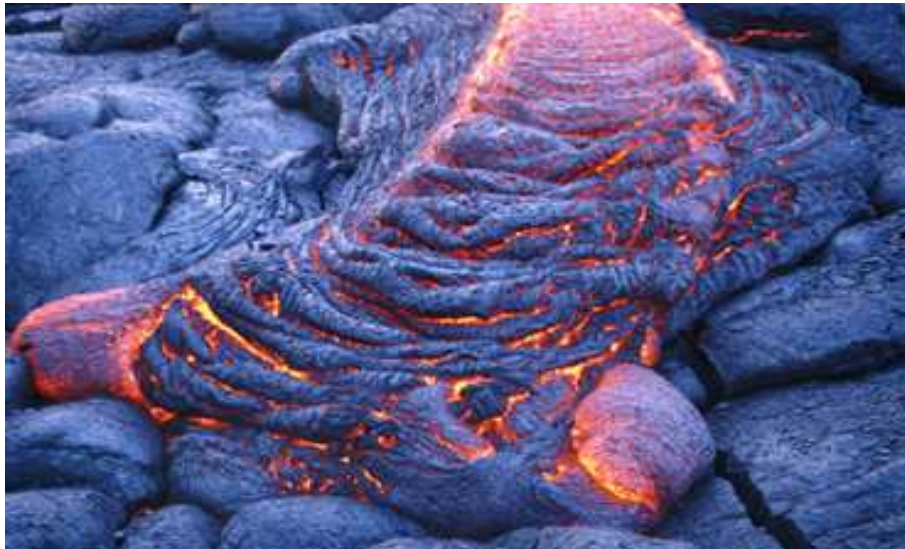
Cette lave fluide donne naissance à des **VOLCANS BOUCLIER** aux pentes peu accentuées. Le plus célèbre est le Mauna Loa (4200 mètres d'altitude) dont la dernière éruption remonte à 1984.

volcan rouge



Le Mauna Loa, exemple parfait de volcan bouclier

Au sol, cette lave fluide dessine des replis ou des cordes, d'où son appellation de *lave cordée*. Les populations locales, séduites par son aspect lisse, lui ont également donné le nom de *lave pahoehoe*.



Lave cordée en formation, puis refroidie



volcan rouge

A Hawaïi, la lave se déverse souvent dans l’océan et offre une confrontation spectaculaire entre l’eau et le feu de la Terre.



Entrée de la lave dans l’Océan Pacifique

volcan rouge

LE STROMBOLI : LE VOLCAN DES ENFANTS

L'image la plus populaire des volcans rouges est sans aucun doute celle du Stromboli dont les gerbes éclairent régulièrement le ciel de la Sicile. C'est souvent ce volcan qui sert de modèle aux enfants quand ils dessinent un volcan. En effet, il a une forme conique et projette des gerbes de lave à son sommet.



volcan rouge

Le type éruptif strombolien se rencontre en de nombreux points de la planète où l'on peut récolter, quand elles sont refroidies, de belles bombes dont la forme dépend de la trajectoire dans le ciel. Les bombes « en fuseau » et « en bouse de vache » - ainsi baptisées à cause de leur forme – comptent parmi les plus connues.



Bombes volcaniques « en fuseau »

Autre volcan sicilien, l'Etna (3340 m) est le plus haut volcan actif d'Europe. Son activité est le plus souvent de type strombolien, comme le montre la photo ci-dessous.



S'agissant de la lave émise par les volcans rouges, elle est en général **basaltique** et pauvre en *silice*.

VOLCANS GRIS

LES VOLCANS GRIS

Ce sont les plus dangereux car leurs explosions produisent des cendres très chaudes capables de détruire les cultures et les habitations qui se trouvent sur leurs pentes et de tuer les personnes qui sont venues y vivre. Les cendres volcaniques sont très riches et permettent d'obtenir de bonnes récoltes ; elles attirent donc beaucoup de paysans.

Pourquoi les volcans gris sont-ils explosifs ? La réponse se trouve dans la composition de la lave qu'ils rejettent. Comme nous l'avons vu précédemment, c'est la **silice** qui détermine la *viscosité* de la lave. Alors que la lave des volcans rouges est pauvre en *silice* et de ce fait fluide, celle des volcans gris contient une forte proportion de ce minéral. Elle est donc visqueuse, pâteuse et ne libère pas les gaz comme le fait la lave des volcans rouges (Comparez l'échantillon de lave grise ci-dessous à l'échantillon de lave rouge observé précédemment. Ici les vacuoles sont absentes !)

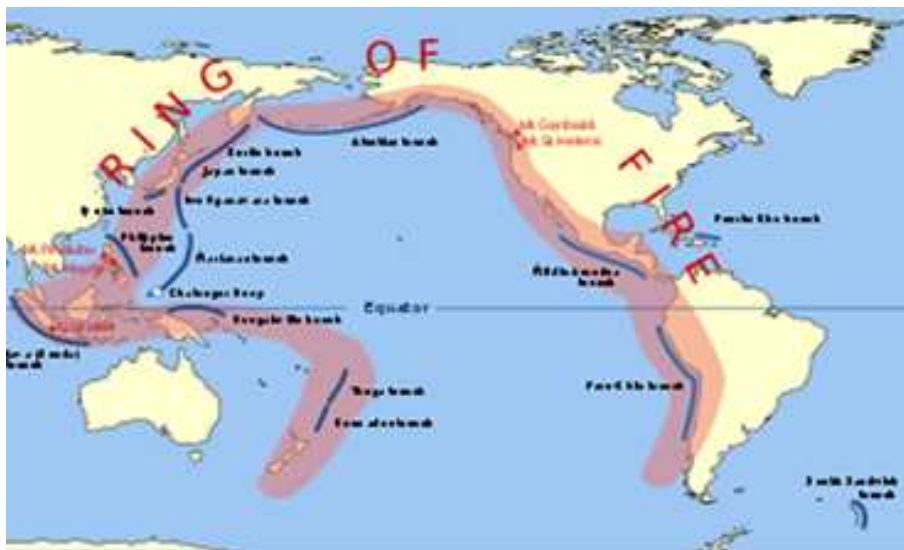


Echantillon de *dacite* recueilli sur le Merapi, volcan gris d'Indonésie

Où trouve-t-on les volcans gris ? Là encore, il faut faire référence à la *tectonique des plaques*. On rencontre le plus souvent ces volcans dans les régions du monde où se produit un phénomène de **subduction**, c'est-à-dire là où une plaque glisse sous une autre. Rappelez-vous la carte de l'Indonésie où la plaque Pacifique glisse sous la plaque Eurasiatique!

D'une manière générale, les volcans gris se trouvent dans les pays qui bordent l'Océan Pacifique et appartiennent à la **Ceinture de Feu** (en anglais **Ring of Fire**).

volcan gris

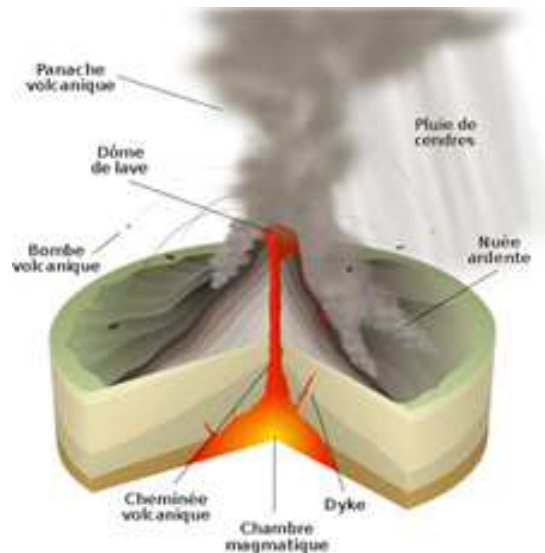


Ceinture de Feu du Pacifique

+++++

LES DIFFÉRENTS TYPES ERUPTIFS DE VOLCANS GRIS

= Le type peléen.



Ce type éruptif tire son nom de la **Montagne Pelée** à la Martinique dont l'éruption en 1902 a entraîné la mort de 28 000 personnes.

Dans ce genre d'éruption, la lave visqueuse a du mal à s'écouler et elle a tendance à former un dôme. Celui-ci, sous la pression du magma qui monte des profondeurs, peut se désagréger ou exploser en produisant des **nuées ardentes** – aussi appelées **avalanches pyroclastiques**. Elles ressemblent aux avalanches de neige dans les Alpes, mais la neige est remplacée par de la cendre dont la température peut varier de 500 à 1000°C ! Leur vitesse oscille souvent entre 50 et 130 mètres par seconde ! Les **éruptions peléennes** génèrent aussi des **panaches de cendre** qui retombent souvent sur les pentes du volcan.

Aux Antilles, d'autres volcans comme la Soufrière de Montserrat ou la Soufrière de la Guadeloupe sont susceptibles d'avoir des éruptions de type peléen.

volcan gris



La Montagne Pelée à la Martinique

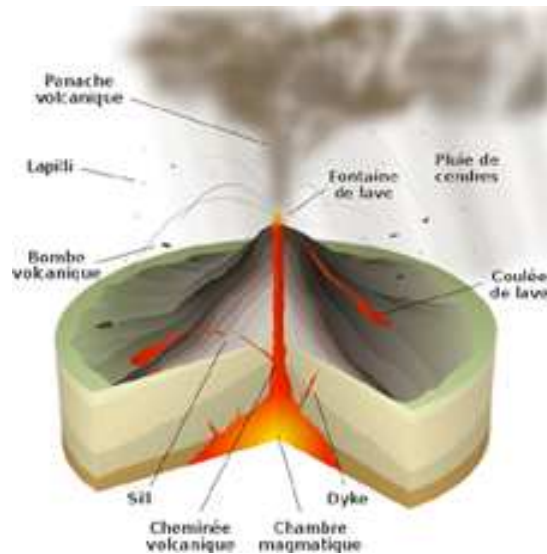


Avalanche pyroclastique ou nuée ardente

=====

volcan gris

= Le type vulcanien.



Ce type éruptif tire son nom de l'île de **Vulcano** en Sicile dont la dernière éruption remonte à 1888-1890. La lave est riche en *silice* et donc visqueuse. Elle bouche la cheminée et, au bout d'un certain temps, l'accumulation des gaz fait sauter ce bouchon. La lave jaillit alors et le panache de cendre peut atteindre plusieurs kilomètres de hauteur. Des *bombes* volcaniques « *en croûte de pain* » retombent sur les flancs du volcan.

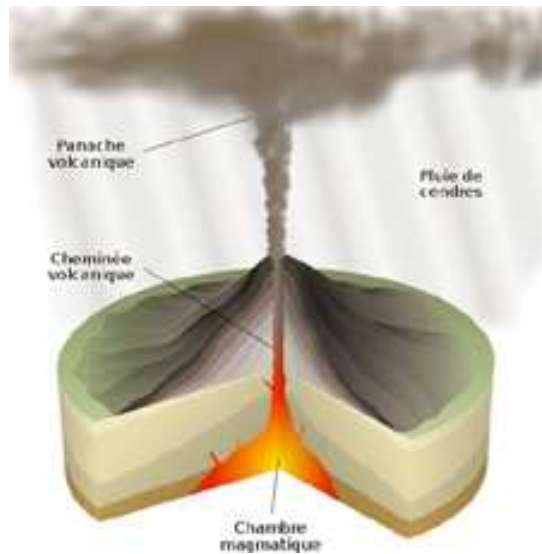
Au Guatemala, le *Fuego* est un bon exemple de volcan de type vulcanien.



Bombe « en croûte de pain » sur l'île de Vulcano

=====

= Le type plinien.



Ce type éruptif tire son nom de **Pline le Jeune** qui décrit l'éruption du **Vésuve** en l'an 79 de notre ère. Cette éruption détruit les villes d'Herculanum, Stabies et **Pompéi**. Les ruines de cette dernière représentent un témoignage exceptionnel de la vie à l'époque romaine.



Ruines de Pompéi, avec le Vésuve à l'arrière-plan

Lors d'une éruption de type plinien, la lave est riche en *silice*, donc très visqueuse. Les gaz ne peuvent pas se libérer, de sorte que la pression augmente dans la chambre magmatique. Il se produit bientôt des explosions qui pulvérisent cette lave et génèrent des panaches de cendre de plusieurs dizaines de kilomètres de hauteur, atteignant la stratosphère. Le panache volcanique - dont la forme ressemble à celle d'un pin parasol - retombe en général sous son propre poids et dévaste les flancs du volcan.

Plusieurs volcans de type plinien jalonnent la *Ceinture de Feu* du Pacifique : le Merapi en Indonésie, le Pinatubo aux Philippines ou encore le Mont St Helens aux Etats-Unis, sans oublier le Vésuve qui menace la ville de Naples !



Le Mont St Helens (Etats-Unis)

En plus des *nuages de cendre* et des *nuées ardentes*, les populations qui vivent à proximité des volcans gris doivent se méfier d'un autre danger : les *lahars*, ou coulées de boue. En effet, pendant la saison des pluies, la cendre qui s'est accumulée sur les flancs des volcans se trouve déstabilisée et est emportée par les trombes d'eau qui s'abattent sur la région. L'un des *lahars* les plus meurtriers a causé la mort de près de 24 000 personnes à Armeiro, en Colombie, en 1985, suite à l'éruption du volcan Nevado del Ruiz.



Dépôts de *lahar* sur le Pinatubo aux Philippines

volcan gris

En dehors de la cendre qui n'est ni plus ni moins que de la roche pulvérisée, on trouve tout de même des coulées de lave sur les pentes des volcans gris. Cette lave riche en *silice* a en général un aspect grisâtre et une surface compacte. On peut citer parmi les types de lave les plus fréquemment rencontrés la *dacite* et l'andésite – qui tire son nom de la Cordillère des Andes – sans oublier la *pierre ponce* et l'*obsidienne*.

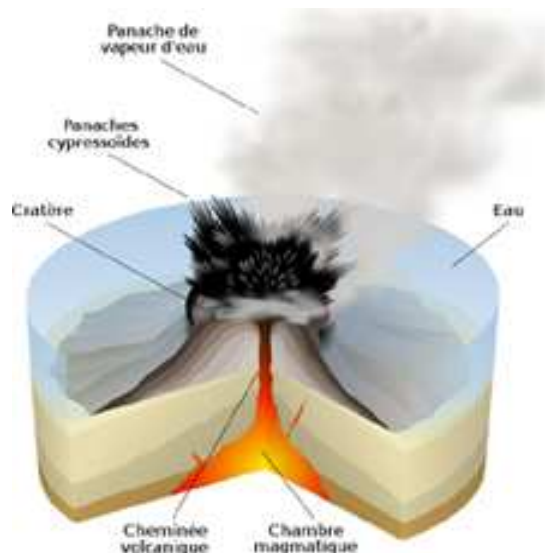
AUTRES TYPES ERUPTIFS

Les éruptions volcaniques peuvent revêtir des formes autres que celles définies dans les pages qui précèdent.

= *Eruption surtseyenne.*

En 1963, une île volcanique naquit au large de la côte sud de l'Islande. Elle fut baptisée Surtsey, du nom de Surtsur, le Vulcain de la mythologie islandaise.

Lors d'une **éruption surtseyenne**, le sommet du volcan se trouve à quelques mètres ou quelques dizaines de mètres sous la surface de l'eau. Des explosions « cypressoides » (car les gerbes projetées ont la forme de branches de cyprès) se produisent et expulsent lave, matériaux volcaniques, eau et vapeur d'eau. Une fois que l'île a émergé, l'éruption se poursuit de manière classique.

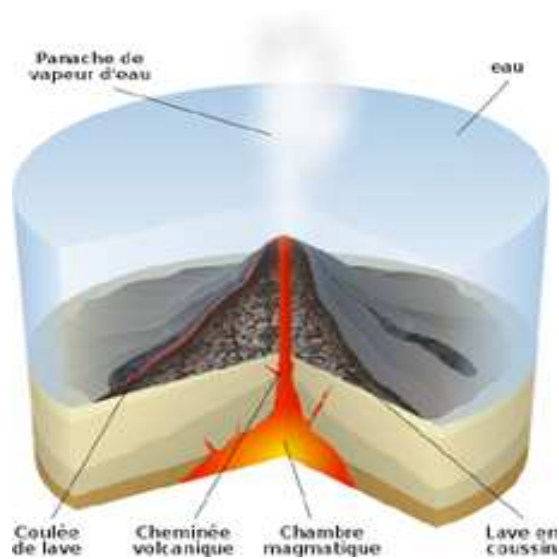


= *Eruption sous-marine.*

La grande majorité des volcans sur Terre sont invisibles car ils se trouvent au fond des océans, au niveau des dorsales océaniques qui sont des lieux d'accrétion de la croûte terrestre.

Lorsqu'une éruption sous-marine se produit, elle se traduit le plus souvent en surface par un changement de couleur de l'eau de l'océan. En profondeur, au contact de l'eau sous pression, la lave se recouvre d'une pellicule de lave durcie qui se fracture sous la pression de la lave qu'elle englobe. Apparaissent alors des « **laves en coussin** » - en anglais « **pillow lavas** » - typiques du volcanisme sous-marin.

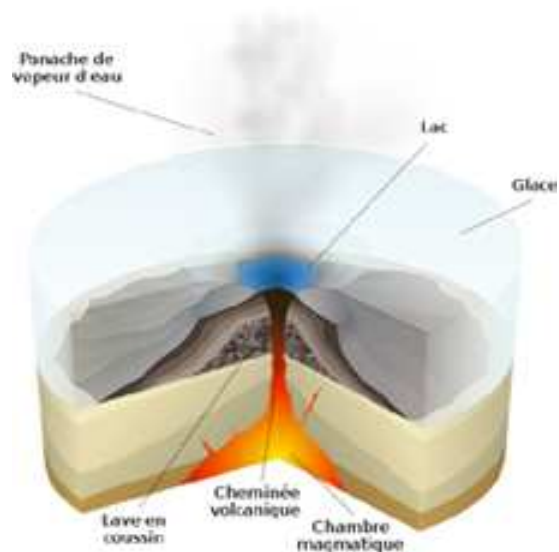
Quand la pression de l'eau est plus faible, elle se transforme en vapeur sous l'effet de la chaleur et peut remonter en surface, donnant naissance à un panache volcanique.



= *Eruption sous-glaciaire.*

Beaucoup d'éruptions sous-glaciaires se produisent en Islande, comme celle de l'Eyjafjallajökull au printemps 2010. Un grand nombre de volcans sommeillent sous les glaciers islandais et le pays assiste souvent à de telles éruptions.

La lave fait fondre la glace, la transformant alors en eau ou parfois en vapeur d'eau lorsque la chaleur dégagée par l'éruption parvient à faire fondre la glace jusqu'à la surface. Lorsque d'importantes quantités de glace sont fondues, l'eau accumulée sous le glacier peut former un lac dont l'eau peut être brutalement libérée et donner naissance à un *jökulhlaup*, énorme torrent de boue qui inonde la plaine côtière.



- *Un volcan atypique : l'Ol Doinyo Lengai*

Situé au nord de la Tanzanie, l'Ol Doinyo Lengai a une altitude de 2878 m. C'est la montagne sacrée des Masai.

La lave qu'il émet est très particulière et très différente de celle des autres volcans de la planète. En effet, c'est le seul volcan actif à émettre des *carbonatites*, laves constituées essentiellement de carbonate de calcium et de sodium, avec un peu de magnésium. Leur température est également exceptionnelle puisqu'elle oscille entre 500 et 540°C, contre 1000-1100°C en moyenne pour les basaltes. A leur émission, ces *carbonatites* sont noires comme du pétrole brut. Au cours de leur refroidissement, elles prennent une teinte grisâtre puis blanche. Quand leur décomposition est avancée, elles revêtent une teinte marron qui était la couleur dominante du sommet du volcan quand j'ai eu la chance de le visiter fin 2002.

Aujourd'hui, le sommet est très différent car il a été secoué par de très fortes explosions en 2007 et les coulées de lave ont été remplacées par un cratère d'effondrement (en anglais un *pit crater*).



Le sommet de l'Ol Doinyo Lengai en 2002



Coulées de carbonatite quelques heures après leur émission

SURVEILLANCE

VOLCANIQUE

Il y a quelques années, le regretté Maurice Krafft comparait un volcan actif à un malade : il a de la fièvre, il tremble, ses tissus enflent et il a mauvaise haleine !

En y réfléchissant bien, un volcan ressemble à un être humain. Quand il montre des signes d'activité, sa température augmente. La montée du magma dans les cheminées fait vibrer le sol. L'édifice volcanique gonfle sous cette même poussée du magma. La composition des gaz se modifie.

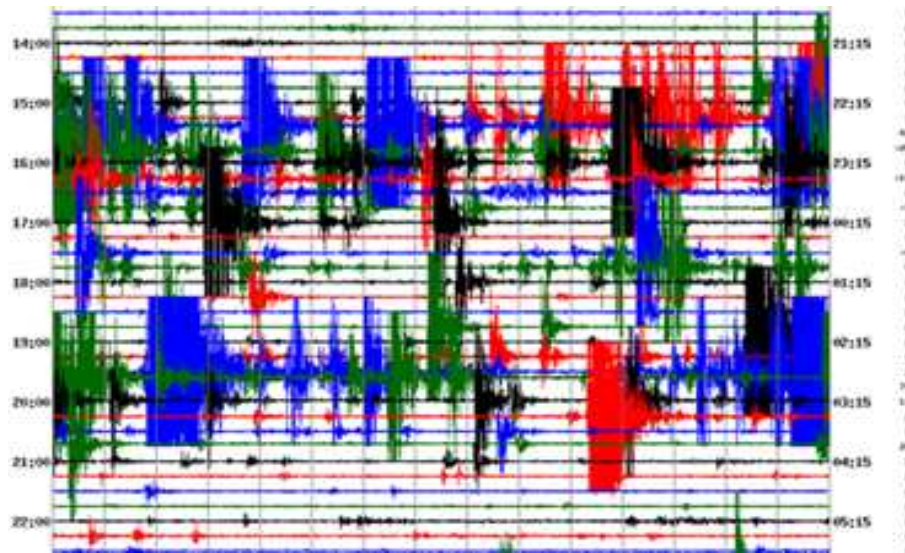
C'est donc en mesurant ces différents paramètres que l'on pourra essayer de comprendre comment se comporte un volcan. Aujourd'hui, la technologie évolue rapidement et de plus en plus de moyens sont à la disposition des scientifiques pour effectuer ce travail de surveillance volcanologique. Toutefois, un grand nombre de volcans actifs restent sans surveillance. En général, ils se trouvent dans des régions inhabitées du globe comme les Iles Aléoutiennes en Alaska, par exemple. Leur surveillance n'est donc pas considérée comme prioritaire.

S'agissant des **mesures de température**, les thermomètres et thermocouples sont de plus en plus souvent remplacés par des capteurs qui effectuent les mesures en temps réel et les transmettent directement aux observatoires. Les satellites sont également très utiles pour détecter les anomalies thermiques sur un volcan.



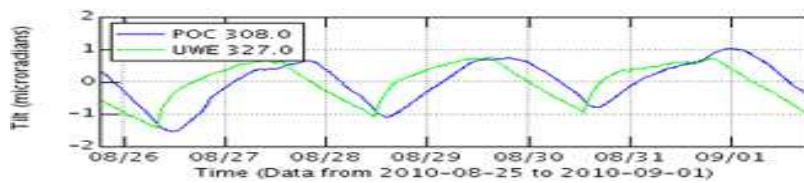
Mesure de température sur l'île de Vulcano (Sicile)

Les vibrations du sol et les séismes sont enregistrés par le **sismographe**, appareil essentiel pour appréhender les humeurs d'un volcan. L'étude du **tremor** (mot anglais qui signifie « tremblement ») est particulièrement importante. Un tremor volcanique correspond à l'enregistrement par les sismographes des vibrations continues qui sont présentes au niveau de l'édifice. Les sismographes sont également capables de détecter d'autres événements tels que les effondrements.



Essaim sismique à Yellowstone en février 2010

La **déformation du volcan** doit être étudiée car elle permet de savoir ce qui se passe dans les profondeurs, en particulier si le magma est en phase ascensionnelle. Les instruments utilisés sont les tiltmètres ou **inclinomètres**. De nos jours, le GPS donne des résultats plus précis et les satellites permettent d'utiliser l'InSAR (Interférométrie par radar à synthèse d'ouverture). D'autre part, les **extensomètres** mesurent l'écartement des fractures.



Données fournies par le tiltmètre électronique du Kilauea à Hawaii

L'analyse des gaz en laboratoire aide elle aussi à comprendre comment fonctionne un volcan. Cette géochimie des gaz a été farouchement défendue par Haroun Tazieff qui a toujours considéré que les gaz étaient le moteur d'une éruption et que leur analyse était essentielle dans la prévision des éruptions.



Prélèvement de gaz dans un tube à vide à Vulcano (Sicile)

PRÉVISION ET PRÉVENTION VOLCANIQUES

Si l'on compare la volcanologie du 21^{ème} siècle à celle du début du 20^{ème} siècle, il ne fait aucun doute que d'énormes progrès ont été réalisés, en grande partie grâce à l'invention de nouvelles techniques et à l'installation d'équipements performants sur de plus en plus de volcans.

Aujourd'hui, on peut affirmer qu'une éruption de la Montagne Pelée à la Martinique ne ferait pas autant de victimes qu'en 1902. Les instruments qui ont été mis en place sur le volcan permettraient probablement d'analyser les signes de réveil du volcan et de savoir s'il est prudent d'évacuer la population. En 1991, nos connaissances volcanologiques ont permis d'éviter une catastrophe de grande ampleur aux Philippines quand le Pinatubo est entré en éruption.

L'intérêt de la volcanologie réside avant tout dans la protection des populations qui habitent sur les pentes des monstres de feu. On l'a vu, ces populations vivent essentiellement sur des volcans gris, donc explosifs, et elles sont à la merci de nuées ardentes dévastatrices.

La grande question est de savoir s'il faut évacuer ces habitants sous la menace du volcan ou si on peut les laisser dans leurs maisons. Des événements récents sur le Kelud et le Sinabung en Indonésie ont mis en évidence nos lacunes dans ce domaine. Dans les deux cas les populations ont été évacuées et aucune éruption majeure ne s'est produite.

En Europe se posera le problème de l'évacuation de Naples et de sa banlieue le jour où le Vésuve se réveillera. Les scientifiques pensent qu'ils disposeront d'une ou deux semaines pour évacuer les centaines de milliers d'habitants vivant dans les zones menacées par le volcan. Ce sera un sacré casse-tête pour la Sécurité Civile italienne !

Actuellement, nous savons interpréter les indications données par les instruments et nous pouvons dire si un volcan est en train de se réveiller. Toutefois, la prévision s'arrête là. Nous sommes incapables de dire quand, où et sous quelle forme une éruption se produira. Au moment où j'écris ces lignes – le 10 octobre 2010 – le Piton de la Fournaise (Ile de la Réunion) montre des signes de réveil depuis le milieu du mois d'août. Les instruments ont indiqué que du magma est monté des profondeurs mais bien malin celui qui serait capable de dire quand la lave fera son apparition et où elle sortira, si elle sort ! Une éruption peut très bien avorter !

QUELQUES SITES INTERNET

Les pages qui précèdent ont pour but de servir de point de départ à un travail plus approfondi. Les bibliothèques et autres Centres de Documentation recèlent des ouvrages susceptibles de vous aider dans votre recherche.

Voici l'adresse de quelques sites généralistes sur Internet susceptibles de vous fournir une aide supplémentaire :

L'Association Volcanologique Européenne (L.A.V.E.) :
www.lave-volcans.com

L'encyclopédie en ligne WIKIPEDIA, mais elle peut contenir des inexactitudes !
fr.wikipedia.org/

Futura-Sciences :
www.futura-sciences.com

L'Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP) :
www.ipgp.fr

Smithsonian Institution (en anglais) :
www.volcano.si.edu/