

Chapitre 1 : Introduction à la géologie

I. QU'EST CE QUE LA GEOLOGIE

La géologie a pour objectif la reconstitution de l'histoire de la terre depuis ces origines (l'âge des plus anciennes roches connues approche les 4 milliards d'années) jusqu'à nos jours par le biais de l'étude des matériaux constitutifs accessibles à l'observation.

Il s'agit d'une science récente dont les précurseurs furent LEONARD DE VINCI et BERNARD PALISSY aux XV^e et XVI^e siècles. Au passage des XVIII^e et XIX^e siècles, HUTTON, WERNER, CUVIER et DARWIN lui donnèrent une nouvelle impulsion en introduisant les notions de plutonisme (distinction entre roches ignées et roches sédimentaires). WEGENER formule l'hypothèse de la dérive des continents au début du XX^e siècle, mais ce n'est que depuis une trentaine d'années que la tectonique des plaques ou tectonique globale a donné un cadre cohérent à beaucoup d'observations jusque là disparates.

La **Géologie** (de *géo*, terre et *logos*, discours) est la science qui traite de la constitution physique du globe terrestre. Elle en étudie les différentes couches, examine les changements qui s'y sont produits et cherche les causes qui ont pu agir.

II. LA PALEONTOLOGIE

C'est l'étude des êtres anciens ou de leurs traces qui sont conservées dans des roches sédimentaires. L'état de conservation de ces fossiles dépend de paramètres physico-chimiques pendant la sédimentation (durant la diagenèse) et des modifications causées après la fossilisation par le métamorphisme ou les déformations.

1. Les types de fossiles

Ce sont des restes entiers ou des fragments qui correspondent aux parties dures des organismes :

- Squelettes
- coquilles (chez les lamellibranches bivalves)
- tests
- carapaces
- frustules (chez les diatomées)

Les parties molles peuvent cependant être fossilisées. On a retrouvé plusieurs étendues fossilifères :

- la faune Ediacara en Australie : 650 millions d'années
- la faune Burgess au Canada : 550 millions d'années
- le gisement de Solenhofen : ~ 100 millions d'années (plumes d'archéoptéryx)

Pour une bonne fossilisation, il faut du sédiment très fin et en particulier pour les parties molles des organismes. Il existe différents moyens de conservation des parties molles des organismes : la momification (plumes, peau, chair...), la congélation, les phénomènes

d'inclusion (ambre, résine), la carbonisation (Ex : Pompéi), dans les gisements de sel (bactéries du Permien, 350 millions d'années).

Il existe également des empreintes et des moulages comme le moulage interne d'un coquillage par pénétration de sédiments qui durciront par la suite.

2. La fossilisation

Elle dépend des matériaux de départ, des conditions physico-chimiques du milieu de fossilisation, il faut :

- une finesse des sédiments
- un enfouissement rapide des fossiles
- une isolation du milieu vis-à-vis de l'oxygène (milieu réducteur)

Elle dépend aussi des conditions physico-chimiques post-dépôt, il faut éviter :

- La dissolution du fossile (acidité)
- La substitution (diagenèse)

La recristallisation de surface (épigénie) ou de forme (pseudomorphose). Cette épigénèse peut se faire avec des cristaux de pyrite qui se décomposent à l'oxygène en donnant de l'argile.

- L'érosion et l'altération (pluie, vagues, vents...)
- La décomposition bactérienne
- Le métamorphisme
- Les déformations

3. Méthodes d'étude

3.1. Échantillonnage sur le terrain

a. Macro fossiles

Il faut en ramasser le plus possible (même les fragments, les difformes). Une véritable étude paléontologique ramasse tout. On essaie d'orienter le fossile comme on l'a trouvé dans la roche ou sur le terrain.

b. Micro fossiles

Il y a des faciès qui correspondent davantage, il faut donc prendre un volume de roche prédéfini selon le type de fossile recherché :

Les conodontes : ~ 2 kg par échantillon

Les radiolaires : ~ 100 g

Les ostracodes : ~ 350g

Les foraminifères : ~ 350 g

3.2. Repérage

Il y a repérage géographique et stratigraphique à faire. S'il a été fossilisé en position de vie ou chahuté avant de mourir.

3.3. Protection du fossile

Attention aux fossiles en pyrite qui se désagrègent à l'air libre, on protège par du verni en bombe. Il faut emballer les fossiles ornementés dans du journal pour éviter de casser les nodosités.

Il faut préparer les fossiles, c'est-à-dire les extraire de la roche dans laquelle ils ont été fossilisés :

- Acide acétique ou chlorhydrique pour, par exemple, les conodontes en apatite dans les sédiments carbonatés, ça sert donc à les extraire
- Imprégnation pour le consolider : résine
- Moulage au latex (pour les vertébrés)
- On peut en faire des lames minces : corail

Il faudra par la suite les figurer, les photographier (électroniquement parfois), les reconstituer dans l'espace, les radiographier, les mesurer dans tous les sens, les déterminer (grâce à la bibliographie), attribution d'un nom de genre et d'espèce.

On peut également faire des études statistiques puisqu'il n'y a pas sélection sur le terrain, on en a des grands, des petits...

III. ORIGINE DE LA TERRE

III.1. La formation de la terre

La terre et le système solaire se sont formés alors qu'un nuage de gaz et de poussières traversait l'un des bras spiraux de notre galaxie, la voie lactée. L'explosion d'une étoile voisine (supernova), seul capable de générer une énergie assez intense pour provoquer la transformation d'éléments chimiques solides, provoqua dans un premier temps la contraction du nuage et, dans un deuxième temps, l'accrétion de la matière solide en des globes rocheux dont l'un allait devenir la terre.

III.2. Constitution du Globe Terrestre

III.2.1. La Dérive des Continents

La dérive des continents est une théorie proposée au début du siècle par le physicien-météorologue Alfred Wegener, pour tenter d'expliquer, entre autres, la similitude dans le tracé des côtes de part et d'autre de l'Atlantique, une observation qui en avait intrigué d'autres avant lui.

1. Le parallélisme des côtes.

Il y a par exemple, un net parallélisme des lignes côtières entre l'Amérique du Sud et l'Afrique.

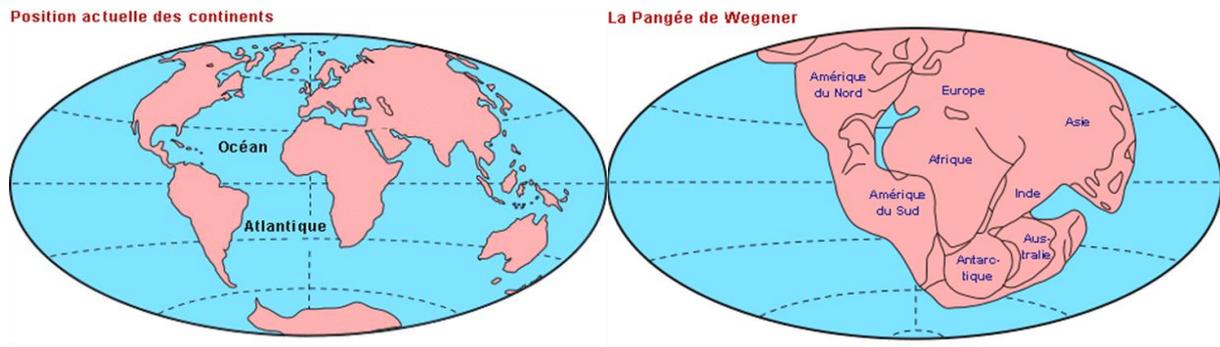


Figure : La dérive des continents

2. La correspondance des structures géologiques

Cela n'est pas tout que les pièces d'un puzzle s'emboîtent bien, encore faut-il obtenir une image cohérente. Dans le cas du puzzle des continents, non seulement y a-t-il une concordance entre les côtes, mais il y a aussi une concordance entre les structures géologiques à l'intérieur des continents, un argument lourd en faveur de l'existence du méga continent Pangée.

La correspondance des structures géologiques entre l'Afrique et l'Amérique du Sud appuie l'argument de Wegener. La situation géographique actuelle des deux continents montrent la distribution des anciens blocs continentaux (boucliers) ayant plus de 2 Ga (milliards d'années).

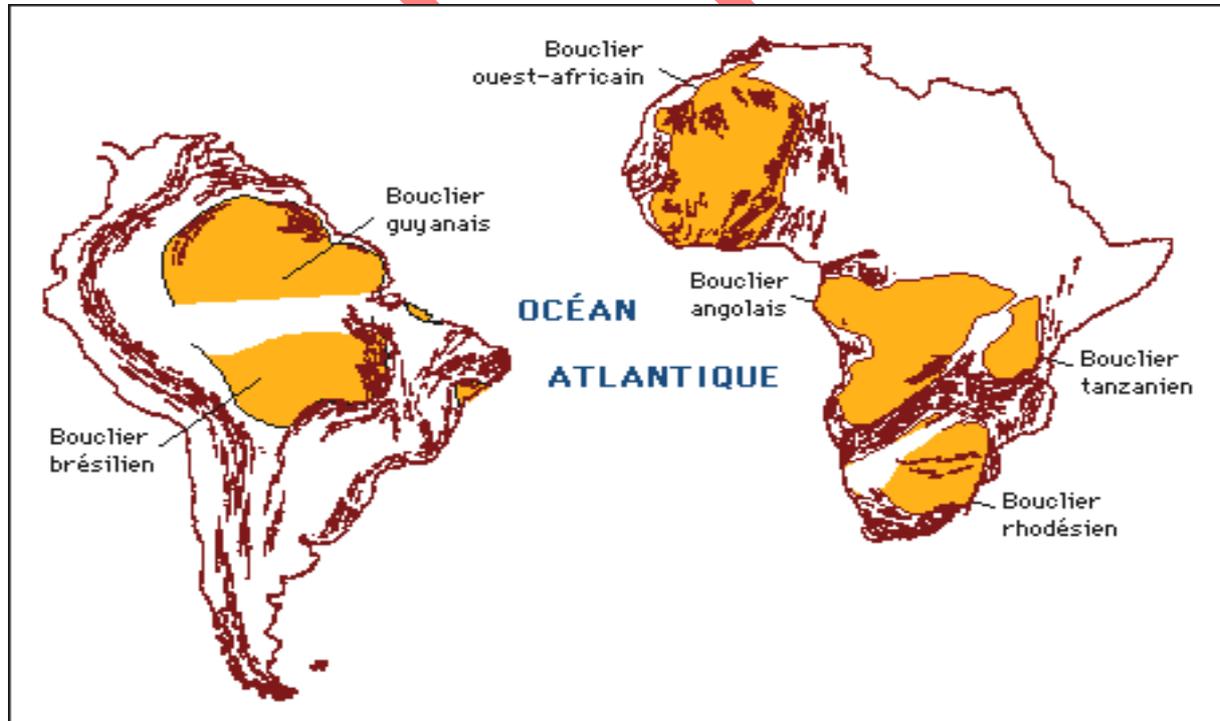


Figure : Boucliers

III.3. Forme de la terre

La terre a pratiquement la forme d'une sphère de 6370 Km de rayon, composée de couche concentrique (la croûte, le manteau, le noyau et la graine) dont la densité d augmente avec la profondeur de 2,7 à 12,0

La zone la mieux connue est la lithosphère : formée de la croûte et d'une partie du manteau supérieur, épaisse de 70 Km (sous les océans) à 150 Km (sous les continents), elle est considérée comme rigide et découpée en plaques mobiles qui flottent sur l'asthénosphère. La structure interne de la Terre est répartie en plusieurs enveloppes successives, dont les principales sont la croûte terrestre, le manteau et le noyau. Cette représentation est très simplifiée puisque ces enveloppes peuvent être elles-mêmes décomposées. Pour repérer ces couches, les sismologues utilisent les ondes sismiques, et une loi : Dès que la vitesse d'une onde sismique change brutalement et de façon importante, c'est qu'il y a changement de milieu, donc de couche. Cette méthode a permis, par exemple, de déterminer l'état de la matière à des profondeurs que l'homme ne peut atteindre. (Manteau profond - noyau) Ces couches sont délimitées par les discontinuités comme la Discontinuité de Mohorovic, celle de Gutenberg, nommée d'après le sismologue Beno Gutenberg, ou bien celle de Lehmann.

Le noyau et graine : riche en fer, nickel (Fe, N)

Manteau : riche en Silice, Magnésium (Si, Mg)

Croûte terrestre : riche en Silice, Aluminium, Cuivre (Si, Al, Cu)

III.3.1. Structure détaillée de la terre

1. **Croûte continentale solide** essentiellement granitique surmontée par endroit de roches sédimentaires. Elle est plus épaisse que la croûte océanique (de 30 km à 100 km sous les massifs montagneux). La croûte ou écorce terrestre représente environ 1,5% du volume terrestre. Elle était anciennement appelée SIAL (silicium + aluminium).
2. **Croûte océanique solide** essentiellement composée de roches basaltiques. Relativement fine (environ 5 km). Elle est également appelée SIMA (silicium + magnésium).
3. **Zone de subduction** où une plaque s'enfonce parfois jusqu'à plusieurs centaines de kilomètres dans le manteau.
4. **Manteau supérieur** qui est moins visqueux (plus "ductile") que le manteau inférieur car les contraintes physiques qui y règnent le rendent liquide en partie.
5. **Éruptions sur des zones de volcanisme actif**. Deux types de volcanismes sont représentés ici, le plus profond des deux est dit « de point chaud ». Il s'agirait de volcans dont le magma proviendrait des profondeurs du manteau proche de la limite avec le noyau liquide. Ces volcans ne seraient donc pas liés aux plaques tectoniques et, ne suivant donc pas les mouvements de l'écorce terrestre, ils seraient donc quasiment immobiles à la surface du globe, et formeraient les archipels d'îles comme celui de tahiti.
6. **Manteau inférieur** aux propriétés d'un solide élastique. Le manteau n'est pas liquide comme on pourrait le croire en regardant les coulées de lave de certaines éruptions volcaniques mais il est moins "rigide" que les autres couches. Le manteau représente 84 % du volume terrestre.
7. **Panache** de matière plus chaude qui, partant de la limite avec le noyau, fond partiellement en arrivant près de la surface de la Terre et produit le volcanisme de point chaud.

8. **Noyau externe liquide** essentiellement composé de fer (environ 80 %) et de nickel plus quelques éléments plus légers. Sa viscosité est proche de celle de l'eau, sa température moyenne atteint 4000 °C et sa densité 10.
9. **Noyau interne solide** (ou graine) essentiellement métallique constitué par cristallisation progressive du noyau externe. La pression le maintient dans un état solide malgré une température supérieure à 5000 °C et une densité d'environ 13. Noyau interne et externe représentent 15 % du volume terrestre.
10. **Cellules de convection** du manteau où la matière est en mouvement lent. Le manteau est le siège de courants de convection qui transfèrent la majeure partie de l'énergie calorifique du noyau de la Terre vers la surface. Ces courants provoquent la dérive des continents mais leurs caractéristiques précises (vitesse, amplitude, localisation) sont encore mal connues.
11. **Lithosphère** : elle est constituée de la croûte (plaques tectoniques) et d'une partie du manteau supérieur. La limite inférieure de la lithosphère se trouve à une profondeur comprise entre 100 et 200 kilomètres.
12. **Asthénosphère** : c'est la zone inférieure du manteau supérieur (en dessous de la lithosphère).
13. **Discontinuité de Gutenberg** : zone de transition manteau / noyau.
14. **Discontinuité de Mohorovicic** : zone de transition croûte / manteau (elle est donc incluse dans la lithosphère).

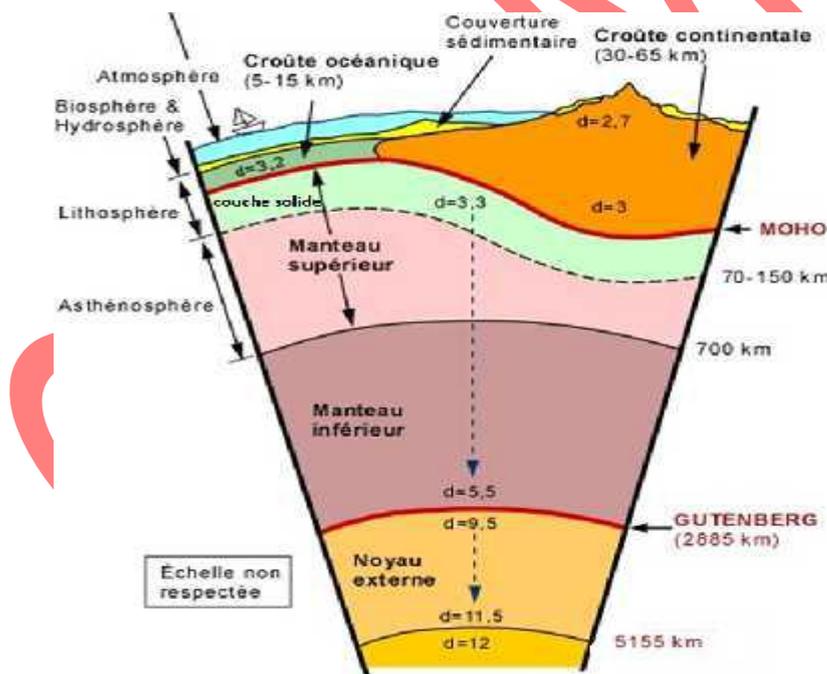


Figure : Structure interne de la Terre

III.4. La formation des reliefs

1. Les roches sédimentaires, c'est-à-dire ces roches qui proviennent de la transformation de sédiments comme les sables et les boues, sont très abondantes dans les chaînes de montagnes et contiennent des fossiles d'organismes marins, ce qui implique que les sédiments dont elles sont dérivées se sont déposés dans un milieu marin ; de plus, leur composition montre qu'une grande partie de ces sédiments se sont déposés dans un bassin océanique.

Première conclusion : avant de se retrouver dans une chaîne de montagnes, tout le matériel sédimentaire se trouvait dans un océan.

2. Il y a aussi des roches métamorphiques dans les chaînes de montagnes, ces roches qui sont d'anciennes roches sédimentaires ou ignées transformées sous l'effet de températures et de pressions très élevées. Ces roches métamorphiques occupent une portion bien définie de la chaîne de montagnes. Il faut savoir que le lieu dans la croûte terrestre où il existe à la fois des températures et des pressions très élevées, c'est en profondeur, à au moins quelques kilomètres sous la surface. Seconde conclusion : les roches métamorphiques résultent de la transformation des roches sédimentaires et ignées de la chaîne de montagnes, en profondeur, dans la croûte terrestre.

3. Un autre attribut important des chaînes de montagnes, c'est qu'elles contiennent souvent des lambeaux de croûte océanique (basaltes) coincés dans des failles. Troisième conclusion : non seulement, les sédiments qui forment la chaîne de montagnes se sont-ils déposés dans un bassin marin, mais aussi, sur de la croûte océanique basaltique.

4. S'il est une caractéristique commune à toutes les grandes chaînes de montagnes, c'est bien le fait que les roches y sont déformées à des degrés divers. Depuis longtemps, les géologues qui étudiaient la géométrie de la déformation dans les chaînes de montagnes savaient bien qu'il fallait des forces de compression latérales pour produire une telle géométrie. Il leur fallait donc trouver un mécanisme responsable de ces compressions. Il leur fallait aussi trouver un mécanisme responsable du soulèvement de tout ce matériel déposé dans un bassin océanique qui compose la chaîne.

Les schémas qui suivent illustrent les grandes étapes de la formation d'une chaîne de montagnes. Partons de ce qu'on appelle une **marge continentale passive**, comme par exemple celle de l'Atlantique actuelle, où s'accumule sur le plateau continental et à la marge du continent un prisme de sédiments provenant de l'érosion du continent.

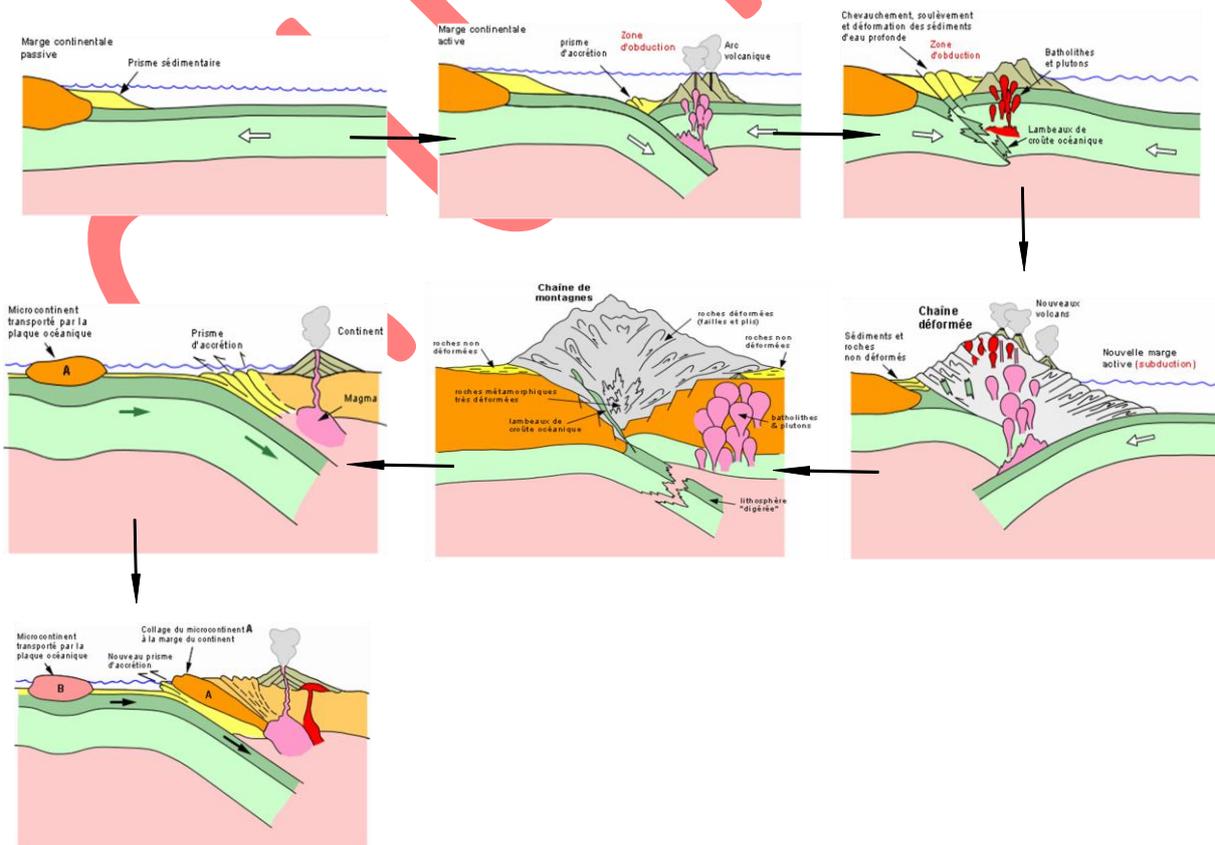


Figure : La formation des reliefs

III.4.1. Les mécanismes de base

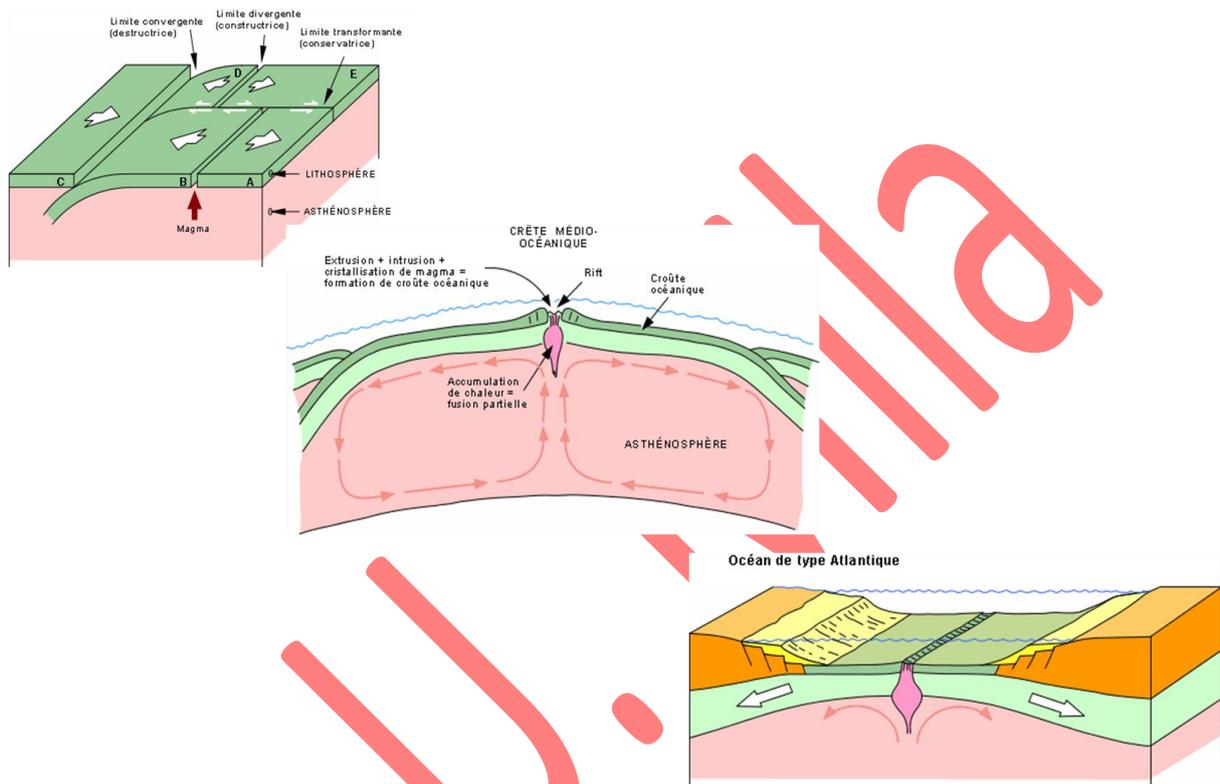


Figure : Les mécanismes de base