

## **Cosmologie- Sciences de l'Univers**

### **Chapitre V : Les activités internes de la Terre comparées à celles des autres planètes telluriques et de l'astéroïde 4Vesta.**

Le noyau terrestre est formé d'une zone interne et d'une zone externe convective, ce dont témoigne la présence d'un champ magnétique. Le noyau semble présent sur chacune des planètes. Le fait que ce noyau soit ou non convectif est attesté par la présence d'un champ magnétique. Un champ faible existe sur Mercure et Mars, mais pas sur Vénus.

Le volcanisme est présent et actif sur Terre. Les zones océaniques sont entièrement formées d'un plancher magmatique récent. Les croûtes continentales sont essentiellement formées de zones plutoniques anciennes, mais des volcans ponctuels y sont présents et actifs. On identifie clairement sur Mars et Vénus des édifices volcaniques (Olympus Mons sur Mars, très nombreux volcans sur Vénus). Sur Mercure, il existe des épanchements volcaniques, semblables à ceux de la Lune. Deux questions se posent : quel est l'âge du volcanisme ? à quoi est-il dû ? La principale méthode de datation des surfaces est basée sur la densité des cratères. De Mars, nous disposons de plus de quelques échantillons météoritiques. Mercure : plus d'activité depuis 3Ga, épanchements volcaniques peut être dus aux impacts météoritiques plutôt qu'à une activité interne. Vénus : surfaces jeunes, aucune n'est apparemment plus vieille que 800 Ma. On pense, vu la densité de volcans, que le volcanisme est encore actif. Sur Mars, la plupart des surfaces semblent avoir 1.3Ga, mais il y a aussi des surfaces plus jeunes (environ 300 Ma).

Pour la tectonique des plaques, on peut chercher deux indices 1) la présence de dorsales et de zones de subduction, c'est à dire de reliefs linéaires de grandes longueurs 2) la présence d'alignement de volcans. Rien de tout cela n'est visible sur d'autres planètes que sur la Terre. De plus, la présence de volcans gigantesques comme Olympus Mons sur Mars et Maat Mons sur Venus, montre qu'il n'y a probablement pas de déplacement du point chaud par rapport au volcan.

L'astéroïde 4Vesta qui a un diamètre de près de 500kms, est différencié, présentant un noyau, manteau et croûte. Il n'y a pas eu d'activité magmatique dans ce corps depuis 4500Ma.

#### **Les produits magmatiques sur Terre comparés à ceux des autres planètes telluriques et de l'astéroïde 4Vesta.**

Les achondrites basaltiques sont les seules roches ignées provenant de l'extérieur de la planète Terre. L'objectif principal est d'établir une comparaison entre les différents produits basaltiques planétaires, provenant de la Terre, de Mars et de la Lune, et astéroïdaux de 4Vesta. Les basaltes sont des roches communes qu'on trouve aussi bien sur Terre que sur Mars, la Lune et sur l'astéroïde 4Vesta. Par conséquent, le magmatisme basaltique est un processus important dans les corps planétaires et astéroïdaux. En revanche, les granites, qui correspondent à des roches plutoniques très évoluées, sont abondants seulement dans la croûte terrestre mais pas dans d'autres corps planétaires ou astéroïdaux. Les roches basaltiques montrent, dans la plupart des cas, des différences de compositions liées essentiellement aux conditions régnant au cours de la formation des corps parents ainsi qu'aux processus magmatiques qui ont suivi.

Chaque corps planétaire ou astéroïdal est formé par une variété de roches mafiques (basaltes et gabbros) et ultramafiques (dunites, péridotites et pyroxénites) reflétant des conditions et des processus magmatiques spécifiques à chaque corps.

### **Les basaltes :**

Comparée à la Terre, la Lune est pauvre en éléments sidérophiles et en volatils. Les basaltes lunaires ont des teneurs élevées en  $\text{TiO}_2$  et en  $\text{FeO}$  et des teneurs faibles en  $\text{Na}_2\text{O}$  (volatils) par rapport aux basaltes terrestres.

La planète Mars est caractérisée par un petit noyau de métal ou de sulfure. Elle est probablement plus oxydée que la Terre, conséquence de l'abondance de  $\text{FeO}$  dans son manteau. Les basaltes martiens (shergottites) sont caractérisés par des teneurs élevées en  $\text{FeO}$  et légèrement faibles en  $\text{Na}_2\text{O}$  comparés aux basaltes terrestres.

Sur l'astéroïde 4Vesta, les basaltes (eucrites) se distinguent toutefois des basaltes terrestres par de nombreux caractères. Les basaltes terrestres sont beaucoup plus riches en alcalins (sodium et potassium) que les eucrites. Les plagioclases eucritiques sont également riches en calcium et pauvres en sodium, tandis que les plagioclases des basaltes terrestres sont généralement mi-sodiques, mi-calciques.

### **Les anorthosites :**

Ce sont des roches constituées essentiellement de plagioclase et contenant des teneurs importantes en  $\text{CaO}$  pouvant atteindre 17 % de la composition globale. Par ailleurs, les anorthosites terrestres sont plus riches en éléments volatils ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 1,51$ ) que les anorthosites lunaires ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 0,31$ ).

La présence d'anorthosites sur Mars et sur l'astéroïde 4Vesta n'est pas encore confirmée et cela est dû soit par la non extraction, ou le non croisement avec la trajectoire terrestre de ces roches, soit par l'absence totale de ces roches sur ces corps et donc que les conditions n'étaient pas favorables pour la formation de magmas anorthosiques à partir de magmas basaltiques par décantation et extraction de minéraux mafiques. Pour permettre la formation des anorthosites type lunaire, il faut une faible gravité qui ne peut avoir lieu que sur les petits corps. Il est cependant étonnant de ne pas en trouver sur 4vesta.

### **Les gabbros :**

Les gabbros lunaires sont les plus riches en fer et en titane avec des teneurs en magnésium presque similaires. Les gabbros terrestres sont, en revanche, les plus riches en éléments volatils ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ).

### **Les pyroxénites :**

Les pyroxénites martiennes pauvres en Ca (orthopyroxénites) sont très ferrifères par rapport à leurs équivalents terrestres et astéroïdales (Diogénites). Dans l'état actuel des connaissances, aucune pyroxénite lunaire n'a été décrite. Ceci pourrait s'expliquer par la non extraction de ce type de roches de son corps parent : La Lune.

### **Les péridotites (Iherzolites) :**

Elles renferment toutes des olivines, des orthopyroxènes et des clinopyroxènes. Les shergottites Iherzoliques (péridotites martiennes) sont riches en titane par rapport aux Iherzolites terrestres.

### **Les dunites :**

Les dunites planétaires et astéroïdales ressemblent beaucoup aux dunites terrestres. Ce sont des roches ultrabasiques très riches en olivine (> 90 %). Les dunites astéroïdales de 4Vesta sont légèrement plus magnésiennes (Fo<sub>93</sub>) que leurs équivalents terrestres (Fo<sub>89</sub>). Les dunites martiennes (chassignites) se composent d'olivine riche en fer (Fo<sub>68</sub>) et sont donc les plus ferrifères. Jusqu'à présent, aucune dunité lunaire n'a été décrite. Ceci pourrait s'expliquer par la non extraction de ce type de roches de La Lune. Il y aurait logiquement des couches dunitiques considérables en profondeur à cause de la décantation des minéraux mafiques et de la formation d'anorthosites, mais ces dunites ne sont pas 'échantillonnables' lors des impacts en raison de leur trop grande profondeur de mise en place.

### **Conclusion :**

Les achondrites ressemblent le plus aux roches terrestres (basaltes, gabbros, pyroxénites, dunites...). Elles se divisent en trois groupes : Les achondrites astéroïdales, qui proviennent probablement d'un astéroïde ; les achondrites planétaires qui proviennent de la Lune et de Mars.

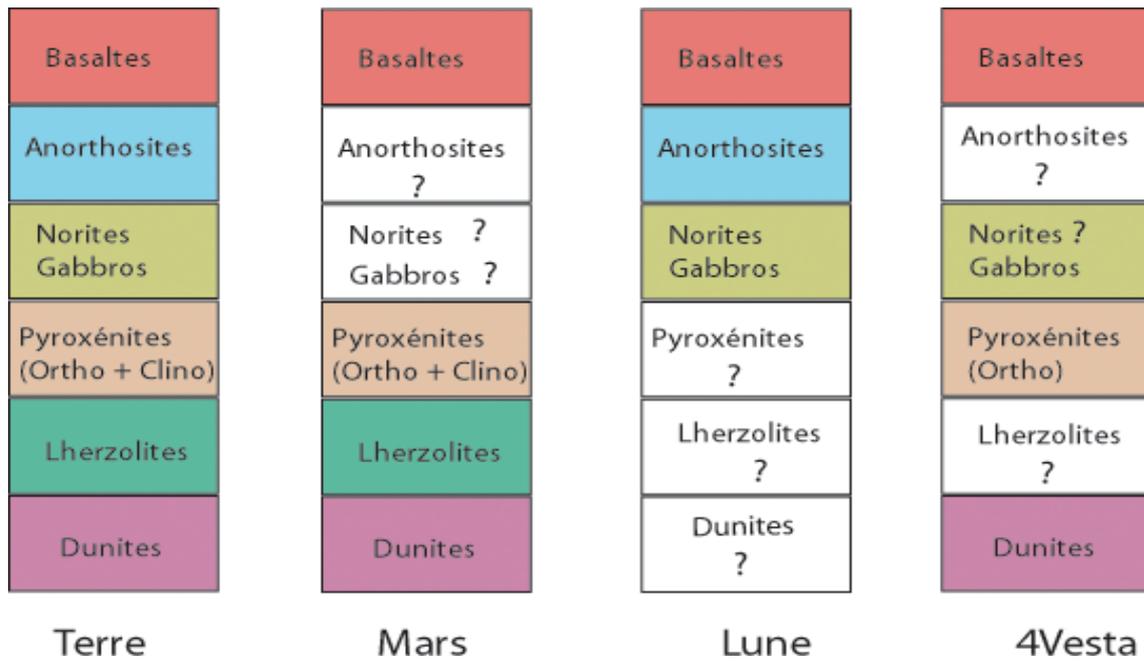
Deux types principaux de roches magmatiques sont présents sur la Lune : des basaltes assez semblables aux basaltes terrestres et des anorthosites. La planète Mars est représentée essentiellement par des basaltes, des pyroxénites, des péridotites et des dunites. L'astéroïde 4Vesta comprend des basaltes, des gabbros, des pyroxénites et des dunites.

La planète Mars était, lors de sa formation, probablement plus oxydée que la Terre, ayant pour résultat plus de FeO dans son manteau. Les basaltes martiens sont caractérisés par des teneurs élevées en FeO et légèrement faibles en alcalins comparés aux basaltes terrestres.

La présence de teneurs considérables en Fe<sup>3+</sup> suggère des fugacités d'oxygène élevées. Par contre dans l'eucrite 4Vesta, les conditions étaient réductrices au cours de la différenciation de l'astéroïde et la fugacité d'oxygène était faible au cours de la formation des eucrites. La volatilisation des alcalins était importante à des degrés croissants depuis la Terre, Mars, la Lune et l'astéroïde 4Vesta et cela suivant la dimension du corps de plus en plus petit (force de gravité diminuant).

La présence des anorthosites sur Mars et sur l'astéroïde 4Vesta n'est pas confirmée et cela est dû soit à la non extraction ou au non croisement de ces roches avec la trajectoire terrestre, soit par l'absence totale de ces roches sur ces corps suite à l'absence de conditions favorables pour la formation de magmas anorthositiques à partir de magmas basaltiques par décantation et extraction de minéraux mafiques. Par ailleurs, l'absence de pyroxénites et de dunites lunaires pourrait s'expliquer uniquement par la non extraction de ce type de roches du corps parent, car il y aurait logiquement des couches dunitiques, péridotitiques et même pyroxénitiques après la formation de la gigantesque couche anorthositique qui forme la croûte superficielle de la Lune.

Les granites, roches plutoniques très évoluées, sont abondants seulement dans la croûte continentale terrestre mais pas dans d'autres corps planétaires ou astéroïdales.



**Fig. : Succession stratigraphique des unités pétrographiques des différents corps planétaires et astéroïdaux.**

La **Figure** illustre les différentes lithologies que l'on peut rencontrer dans les différents corps planétaires et astéroïdaux. La Terre présente une série complète qui débute par des dunites et passe à des lherzolites, des pyroxénites, des norites-gabbros, des anorthosites et enfin des épanchements basaltiques. A l'inverse de la Terre, les autres corps sont amputés de l'une ou plus de ces lithologies. L'absence de l'une de ces lithologies est liée soit aux processus magmatiques spécifiques à chaque corps, soit dans le fait que ce type de roche n'ait pas été extrait lors d'impact ou que les fragments n'aient pas encore croisé la trajectoire de notre planète Terre au cours de leur voyage dans l'espace.