

**Jeannette JARLAN  
Raymond PIOLAT**

# **Volcans**

**Documents complémentaires  
à l'usage des enseignants  
et des intervenants**

**Formation :**

- des roches volcaniques extrusives,
- des roches volcaniques intrusives,

**Formation des roches issues :**

- d'explosions volcaniques,
- de dépôts minéraux.

**La Terre :**

**Une machine thermique**

**Un morceau du manteau  
terrestre**

## Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Partage des Conditions Initiales à l'Identique 2.0 France

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/fr/>

### Vous êtes libres :



de reproduire, distribuer et communiquer cette création au public



de modifier cette création

### Selon les conditions suivantes :



**Paternité.** Vous devez citer le nom de l'auteur original de la manière indiquée par l'auteur de l'oeuvre ou le titulaire des droits qui vous confère cette autorisation (mais pas d'une manière qui suggérerait qu'ils vous soutiennent ou approuvent votre utilisation de l'oeuvre).



**Pas d'Utilisation Commerciale.** Vous n'avez pas le droit d'utiliser cette création à des fins commerciales.



**Partage des Conditions Initiales à l'Identique.** Si vous modifiez, transformez ou adaptez cette création, vous n'avez le droit de distribuer la création qui en résulte que sous un contrat identique à celui-ci.

- A chaque réutilisation ou distribution de cette création, vous devez faire apparaître clairement au public les conditions contractuelles de sa mise à disposition. La meilleure manière de les indiquer est un lien vers cette page web.
- Chacune de ces conditions peut être levée si vous obtenez l'autorisation du titulaire des droits sur cette oeuvre.
- Rien dans ce contrat ne diminue ou ne restreint le droit moral de l'auteur ou des auteurs.

*Ce qui précède n'affecte en rien vos droits en tant qu'utilisateur (exceptions au droit d'auteur : copies réservées à l'usage privé du copiste, courtes citations, parodie...)*

Ceci est le Résumé Explicatif du Code Juridique

(la version intégrale du contrat - <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/fr/legalcode>).

**Rappel :** La fusion partielle des roches mères du manteau est inférieure à 20% et se réalise de 3 manières :

- Fusion par apport de chaleur due à la désintégration de roches radioactives.
- Fusion par ajout d'un fondant (l'eau). La plaque plongeante apporte de l'eau qui hydrate la plaque chevauchante.
- Fusion par décompression des roches qui remontent à l'axe des dorsales ou à l'aplomb des points chauds. Ce type de fusion est le plus important en termes de quantité de magma engendré.

Sous un volcan, le magma peut commencer à dégazer lorsqu'il n'est plus qu'à un ou deux kilomètres de la surface. C'est la décompression du liquide magmatique qui provoque la formation des bulles de gaz dont la température reflète celle du magma.

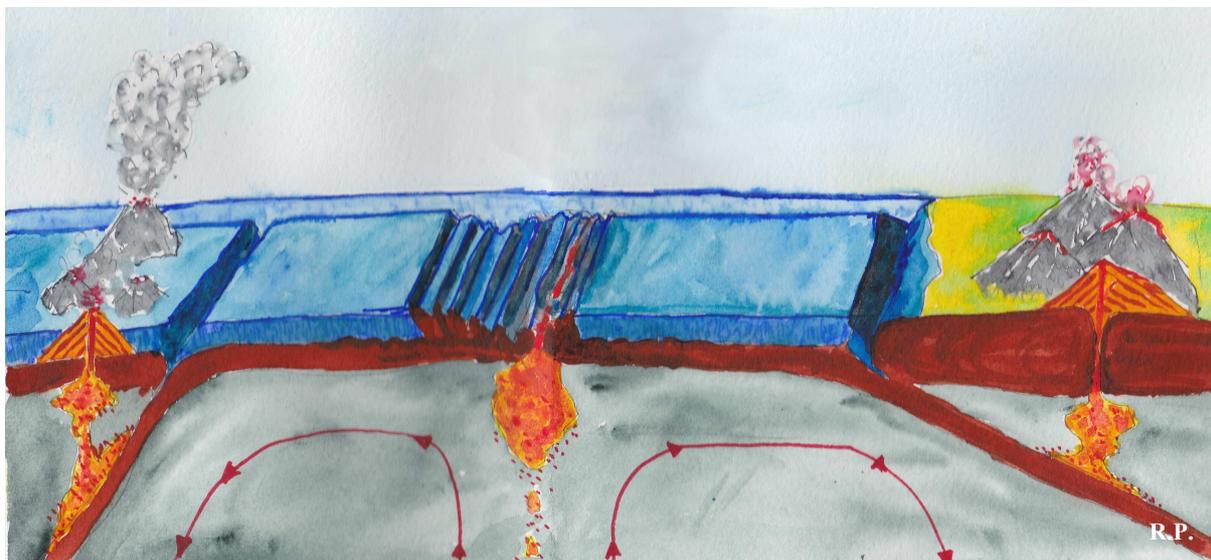
**Définition d'une roche :** association de plusieurs minéraux.

Les produits volcaniques extrusifs (sortis à la surface lors d'une éruption) peuvent être classés en deux grands types : le basalte et l'andésite.

Les produits volcaniques intrusifs (qui sont restés dans le sous sol et y ont refroidi très lentement) sont représentés par les granites.

La richesse en silice du liquide magmatique peut varier de 40 à 70%, ce qui donnera une lave fluide, pauvre en silice ou une lave visqueuse, riche en silice. Toutes les roches volcaniques sont constituées de cristaux de minéraux (sauf le verre volcanique) dont la taille dépend de la température et de la vitesse de refroidissement du magma. La structure de chaque roche conserve ainsi l'histoire de ses conditions de refroidissement : on peut donc toujours reconnaître de quel type de volcan elles sont issues.

Nous détaillerons les deux grands types de roches volcaniques dites extrusives (au-dessus de la surface) ensuite les roches intrusives dites plutoniques, enfin les roches issues d'explosions volcaniques et nous terminerons par le volcanisme dit « mixte ». En conclusion nous citerons quelques phénomènes de concentration des minéraux contenus dans le manteau en quantité infinitésimale sous l'effet des eaux profondes chauffées par le magma.



# 1/ Le basalte est formé par des laves basaltiques :

## 1.1 Les laves fluides basaltiques :

Les magmas basaltiques mis en place à des températures de 1 100-1 200°C sont pauvres en silice et en gaz, ils sont très fluides et remontent rapidement à la surface. Les édifices formés à partir de lave fluide, pauvre en gaz, formeront des volcans de type effusif avec un cône aplati.

Ces volcans émettent calmement et fréquemment des laves basaltiques très fluides sous forme de coulées qui selon la pente des flancs du volcan, la viscosité et le volume de celles-ci, seront plus ou



moins épaisses et plus ou moins longues. La lave fluide peut aussi être projetée par les gaz qui décompressent dans la cheminée pour donner des fontaines de lave.

## 1.2 Le basalte :

Le basalte est une roche qui a cristallisé très finement et partiellement au sein d'une pâte vitreuse (verre volcanique) non bulleuse qui fait office de ciment. La couleur d'ensemble est sombre, tirant sur le noir. A l'œil nu, on distingue parfois des nuances vertes qui sont des cristaux d'olivine sur un fond gris/noir de verre pâteux. On en trouve, par exemple, sur les volcans d'Hawaii, à la Réunion (volcanisme de point chaud) ou le long des dorsales océaniques. Au niveau des dorsales océaniques, les laves forment perpétuellement des coussins de basalte. Toute la croûte océanique est ainsi formée de basalte. (voir échantillon).



Au niveau terrestre, les laves basaltiques en se refroidissant peuvent donner des structures en prisme appelées orgues basaltiques ( phénomène de prismation). (voir photos)

## 1.3 L'obsidienne :

Une roche formée uniquement de verre volcanique : l'obsidienne de couleur sombre. L'absence totale de cristaux indique un refroidissement extrêmement rapide.



Les coulées de laves dans les îles Eoliennes ou en mer Egée, lors du contact avec l'eau, ont formé du verre volcanique qui a fait l'objet d'une exploitation intensive au Paléolithique et au Néolithique pour la fabrication d'outils coupants qui furent exportés dans tout le bassin méditerranéen (voir échantillons).



## 2/ Les roches andésitiques :

2.1 Les laves visqueuses d'andésite sont formées à partir d'un magma andésitique à une température d'environ 900°C. La remontée de ces magmas est lente et ils peuvent stagner à l'intérieur des cheminées qu'ils bouchent. L'expulsion du magma se fait alors sous forme d'explosions (volcanisme explosif) Le contact avec l'air entraîne un refroidissement extrêmement rapide et conduit à la formation de matériaux qui seront étudiés au point 3. Mais aussi, le magma qui alimente les volcans explosifs peut donner par intermittence des coulées de laves visqueuses qui en se refroidissant donnent à leur tour naissance à des roches de couleurs claires et bulleuse appelées andésites. On trouve ce type de roche à proximité des volcans de la Cordillère des Andes d'où leur nom.



2.2 Les laves visqueuses de trachy-andésite. En Auvergne, le Puy de la Nugère témoigne d'une activité volcanique d'il y a plus de 10 000 ans. Ce volcan était de type strombolien. Il était alimenté par un magma visqueux qui a donné naissance à des coulées d'où on extrait la pierre de Volvic. C'est une roche grise avec de très nombreuses bulles fines et du feldspath. Elle résiste au gel, à la chaleur (jusqu'à 1500°C), aux produits chimiques. Elle présente un faible coefficient de dilatation. C'est un matériau intéressant pour la construction. (voir dossier volcan)



## 3/ Les produits intrusifs produits par des magmas siliceux et visqueux :

Ils ont été formés dans les réservoirs magmatiques. Le magma a cristallisé lentement sous terre, sans dégazage, pour donner des roches granitiques (roches plutoniques, voir dossier volcan). A l'œil nu, on distingue de gros cristaux de minéraux qui sont bien reconnaissables. C'est un matériau beaucoup utilisé en construction ou pavage des sols. Le granite est un des principaux composants de la croûte terrestre. Cette roche est plus légère que le basalte. C'est l'érosion de la croûte superficielle terrestre qui permet au granite d'émerger en surface après avoir passé des millions d'années sous terre.



## 4/ Les matériaux produits par projection lors des explosions volcaniques :

Un magma visqueux et riche en gaz dissous (magma trachytique) produira souvent des explosions violentes. Les magmas siliceux sont mis en place à des températures d'environ 900° C. La richesse en silice accroît leur viscosité. Les édifices à lave visqueuse et riche en gaz formeront des volcans explosifs en forme de cône pouvant atteindre + de 6000m lorsque les explosions très violentes se sont répétées durant des millénaires (voir dossier volcan). Une éruption volcanique explosive s'accompagne de l'éjection dans l'atmosphère d'un mélange de gaz volcaniques et de fragments de magma de toutes dimensions. Cette mixture forme un jet qu'on appelle panache volcanique.

**4.1 Dans un volcanisme de type strombolien** (faible hauteur de la colonne éruptive, moins de 5 000 m) : le jet des gaz éjectés emporte des fragments (lambeaux) de lave pâteuse qui forment des projectiles ou des cendres qui retomberont sous la forme :

- de fuseaux ou de galettes ayant une surface rugueuse de dimension supérieure à 6,4 cm (valeur définie par convention) et présentant des orifices de bulles visibles : les **bombes volcaniques**. Ces projectiles sont lourds. Ils suivront après l'éjection, une courte trajectoire parabolique dans l'atmosphère pour retomber à des distances variables. Les bombes s'entassent souvent à proximité du cratère ou elles peuvent être roulées sur les flancs du volcan par les eaux de pluies.

Comme en bordure d'océan, les roches charriées sont polies par frottements et elles prennent alors une forme arrondie et lisse. (voir échantillon)

- de lambeaux de lave solidifiée, remplis de bulles de gaz (un matériau rempli de bulles est dit vésiculé) aux dimensions comprises entre 2 et 6,4 cm (scories) et qui forment le cœur du cône. Exemple : la **pouzzolane** que l'on trouve en Auvergne (voir échantillon). C'est une roche de type basaltique qui possède une structure alvéolaire qui la rend légère. Elle est utilisée en jardinage, pour alléger les bétons et dans la fabrication de parpaings, pour filtrer l'eau, sur les routes en période de neige. Elle peut être de couleur rouge ou noire.

- de cendres (projections inférieures à 2 cm) et qui retombent en pluie et forme un saupoudrage de matériaux très légers au-delà de la base du cône et contenant beaucoup de minéraux.



## 4.2 Dans un volcanisme de type plinien ou peléen, la colonne éruptive peut dépasser les 20 000 m :

Les multiples fragments de lave transportés vers le haut de manière convective par l'immense jet des gaz à l'origine de l'explosion vont se solidifier et retomber sous l'effet de la gravité. Après l'explosion du bouchon obstruant la cheminée, la colonne éruptive peut être maintenue sous pression pendant 2 ou 3 jours. En effet, tant que le réservoir magmatique reste sous pression les éjections de gaz et de lave se poursuivent. Un nouveau bouchon ou un nouveau dôme se mettra en place à la fin de l'éruption.

On distingue plusieurs mécanismes de production de matériaux solides :

- Le sommet de la colonne éruptive est constitué de matériaux petits et légers qui vont former un nuage éruptif en forme de pin parasol. On y trouve des pointes, des lamelles de verre volcanique qui seraient destructeurs des réacteurs d'avion. Ces zones sont interdites de vol tant que le nuage n'a pas été dispersé. Ce nuage emporté par les vents d'altitudes peuvent faire le tour de la terre avant de se disloquer dans l'atmosphère.



La colonne éruptive en s'élevant devient plus dense que l'atmosphère, elle forme alors des **avalanches de ponces** très vésiculées qui formeront des dépôts de ponce à proximité du cratère parfois sur plusieurs mètres d'épaisseur.

La ville de Pompéi a ainsi été engloutie sous une avalanche de ponces. La pierre ponce est une roche vitreuse, bulleuse et friable qui peut être de différentes couleurs. Les parois des bulles de gaz sont formées de verre volcanique qui sont resté fermées lors du refroidissement très rapide : généralement, la pierre ponce flotte sur l'eau. Elle est couramment utilisée pour la fabrication de béton léger et comme abrasif.



Parfois, l'explosion conduit à l'effondrement d'un côté du cratère ce qui provoque la formation d'une coulée provenant d'une partie de la colonne éruptive, mélangée à des résidus provenant du cratère. Cette coulée forme un nuage « mousseux » qui dévale les pentes du volcan à plus de 300 km/h et à des températures dépassant les 300°C.

Ces coulées sont appelées « **nuées ardentes** », elles peuvent atteindre et raser des villes à plus de 10 km, comme la ville de Saint Pierre en Martinique en 1902. (voir dossier volcan). Les coulées sont constituées de matériaux grossiers qui flottent dans une matrice cendreuse pour donner des dépôts épais de plusieurs mètres, peu différenciés et mis en place à haute température. La consistance des coulées peut faire penser à de la mousse de chocolat et, ou, aux « blancs en neige » pour les cuisiniers !!



*Remarque : les cendres des volcans enrichissent les sols car elles contiennent de nombreux sels minéraux : potassium, phosphore, calcium, magnésium, sodium...Après une éruption, la couche de cendres peut atteindre plusieurs mètres, les paysans se précipitent pour les mélanger à la terre de culture afin d'améliorer la fertilité des sols.*

## **5 Un volcan peut changer de type d'éruption ou mêler les deux types :**

Au cours de son histoire un volcan peut changer de type d'éruption ou passer d'un état effusif à un état explosif. Ces deux états peuvent être entremêlés, on a alors des effusions de laves et des explosions qui éjectent des lambeaux de lave ou qui éjectent des bombes, des cendres. (voir dossier volcan). On parle alors d'éruption de type mixte, caractéristique du dynamisme éruptif strombolien. L'exemple type est l'Etna qui change sans arrêt de mode d'éruption. C'est à la fois un volcan rouge et un volcan gris. L'Etna a 4 cratères : un des cratères peut cracher un jet de lave continu de plusieurs centaines de mètres de hauteur pendant qu'un autre cratère expulse des bombes, des lapillis, des cendres.

*Remarque : Lors des explosions on observe que des parties de roches anciennes constituant le cratère peuvent être arrachées.. On a alors des projectiles de laves anciennes qui peuvent atteindre la dimension d'une petite voiture et qui peuvent être projetées à des centaines de mètres. A l'opposé, s'il s'agit d'une simple obstruction de la cheminée, le bouchon est pulvérisé si finement que les résidus sont emportés par la colonne éruptive.*

## **6 Des phénomènes surprenants :**

Un volcan expulse du magma à une température pouvant atteindre 1200°C. La chaleur intense du magma va chauffer les roches encaissantes. L'eau sous l'effet de la pression et de la température devient un « fluide à l'état supercritique » (voir explication en annexe) qui va provoquer la dégradation des roches. Le fluide se « charge » en minéraux dissous. En remontant à la surface, le fluide redevenant de l'eau liquide, déposera tous les minéraux non solubles dans l'eau et restera « chargé » de minéraux solubles et de gaz solubles.

En surface de la croûte terrestre ou océanique il peut se produire des rejets d'eaux chaudes minéralisées comme les sources à plus de 50°C, les geysers...En Auvergne, de nombreuses stations thermales utilisent ces eaux pour soigner toutes sortes de maladies.

Les eaux riches en oligoéléments comme l'eau minérale de Volvic apporte à l'organisme des minéraux indispensables.

Les boues riches en minéraux : l'eau souterraine chauffée par le magma remonte par des fissures et au passage se charge en minéraux pour former en surface des marmites de boue minéralisée. Des personnes viennent s'y plonger pour des soins médicaux adaptés.

En profondeur, la dégradation des roches encaissantes du magma par l'eau devient un fluide à l'état supercritique. Les minéraux contenus en quantité infinitésimale dans les roches sont libérés et seront emportés par le fluide pour former :

A proximité des dorsales océaniques, d'étranges cheminées par où s'échappe en permanence de la vapeur chargées en sel minéraux, en soufre, etc. (les fumeurs noirs).

A proximité des volcans des points chauds, des pierres précieuses. Les eaux d'infiltration qui circulent dans des fissures de la lithosphère à proximité des magmas, se transforment en « fluides supercritiques » qui en naviguant à travers les roches vont se « charger » en minéraux précieux.

En remontant et en se refroidissant les fluides déposeront des minéraux rares, aux couleurs vives, dans des trous entre les roches en profondeur. Ainsi seront formées les pierres précieuses.



Dégagées par l'érosion, ces pierres précieuses finiront par apparaître en surface.

Des métaux. Par la dégradation des roches encaissantes, les fluides à l'état supercritique se chargent en sels métalliques.

Ces éléments dissous seront transportés en empruntant des fissures entre les roches pour être finalement déposés, lors de la remontée du fluide en gisements d'or, de cuivre, de soufre ou de minerais de fer, de bauxite, etc.



Pour conclure : Les volcans sont une source d'énergie inépuisable. Dans la croûte terrestre, la température du sol augmente de 3°C chaque fois que l'on descend de 100 m sous terre. A proximité des volcans, elle augmente de 4 à 10°C tous les 100 m. Depuis l'antiquité, les hommes utilisent cette chaleur pour se chauffer et, depuis un siècle, pour produire de l'électricité.

Pour transformer l'énergie des volcans en électricité, on effectue des forages qui descendent sous terre dans des poches d'eau souterraine à proximité du magma. L'eau chauffée peut atteindre 300°C tout en restant liquide sous l'effet de l'énorme pression exercée par les roches. On pompe cette eau dans des canalisations isolantes jusqu'à une usine installée en surface. En arrivant en surface, cette eau aux environs de 300°C, se transforme en énorme quantité de vapeur qui fait tourner des turbines produisant de l'électricité.

En France, à Chaudes-Aigues, dans le Cantal, les habitants bénéficient gratuitement pour se chauffer d'une eau chauffée à 82°C !



## 7 Des jets de gaz constitués de gaz dangereux :

Des fumées faites de vapeur d'eau mêlée à du gaz soufré (dioxyde de soufre) peuvent jaillir à la surface par des fissures. Il arrive même que du soufre liquide s'échappe (température de plus de 116°C) et se dépose sous forme de cristaux jaune citron sur les roches alentours (volcan de la Soufrière en Guadeloupe).



Les volcans libèrent d'autres gaz qui peuvent être très toxiques comme le dioxyde de carbone qui, lorsqu'il s'échappe en grande quantité et d'un seul coup, est mortel.

Le 21 août 1986, dans la soirée, le lac Nyos, au nord-ouest du Cameroun, a explosé et libéré environ un kilomètre cube de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). Comme le gaz carbonique est une fois et demi plus lourd que l'air, en s'échappant du cratère, il s'est dispersé au niveau du sol sur une grande surface jusqu'aux villages et prairies environnants, causant la mort des villageois et de leurs troupeaux.



Annexe : Au-delà des trois états classiques de la matière (solide, liquide et le gaz), existent deux autres états qui sont le plasma (gaz ionisé) et l'état supercritique qui est atteint lorsqu'on amène un liquide au-delà d'une pression critique et d'une température critique.

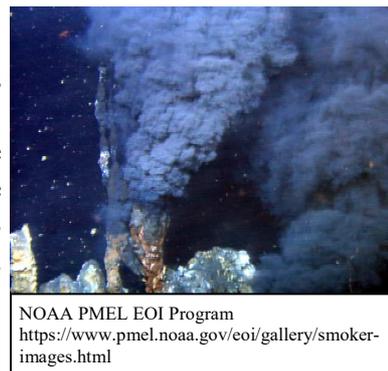
Dans le cas de l'eau, l'état supercritique est observé en portant la température à plus de 374°C et la pression à plus de 218 fois la pression atmosphérique.

Les propriétés du fluide à l'état supercritique est intermédiaire entre l'état gazeux et l'état liquide.

Un fluide à l'état supercritique acquiert la propriété de dissoudre très facilement de nombreuses substances chimiques.

Dans les zones de subduction, l'eau se trouve facilement sous forme libre.

L'eau circulant dans les fractures de la croûte océanique se trouve dans les conditions d'un état de fluide supercritique. Ce fluide est capable de mettre en solution un grand nombre d'éléments chimiques qui seront libérés en sortie de cheminées ( fumeurs noirs).



Dans la croûte continentale, il circule de l'eau qui peut rapidement devenir un fluide supercritique. La température critique est atteinte vers 12 km de profondeur et la pression critique est atteinte dès 2,2 km de profondeur.

Cet état de fluide supercritique de l'eau permet un maintien en solution de nombreux éléments minéraux. Lorsque l'eau supercritique, fortement « chargée » en minéraux remonte dans la croûte, elle quitte l'état supercritique, les éléments dissous deviennent sur concentrés et se déposent sous forme de filon de minéraux.

Les fluides supercritiques sont à l'origine de la formation de la lave carbonique (volcan Oldoiyo Lengai en Tanzanie). L'état supercritique de l'eau permet la surconcentration de dioxyde de carbone pour former une lave blanche qui s'épanche à une température aux environs de 400°C.

Pour celles et ceux qui veulent aller plus loin, voici les sources consultées pour rédiger cet article :

- Site du BRGM
- Les volcans comment ça marche éditions BRGM
- Roches et paysages BRGM éditions
- Le feu des Abysses éditions Quae (planète terre)
- Site du CNRS
- Le guide du géologue amateur éditions Dunod

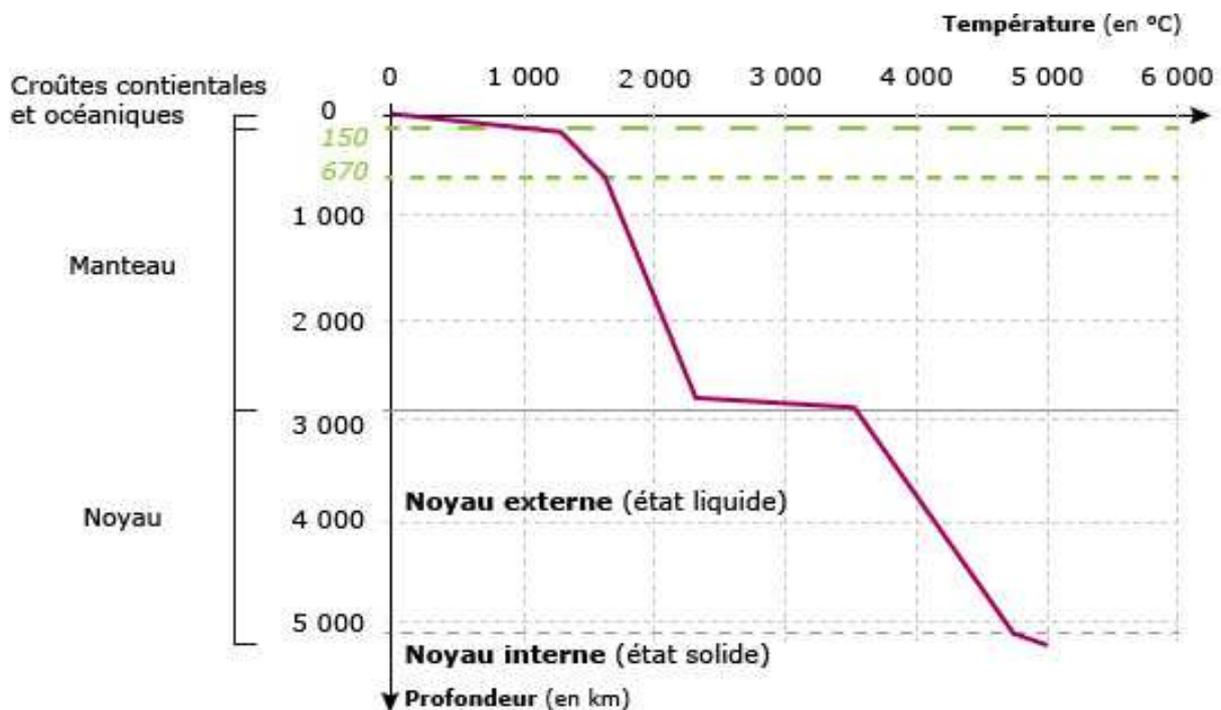


# LA TERRE : UNE MACHINE THERMIQUE

La terre présente une température moyenne de 15°C, en partie due à l'énergie solaire absorbée par le globe et aussi due au flux thermique provenant de l'intérieur de la terre (voir dossier volcans).

A la surface de la terre, nous observons des manifestations qui traduisent la dissipation de l'énergie thermique de la terre, comme les éruptions volcaniques, les geysers, les sources chaudes ou encore les séismes. Les sources hydrothermales des fonds océaniques (fumeurs noirs) libèrent des fluides à très haute température (350°C). A la source thermale du Par à CHAUDES-AIGUES (Cantal), l'eau jaillit à 82°C, ce qui en fait une des sources les plus chaudes d'Europe. En France, plus de 1200 sources thermales chaudes sont connues. Dans les mines de charbon, on constate que la température augmente d'environ 1°C lorsqu'on descend de 30 m. Cela définit le gradient géothermique (accroissement de la température avec la profondeur). La courbe représentative de l'augmentation de la température en fonction de la profondeur est appelée géotherme,

Gradient géothermique :



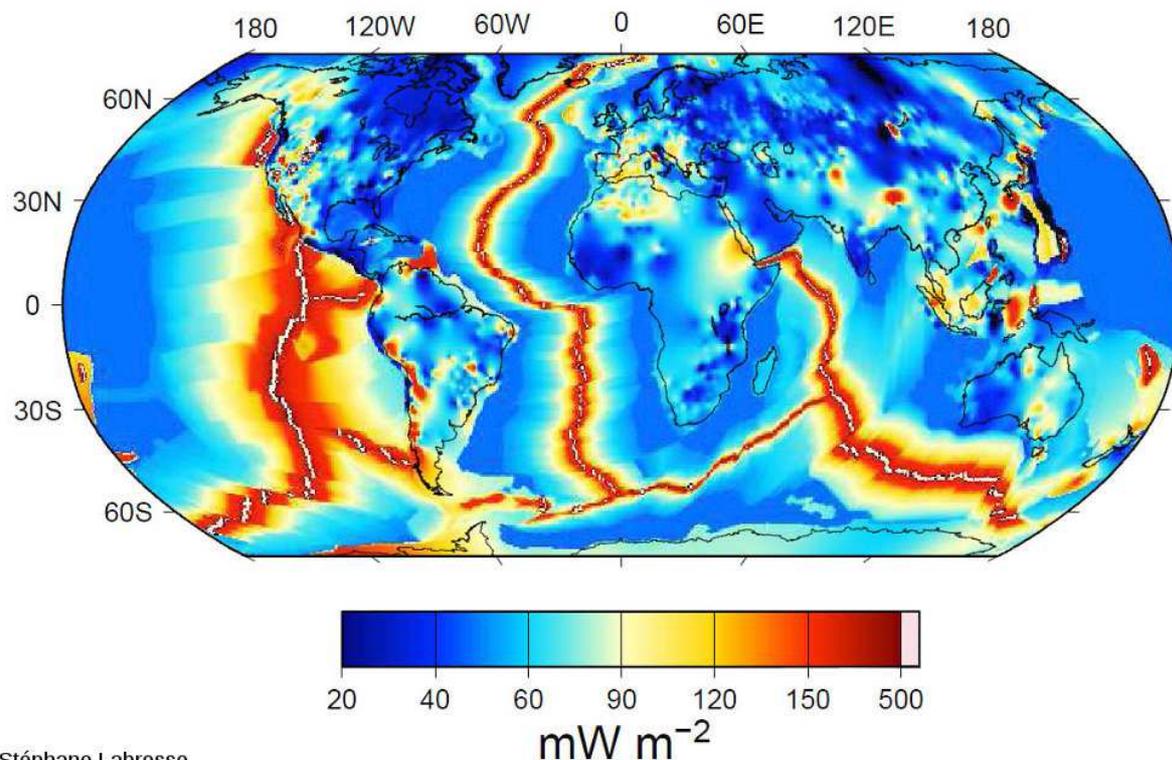
La limite entre la lithosphère et la couche du manteau appelé asthénosphère correspond au géotherme 1300°C. Cette limite se situe en moyenne à 100 km de profondeur avec des variations allant de 10 à 150 km (voir dossier volcans).

On caractérise aussi le flux de chaleur (flux géothermique) comme étant la quantité de chaleur évacuée par la terre, exprimée par unité de surface et par unité de temps ( $\text{mW}\cdot\text{m}^{-2}$ ). Le flux moyen est de l'ordre de  $87 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$  (il est sur les continents de l'ordre de  $65 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$  et sur les océans de l'ordre de  $100 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ ).

En France, le flux moyen est de  $100 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ , les valeurs maximales s'observent au niveau des fossés d'effondrement (Alsace, Limagne).

A l'échelle mondiale, les flux les plus élevés sont localisés sur les grands fossés d'effondrement continentaux (Rift Valley en Afrique), mais surtout le long des dorsales océaniques et des chapelets d'îles (Hawaï, Polynésie), sièges d'un volcanisme intense.

Carte mondiale du flux de chaleur à la surface de la terre :



Stéphane Labrosse

## Dissipation de l'énergie géothermique :

L'énergie thermique interne (chaleur) de la terre se dissipe selon deux modalités :

**La conduction thermique** : elle permet le transfert d'énergie thermique (par un phénomène de diffusion) des zones chaudes vers les zones froides à travers de la matière immobile en particulier au travers de la lithosphère constituées de roches solides indéformables mais cassantes. Les roches terrestres sont de mauvais conducteurs thermiques ce qui rend le mécanisme de transfert très lent. Si les roches freinent les transports d'énergie interne, elles permettent en contrepartie un stockage de la chaleur ce qui très important pour éviter au magma stationné durant des millénaires dans les réservoirs magmatiques ou durant sa remontée vers la surface de se refroidir (les pertes thermiques sont très faibles, voir dossier volcans). Plus globalement ce stockage de la chaleur évite à la terre de se refroidir trop vite. Au moment de la formation des océans, il y a plus de 4 milliards d'années, l'eau était à plus de 60°C. On peut constater un très lent refroidissement de la terre au cours des millénaires.

**La convection** : La matière se déplace et transporte sa chaleur sans pratiquement en perdre en route. C'est un mécanisme de transfert d'énergie des zones chaudes vers les zones froides très efficace. L'ascension de matière chaude et la descente de matière froide sont la traduction de grands mouvements de convection dans le manteau. Les roches forment un ensemble solide qui en fait se déforme et s'écoule comme un fluide extrêmement visqueux (à la manière de l'écoulement d'un glacier) . Les mouvements sont lents, 1 à 10 cm par an. Cependant, la convection est 200 fois plus efficace que la conduction en matière de transfert d'énergie dans le globe terrestre.

Les déformations à la surface du manteau, provoquées par les mouvements de convection, se concentrent dans des zones étroites qui divisent la surface de la terre en grandes plaques appelées plaques tectoniques. On constate que :

Le fort flux géothermique au niveau des dorsales océaniques s'explique par la remontée de matériel chaud (éruptions volcaniques permanentes, voir dossier volcans) et la production de nouvelle croûte océanique, peu épaisse. On retrouve également un fort flux au niveau des zones de volcanisme des points chauds.

Dans les zones de subduction, le plongement de la lithosphère océanique âgée, dense et froide explique la faible valeur du flux géothermique. Localement, on retrouve des flux élevés au niveau des arcs volcaniques ou des cordillères volcaniques à proximité des zones de subduction.

En conclusion, le globe terrestre est caractérisé par :

Une production de chaleur au centre du globe

Différents états des matériaux : état solide, état visqueux, état liquide.

Une couche appelée manteau qui se comporte comme un fluide extrêmement visqueux

Un gradient géothermique en fonction de la profondeur qui a été cartographié.

La montée de matériel chaud jusqu'au plancher océanique au niveau des dorsales océaniques (volcanisme).

L'enfoncement de matériel froid (lithosphère océanique) au niveau des fosses océaniques.

Une translation de matière entre les dorsales et les fosses.

Une lithosphère océanique de plus en plus épaisse des dorsales aux fosses.

Une tectonique des plaques liée à la dissipation d'énergie due aux mouvements de convection dans le manteau.

Les continents que nous connaissons actuellement vont continuer à se déplacer, des océans se créeront, d'autres se fermeront. Ainsi les continents et les océans sont en constante évolution depuis leur mise en place il y a maintenant 4,2 milliards d'années.

Notre présentation du volcanisme illustre une partie importante de la dissipation de la chaleur interne de la terre.

# Bombe volcanique d'Auvergne

## ENVELOPPANT UN ECHANTILLON DU MANTEAU TERRESTRE !!!

Les magmas d'Auvergne sont nés dans le manteau supérieur, à une centaine de kilomètres sous la surface. Ce manteau est pour l'essentiel constitué de cristaux verts d'olivine et de pyroxènes sombres, formant une roche appelée Lherzolite (famille des péridotites). C'est à partir de ces minéraux que les magmas se forment par fusion partielle.



Lors de son ascension, il arrive que le magma basaltique prélève des fragments du manteau terrestre et les transporte vers la surface. Pendant l'éruption, du magma reste parfois collé au fragment de manteau terrestre et l'ensemble est éjecté du conduit volcanique. Durant son trajet dans l'atmosphère, le magma se refroidit et acquiert une forme aérodynamique en fuseau, caractéristique des

« bombes volcaniques ».

La présence de fragments de manteau dans ces roches volcaniques aux formes caractéristiques confère à ces objets un caractère exceptionnel, et en fait de précieux témoins sur la nature géologique du manteau et les mécanismes de formation des magmas en profondeur.

L'Auvergne figure parmi les rares régions du monde où de tels échantillons peuvent être collectés. Cette bombe à noyau de Lherzolite provient d'un volcan strombolien, âgé de deux millions d'années, de la région du Puy-en-Velay.



Section polie d'une bombe basaltique en fuseau à noyau de péridotite (roche verte venant du manteau terrestre).



**La pierre de Volvic (trachy-andésite)  
est utilisée par les sculpteurs (ici Y.Connier)**