

VOLCANS ET SEISMES

I. Le volcanisme terrestre

1. Les éruptions volcaniques

Une éruption volcanique est l'arrivée au sommet (cratère) ou sur les flancs du volcan de roches fondues : c'est du magma dont la température est voisine de 1 000 degrés.

En se refroidissant les coulées de lave se solidifient et deviennent de la roche volcanique. A chaque éruption, le cône s'agrandit. Le cône volcanique se construit peu à peu par accumulation des coulées de lave et de projections.

Lors d'une éruption volcanique, du magma (roche en fusion) monte vers la surface :

- si le magma contient peu de gaz, l'éruption est calme : des coulées de lave descendent sur les flancs du volcan.
- si le magma est très riche en gaz dissous, l'éruption est violente : les gaz qui se dégagent projettent des fragments de magma de taille variée qui en se refroidissant prennent l'aspect de bombe, de blocs ou bien de cendres.

Il existe deux types d'éruptions volcaniques :

- Les éruptions effusives

Les éruptions effusives sont calmes. Par une fissure qui s'ouvre sur le flanc du volcan s'écoule une « rivière » de lave (roche fondue dont la température varie de 900 à 1200°C). La coulée suit la pente, brûlant les arbres sur son passage. La vitesse de la coulée varie, selon la pente, de 50 à 80 km à l'heure.

Ces éruptions effusives engendrent parfois de petites explosions projetant des bombes (taille > 6 cm), des lapilli (taille 6 cm à 2 mm), des cendres (taille < 2 mm).

Exemple d'éruption effusive : le Piton de la Fournaise (La Réunion).

- Les éruptions explosives

Les éruptions explosives sont très violentes. Elles sont caractérisées par des émissions de cendres et parfois de nuées ardentes. Ces éruptions peuvent alors détruire le sommet du volcan en projetant des blocs solides.

Exemple d'éruption explosive : la Montagne Pelée (Martinique).

L'eau de surface, par sa présence, peut renforcer le caractère explosif d'une éruption et transformer en éruption violemment explosive une éruption qui aurait dû normalement être calme. La montée du magma à haute température vaporise en effet l'eau qui imprègne le cône volcanique.

2. Le cône volcanique

Un volcan a fréquemment la forme d'un cône. Il se construit peu à peu par accumulation des coulées et des diverses projections.

Ainsi l'île de la Réunion (département français au large de Madagascar) est constituée de deux volcans : le Piton des neiges (3 069 m d'altitude), volcan éteint qui occupe les deux tiers nord-est de l'île, et le Piton de la Fournaise (2 631 m d'altitude), volcan actif. De même, la montagne Pelée s'est construite par l'accumulation des roches volcaniques rejetées au cours des diverses éruptions depuis 300 000 ans.

3. La montée de magma

Les éruptions volcaniques se caractérisent toujours par une montée de magma (roches en fusion dont la température est supérieure à 900°C) contenant des gaz dissous (vapeur d'eau, oxyde de carbone, dioxyde de soufre...).

Lorsqu'on décapsule une bouteille d'eau gazeuse, la baisse brutale de pression entraîne un dégagement gazeux immédiat, accompagné parfois de la montée d'une partie du liquide. Il se produit un phénomène analogue quand le magma arrive en surface : par décompression les gaz se séparent de la lave et s'échappent.

Lorsque le magma est très fluide, les gaz s'échappent facilement et en permanence. Il n'y a pratiquement pas d'activité explosive.

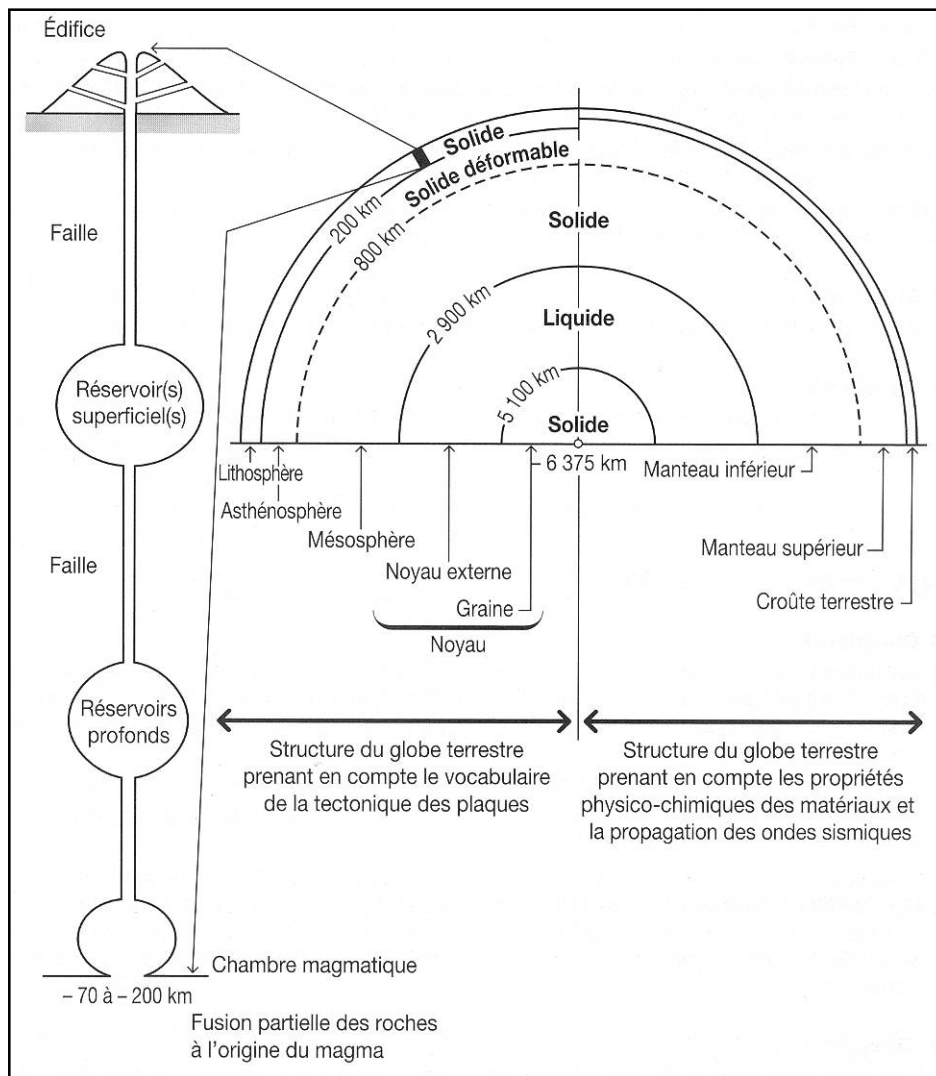
Lorsque le magma est visqueux, les gaz ne peuvent s'échapper que si une très forte pression gazeuse est atteinte. Il y a alors explosion. Plus la viscosité est élevée, plus les explosions sont violentes et espacées.

Le magma remonte vers la surface sous la pression des gaz qu'il contient et grâce à des fissures. Sous tous les grands volcans, à une profondeur variant de 10 à 70 km, existe un réservoir magmatique (ou chambre magmatique). Le magma monte, à une vitesse dont la valeur est estimée de 0,5 à 2 km par jour, jusqu'à ce réservoir magmatique. Il y séjourne un certain temps, parfois plusieurs années, avant le déclenchement de l'éruption. Une éruption volcanique correspond donc à la reprise de l'ascension du magma, depuis le réservoir magmatique jusqu'à la surface.

4. Origine du magma

Le magma prend naissance à une profondeur relativement faible par rapport au rayon du globe terrestre.

Le globe terrestre produit de la chaleur. Celle-ci provient de la désintégration progressive d'éléments radioactifs. Quand on descend de 100 m à l'intérieur de la Terre, la température augmente de 3°C. Cette valeur constitue le gradient géothermique. Au fond d'une mine profonde de 1 000 m, la température est de 30°C supérieur à celle de la surface. A 15 km, elle atteindrait 500°C environ. Le magma prend naissance dans une zone plus profonde où la température est estimée à 1 300°C.



5. Nature du magma et viscosité

La viscosité du magma dépend surtout de sa composition chimique. Elle augmente avec sa teneur en silice. Il existe toute une gamme de magmas de compositions chimiques différentes qui donnent, en se refroidissant, des roches volcaniques différentes.

6. Les volcans du Massif Central

Le volcanisme français se localise surtout dans le Massif central où l'on compte plus de 1 000 volcans endormis ou éteints. Les plus vieux sont nés il y a 28 millions d'années. La chaîne des Puys abrite les volcans les plus jeunes de France. La dernière éruption (celle du Puy de Montcineyre) remonte seulement à 1500 ans avant J.-C. Beaucoup sont très bien conservés.

La chaîne des Puys, à proximité de Clermont-Ferrand, est un musée volcanologique unique en Europe: sur une bande de 7 km de largeur et de 55 km de longueur, de direction nord-sud, sont exposés 94 volcans de petite dimension mais très variés. Parmi ceux-ci on peut distinguer deux grandes catégories :

- des volcans à cratère dont le cône est formé de coulées assez longues et de projections, bombes, scories, qui caractérisent des volcans faiblement explosifs. C'est le cas du Puy de la Nugère, des Puys de Lassolas et de la Vache...
- des volcans sans cratère avec un dôme arrondi ou un cône à aiguille, flanqués d'éboulis provenant de leur démolition. Il s'agissait de volcans très explosifs avec production de nuées ardentes. C'est le cas du Grand Sarcoui, du Puy de Dôme...

7. Les volcans actifs

Il existe actuellement dans le monde plus de 1 000 volcans en activité. Ces volcans ne sont pas répartis au hasard à la surface du globe. Plus de la moitié des volcans (environ 62%) sont situés autour de l'océan Pacifique. Ce sont notamment les volcans du Japon, des Philippines, d'Indonésie, de la Cordillère des Andes, des montagnes Rocheuses...

8. Prévention des éruptions volcaniques

L'ascension du magma qui précède une éruption déclenche plusieurs modifications décelables en surface. Certaines peuvent être évaluées avec précision.

- L'activité sismique est mesurée par des sismographes disposés autour de l'édifice volcanique et reliés en réseau à un laboratoire. Ils enregistrent les secousses qui correspondent à la montée du magma. La localisation des épicentres donne des indications sur la situation du magma en profondeur.
- La montée du magma entraîne souvent un gonflement de l'édifice volcanique. Cette déformation du sol de quelques millimètres seulement peut être enregistrée grâce à des microrélecteurs placés tout autour du volcan. Des rayons laser dirigés sur eux permettent de déceler d'éventuelles déformations.

- Les eaux et les gaz (fumerolles) qui s'échappent des fissures et du cratère changent de composition en fonction de la distance du magma.
- L'activité thermique est évaluée par photographies infrarouges et par mesures directes de la température des sources et des fumerolles.

II. Le volcanisme sous-marin

Une chaîne de montagnes volcaniques de 65 000 km de longueur, appelée dorsale océanique, serpente dans les différents océans du globe. L'axe de cette dorsale, appelé rift, est une immense « fracture » sous-marine au niveau de laquelle sort de la lave volcanique.

Cette émission de lave est responsable de l'expansion en « tapis roulant » du plancher océanique. Celui-ci est formé de lave volcanique recouverte d'une couche de sédiments dont l'épaisseur croît de manière symétrique de part et d'autre de la dorsale. Ces volcans sous-marins sont différents des volcans terrestres. La lave est émise le long de fissures de quelques centaines de mètres de longueur et de quelques mètres de largeur, à une profondeur de 2 à 3 000 mètres. Elle s'épanche dans l'eau froide sous pression en prenant un aspect caractéristique en « oreillers » (« pillow-lavas »).

III. Les séismes

1. Description du phénomène

Un tremblement de terre est caractérisé par des secousses plus ou moins violentes dont la durée ne dépasse pas quelques secondes ou quelques minutes. Les secousses violentes peuvent avoir pour conséquence non seulement la destruction des constructions, mais aussi la déformation des voies de chemin de fer, l'apparition de fractures dans le sol...

Un séisme violent s'accompagne d'un bruit terrifiant venu des profondeurs de la terre.

Lorsque les secousses se produisent sous la mer ou le long des côtes, elles se propagent dans l'eau et provoquent des raz de marée. Les vagues peuvent atteindre une hauteur de plusieurs dizaines de mètres. Un séisme important est parfois précédé et presque toujours suivi de secousses de moindre amplitude. Les secousses qui précèdent sont dites prémonitoires, celles qui suivent sont appelées répliques.

2. Intensité d'un séisme

Autrefois, pour mesurer l'intensité d'un séisme, on évaluait ses effets destructeurs sur les constructions et sur les terrains. Pour cela, on prenait

pour référence l'échelle de Mercalli ou l'échelle MSK. En reliant, sur une carte, les points d'égale intensité, on obtient les courbes isoséistes. La zone centrale où l'intensité est la plus grande est l'épicentre. Les courbes isoséistes sont d'autant plus resserrées que le foyer du séisme, c'est-à-dire la zone où il se produit, est plus superficiel.

3. L'enregistrement des secousses

Depuis le début du siècle, les géologues étudient les séismes à l'aide de sismographes qui enregistrent de façon continue les ébranlements du sol appelés ondes sismiques.

- Principe de l'enregistrement

Un sismographe comprend un bâti rigide parfaitement solidaire du sol, sur lequel est fixée une feuille d'enregistrement.

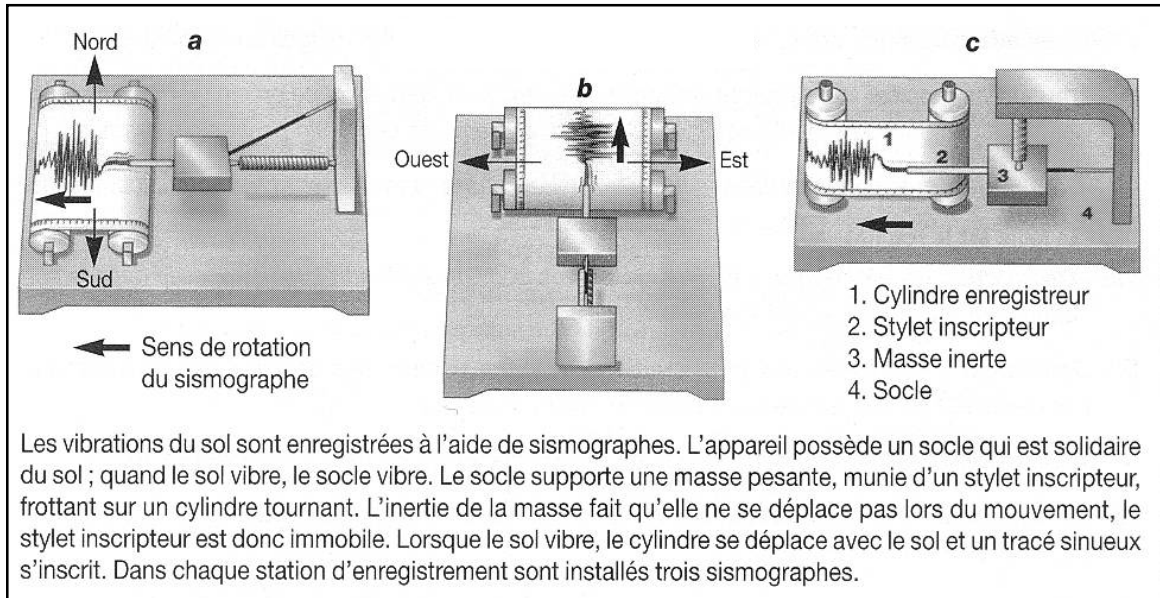
Un pendule très lourd, muni d'un stylet, est suspendu au bâti. Si le sol se déplace, le bâti suit le mouvement. Par contre, en raison de son inertie, le pendule reste pratiquement immobile. Le déplacement du pendule produit un courant électrique qui est ensuite traduit sous forme graphique.

- La complexité des enregistrements

L'analyse d'un sismogramme est complexe. La complexité tient aux inscriptions successives d'ondes de nature différente (ondes P qui arrivent les premières, ondes S ou secondes, ondes L), qui voyagent à travers le globe à des vitesses différentes et en suivant des trajectoires différentes. Alors que le choc initial qui se produit au foyer est très bref (de l'ordre de la seconde), l'arrivée des ondes sismiques peut s'étaler sur plusieurs dizaines de minutes au niveau des sismographes situés à plusieurs milliers de kilomètres.

- Intérêt des enregistrements

L'analyse des tracés permet aux spécialistes de déterminer la position du foyer, celle de l'épicentre et la magnitude, c'est-à-dire l'énergie libérée par le séisme au niveau du foyer. Celle-ci est liée à la force du séisme. Elle est exprimée dans l'échelle de Richter par un nombre de 0 à 9.



4. Cause des séismes

Tous les séismes, qu'ils soient destructeurs ou imperceptibles, correspondent à une rupture brutale de l'écorce terrestre qui se produit à un endroit situé entre 1 et 700 km de profondeur, appelé foyer du séisme.

La rupture brutale donne naissance à des vibrations, les ondes sismiques, qui se propagent sous forme de sphères concentriques.

IV. La tectonique des plaques

Les causes des diverses manifestations de l'activité du globe, volcanisme continental, volcanisme sous-marin, tremblements de terre et les relations qui existent entre elles, sont restées longtemps inexplicées.

Les découvertes prodigieuses faites au cours des dernières décennies ont permis aux géologues de proposer un modèle de fonctionnement de notre planète : la tectonique des plaques. Ce modèle, proposé pour la première fois en 1968, progressivement enrichi depuis, intègre dans un ensemble cohérent des phénomènes aussi divers que séismes, volcanisme, formation des océans, formation des chaînes de montagnes...

1. Structure de la Terre

- Au point de vue chimique, le globe terrestre comprend trois grandes zones concentriques :

- La croûte dont l'épaisseur varie de 5 à 10 km sous les océans, 30 km sous les continents et même 70 km sous les chaînes de montagnes.

La nature chimique de la croûte n'est pas la même au niveau des

continents et sous les océans. La croûte continentale est formée essentiellement de granite, de roches métamorphiques et d'argile alors que la croûte océanique est faite de roches volcaniques (basalte).

- Le manteau, séparé de la croûte par la discontinuité de Mohorovicic (le Moho), est formé d'une roche (la péridotite) constituée essentiellement d'olivine.

- Le noyau.

- Au point de vue propriétés physiques, on définit plusieurs couches concentriques.

Bien que les températures dépassent largement 900°C (température de fusion des roches à la pression atmosphérique), les pressions énormes qui règnent dans le globe terrestre font que seul le noyau externe semble liquide.

Compte tenu de l'importance capitale de l'état physique des constituants du globe terrestre, on peut définir de l'extérieur vers l'intérieur, les zones suivantes :

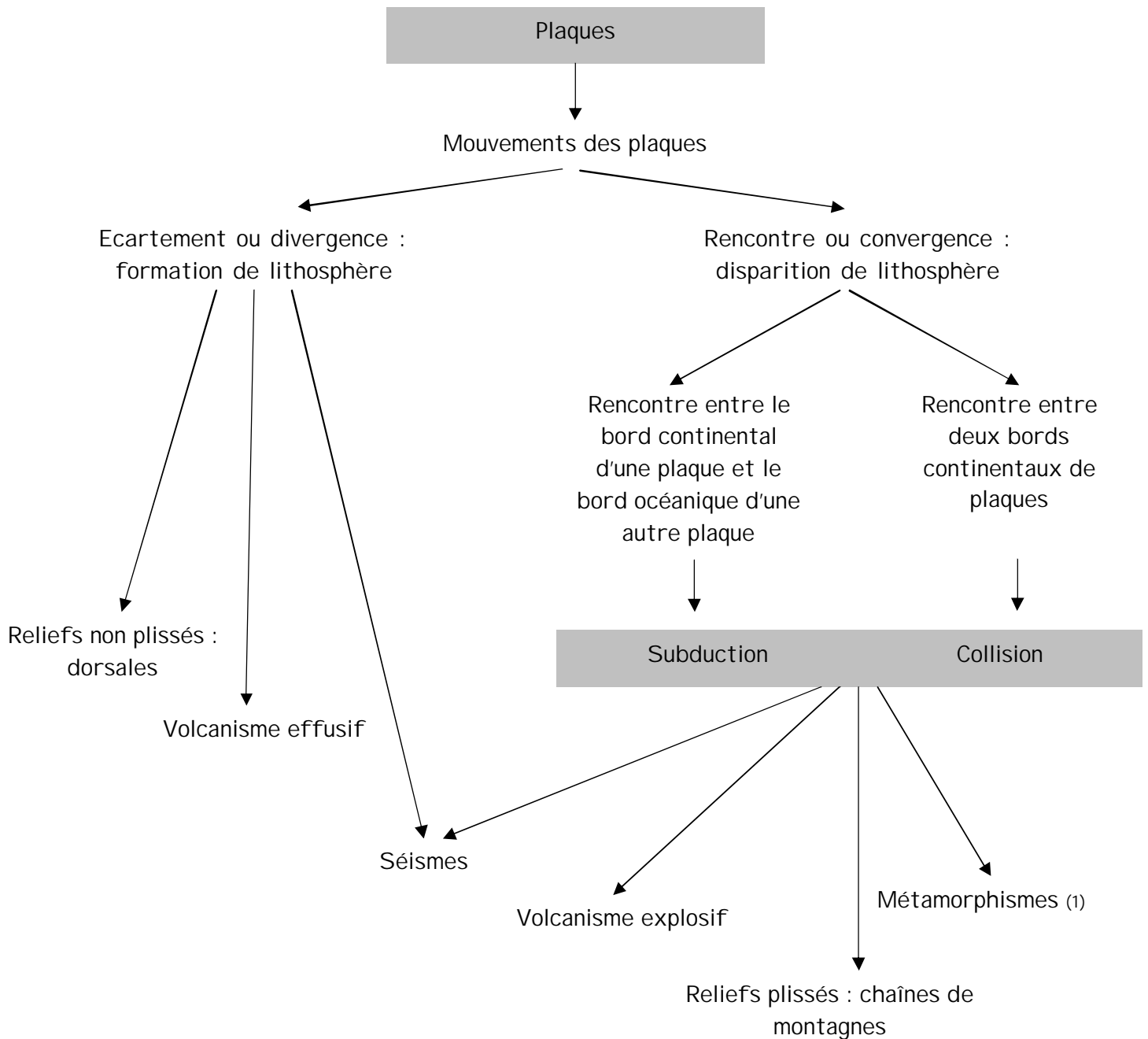
- la lithosphère, couche externe « froide », rigide ;
- l'asthénosphère qui renferme une faible proportion de roches fondues (1% de liquide et 99% de solide) ;
- le manteau inférieur rigide ;
- le noyau externe « liquide » ;
- le noyau interne (ou graine) solide.

2. Les plaques

L'examen d'une carte de répartition des tremblements de terre, des volcans terrestres et des volcans sous-marins montre leur localisation dans des zones très étroites qui entourent de vastes zones tranquilles.

La lithosphère, couche solide qui recouvre le globe terrestre (d'une épaisseur moyenne de 150 km), est fragmentée en plusieurs plaques rigides : sept grandes et plusieurs petites. La répartition des séismes permet d'en tracer les limites. Les plaques lithosphériques se déplacent les unes par rapport aux autres à une vitesse de quelques centimètres par an. Tout se passe comme si les plaques lithosphériques « flottaient » sur l'asthénosphère qui, partiellement fondue, a donc une certaine plasticité. Les plaques rigides, d'une centaine de kilomètres d'épaisseur en moyenne, glissent sur l'asthénosphère. Elles peuvent s'écarter, se rapprocher ou coulisser les unes par rapport aux autres, sans se déformer.

L'ensemble de ces mouvements constitue la tectonique des plaques.



(1) Le métamorphisme est un processus se produisant à l'intérieur du globe terrestre et transformant à l'état solide une roche plus ancienne soumise à des conditions de pression et de température différentes de celles de sa formation.