

2021

Dossier 2021/01  
NOTIONS DE BASE  
Introduction à la géologie



Janssens Benoît

## Table des matières

<b>1. INTRODUCTION A LA GEOLOGIE .....</b>	<b>2</b>
1.1 DEFINITION ET PRINCIPES GENERAUX DE GEOLOGIE .....	2
1.1.1 Définition de la géologie.....	2
1.1.2 Principes généraux de géologie .....	2
1.1.3 Histoire de la terre .....	2
1.1.3.1 <i>Bref historique global</i> .....	2
1.1.3.2 <i>Echelle chronostratigraphique</i> .....	3
1.1.3.3 <i>Echelle lithostratigraphique</i> .....	4
1.1.3.4 <i>Datation orogénique</i> .....	4
1.2 STRUCTURE DE LA TERRE.....	5
1.2.1 Composition de la terre .....	5
1.2.2 Tectonique des plaques.....	6
1.3 QUELQUES DONNEES GENERALES .....	8
1.3.1 Caractéristiques de la terre.....	8
1.3.2 Superficie des océans et continents .....	8
1.3.3 Superficie des déserts.....	8
1.3.4 Longueur des fleuves.....	8
1.3.5 Hauteur des montagnes et volcans .....	8

## 1. INTRODUCTION A LA GEOLOGIE

### 1.1 DEFINITION ET PRINCIPES GENERAUX DE GEOLOGIE

#### 1.1.1 Définition de la géologie

La **géologie** est la science qui étudie la composition, la structure, l'histoire et l'évolution des différentes couches du globe terrestre ainsi que les processus qui le façonnent ou qui l'ont façonné.

Elle comprend un ensemble de disciplines comme la géochimie (comportement chimique des éléments présents dans les roches et l'eau), la minéralogie (minéraux), la pétrographie (roches), la sédimentologie (sédiments), la stratigraphie (conditions de dépôts sédimentaires), la paléontologie (fossiles), la tectonique (déformations superficielles de la terre) ou encore la géomorphologie (évolution du relief).

**REMARQUE** : Ce terme est également utilisé dans le cadre régional pour reprendre l'ensemble des connaissances géologiques concernant cette région.

#### 1.1.2 Principes généraux de géologie

Il existe deux principes généraux en géologie.

- Le **principe d'échelle** : Les phénomènes peuvent être observés à différents niveaux d'espace (depuis l'échelle microscopique jusqu'au niveau de la terre, voire de l'univers) et de temps (de quelques millièmes de secondes à plusieurs millions d'années). Ce principe est important en géotechnique où il est souvent nécessaire de travailler sur plusieurs niveaux ;
- Le **principe d'actualisme** ou **principe des causes actuelles** monte que les processus actuels ne sont pas nécessairement différents des phénomènes anciens. Ainsi, la compréhension des mécanismes actuels permet d'expliquer les structures anciennes. Cette idée s'oppose à la **théorie du catastrophisme**.

#### 1.1.3 Histoire de la terre

##### 1.1.3.1 Bref historique global

La terre s'est formée dans le cosmos, il y a 4,6 milliards d'années, à partir d'un nuage de gaz et de poussières.

Si les premiers êtres unicellulaires (*bactéries et algues bleues*) sont apparus vers 3,4 à 3,7 milliards d'années probablement suite à la présence simultanée de réactions chimiques, d'un rayonnement solaire et de décharges électriques liées aux orages, les premières traces de végétaux et d'animaux primitifs à corps mou apparaissent seulement vers 700 Ma. Les premiers animaux à corps dur ou carapace (*trilobites*) apparaissent vers 540 Ma (*début du Phanérozoïque*). Ces parties dures ont laissé des traces sous forme de **fossiles** ; ce qui a permis de dater les couches où ils sont présents. C'est pourquoi l'échelle stratigraphique concerne principalement le Phanérozoïque. Par la suite, les espèces se sont diversifiées. L'homme est apparu, il y a 1,7 Ma (*début du quaternaire*).

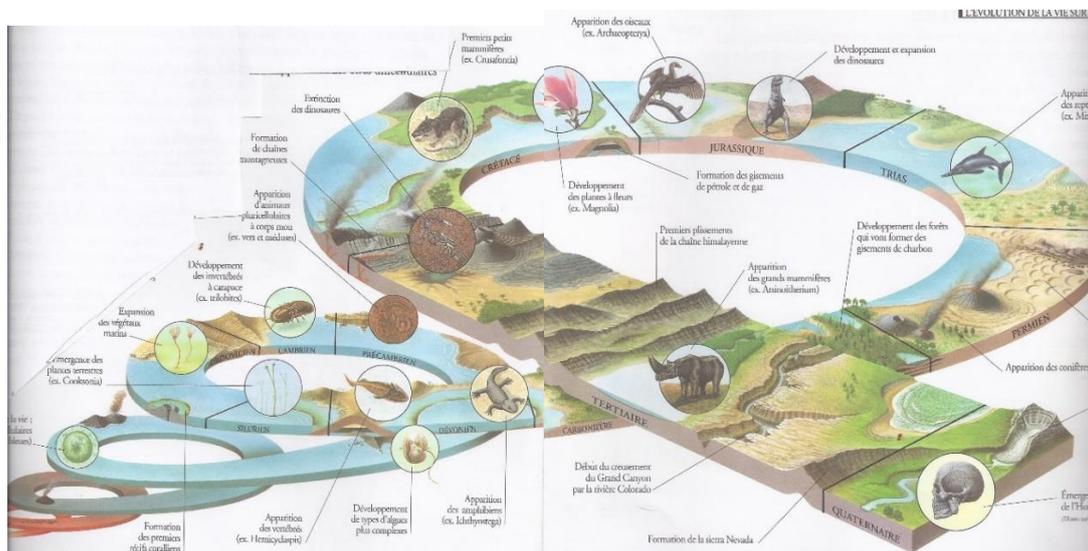


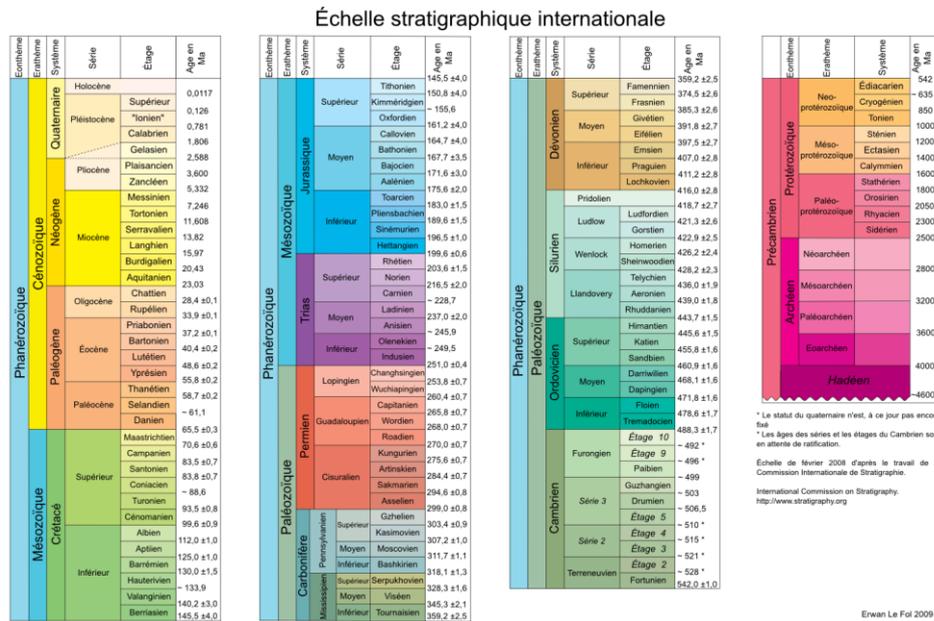
Figure 1.1 - Evolution de la vie sur terre (Source : Le Soir - 1993).

## 1.1.3.2 Echelle chronostratigraphique

L'*échelle chronostratigraphique* est basée principalement sur l'association spécifique de fossiles "stratigraphiques" et de lithologies de référence et reconnus internationalement. Elle s'applique uniquement aux couches sédimentaires, vu la présence uniquement de fossiles dans ce type de roches et permet de corréliser différentes séries sédimentaires entre elles.

**REMARQUE :** Un *fossile stratigraphique* se caractérise par une large répartition géographique et une existence courte à l'échelle géologique. Il permet ainsi d'établir de bonne corrélation

Cette échelle est composée de différentes unités dont les noms et limites sont revus périodiquement (*tous les 4 ans lors du Congrès Géologique International*).



**Figure 1.2 - Echelle stratigraphique (version 2009).**

**REMARQUE :** Selon leur date d'établissement, les documents peuvent mentionner de noms d'étages différents ou attribuer des âges différents à une même formation.

La hiérarchie des différentes unités est la suivante (*du plus grand au plus petit*) :

- L'*éonothème* ou *éon* sont au nombre de 4 dans l'histoire de la terre. Le dernier, le *Phanérozoïque*, couvre les 540 derniers millions d'années, soit la période caractérisée par la présence des fossiles. Les autres éons (*Protérozoïque, Archéen et Hadéen*) sont rarement visibles à la surface de la terre ;
- L'*èrathème* ou *ère* : Trois ères recouvrent le Phanérozoïque. Leurs limites correspondent à des faits marquants :
  - *Le Paléozoïque* ou anciennement *Primaire* démarre avec l'apparition des trilobites (*premier fossiles à carapace dur*) et se termine avec la "crise biologique" du Permien-Trias (*disparition des trilobites et fusulines*) ainsi que la dislocation de du continent unique, La *Pangée* et le passage à un nouveau cycle orogénique (*voir ci-dessous*) ;
  - *Le Mésozoïque* ou anciennement *Secondaire* se caractérise par la présence des dinosaures et des ammonites. Il se termine par la crise biologique qui voit la disparition de ces espèces ;
  - *Le Cénozoïque* autrefois subdivisé en *Tertiaire* et *Quaternaire*, voit l'apparition des nummulites et des mammifères. Le Quaternaire a démarré avec l'apparition de l'humain mais fait l'objet de discussion. Cette ère est toujours en cours.
- Le *système* ou *période* comprend notamment le Cambrien, L'Ordovicien, le Silurien, le Dévonien, le Carbonifère et le Permien en ce qui concerne le Paléozoïque ;
- La *série* ou *époque* est souvent divisé en Inférieur, Supérieur, voire Moyen. Des noms spécifiques lui sont donnés pour certaines périodes. Ainsi le Quaternaire devenu un système comprend le Pléistocène et l'Holocène ;

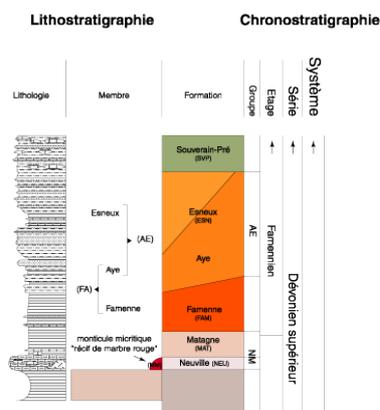
- L'**étage** est la *division de base* et est souvent défini par un affleurement type ou de référence appelé **stratotype**. Le nom de l'étage est souvent dérivé du lieu géographique du stratotype (*par exemple, Givétien, Frasnien, ...*) ;
- Le **sous-étage** correspond à une division plus petite et n'est pas toujours présent.

### 1.1.3.3 Echelle lithostratigraphique

L'échelle lithostratigraphique est basée sur la nature des terrains, indépendamment de leur contenu en fossiles. Cette échelle est utilisée dans la réalisation des cartes géologiques locales.

Il existe également une hiérarchie (*du plus petit au plus grand*) :

- La **couche** est la *division de base de l'échelle lithostratigraphique* ;
- Le **membre** est formée de plusieurs couches ;
- La **formation** est constituée de plusieurs membres ;
- Le **groupe** comporte plusieurs formations.



**Figure 1.3** : Exemple d'échelle lithostratigraphique et comparaison avec l'échelle chronostratigraphique (Source : Région Wallonne).

### 1.1.3.4 Datation orogénique

La **datation via les cycles orogéniques** est basée sur la succession de **cycles orogéniques**. Elle est moins précise mais intimement liée à l'échelle stratigraphique.

Une **orogénèse** comprend généralement trois actions successives :

- Une **action de sédimentation** se traduit par une accumulation de sédiments dans les bassins de sédimentation situés sur la marge de plaques continentales ;
- Une **action de plissement** des sédiments donne lieu à la formation d'une ou plusieurs chaînes de montagnes à la suite d'une compression entre deux plaques continentales ;
- Une **action d'érosion** se caractérisent par l'aplanissement des chaînes de montagnes et le développement de nouveaux bassins de sédimentation.

Le Phanérozoïque se caractérise par 3 cycles orogéniques en Europe Occidentale.

- Le cycle **Calédonien** (*Paléozoïque Inf.*) est responsable de la chaîne calédonienne dont les traces sont encore visibles en Europe du Nord (*Irlande, Ecosse, Pays de Galles et Scandinavie*) et dans l'Est des Etats-Unis (*partie des Appalaches*). Il est composé de plusieurs phases tectoniques dont la phase **ardennaise** (*Silurien Sup.*) ;
- Le cycle **Hercynien** ou **Varisque** (*Paléozoïque Sup.*) est lié à la fusion de la Laurasie (*Nord*) et du Gondwana (*Sud*) pour former la Pangée. Il est responsable de la chaîne hercynienne ou armoricaine dont les structures sont encore bien visibles en Europe et en Amérique du Nord (*partie des Appalaches également*). Plusieurs phases tectoniques sont présentes dont notamment les phases **ardennaise** (*poursuite au Dévonien*), **bretonne** (*Carbonifère Inf.*), **sudète** et **asturienne** (*Carbonifère Sup.*) ;
- Le cycle **Alpin** (*Mésozoïque et Cénozoïque*) se poursuit actuellement avec la remontée de l'Afrique, de l'Arabie et de l'Inde vers l'Eurasie (*fermeture de l'océan Thétys*). Cela a généré différentes chaînes de montagnes présentes en Afrique du Nord (*Atlas*), en Europe (*Alpes, Pyrénées, Apennins, Balkans, Carpates*) et en Asie (*Caucase, Himalaya, Chine*).



**Figure 1.4** – Principales chaînes de montagne formées lors du cycle alpin (Source : Internet).

Du point de vue géomécanique, une orogénèse est intéressante à deux égards :

- Elle affecte le massif en générant des discordances majeures entre certaines couches (failles, zones de charriage, etc.) ;
- Elle tend à consolider les matériaux par compression. Ainsi, par exemple, le calcaire belge du Paléozoïque ayant subi deux orogénèses (hercynienne et alpine) est plus résistant que le calcaire secondaire de Lorraine.

## 1.2 STRUCTURE DE LA TERRE

### 1.2.1 Composition de la terre

La terre est constituée d'une superposition de 5 couches de nature et comportements distincts qui ont pu être définis uniquement sur base d'observations géophysiques. Aucun forage ne peut actuellement descendre à plus de 15 km de profondeur. Ces couches sont depuis la périphérie vers le centre :

- La **croûte terrestre** constitue le feuillet superficiel de la terre en raison de sa faible épaisseur (de 5 à 60 km). Le gradient géothermique y est actuellement de 30°C/km (cause de limitation de la profondeur de forage). Elle est formée de plusieurs unités "flottantes" regroupées selon 2 types :
  - La **croûte continentale** de composition granitique (SIAL - densité : 2,7 - 3,0) a une épaisseur variable comprise entre 5 et 60 km ;
  - La **croûte océanique** de composition basaltique (SIMA - densité : 3,3) a une épaisseur relativement constante de 5 km ;

**REMARQUE :** Cette différence de densité permet la subduction de la croûte océanique sous la croûte continentale lors de collision tectonique.

- Le **manteau supérieur** (densité : 4,3 - 5,3) est constitué de silicates de magnésium et de minéraux alumineux solides en partie supérieure à partiellement fluides en partie inférieure (*asthénosphère*). La limite supérieure est caractérisée par la discontinuité géophysique de *Mohorovicic* (MOHO) et la limite inférieure se situe à 700 km de profondeur ;
- Le **manteau inférieur** ou *mésosphère* (densité : 4,3 - 5,5) est constitué de silicates lourds et d'oxydes de fer et magnésium solides. La température varie entre 1 700 et 2 800°C. Sa limite inférieure est la discontinuité de *Gutenberg* qui se situe à 2 885 km de profondeur ;
- Le **noyau externe** (densité : 9,5 - 11,5) est principalement constitué d'un mélange fluide de fer et de nickel fondu contenant des éléments plus légers (*oxygène, soufre*). La présence de tourbillons dans cette couche serait responsable du champ magnétique terrestre et de ses inversions. La température est comprise entre 2 800 et 3 500°C. Sa limite inférieure est la discontinuité de *Lehmann* localisée entre 5 155 et 5 200 km de profondeur selon les auteurs. Les ondes sismiques de type S ne passent pas à travers le noyau externe suite à une absorption importante de celles-ci en milieu fluide ;
- Le **noyau interne** ou *graine* (densité : 12) est constitué de cristaux kilométriques solides à base de fer (96%) et de nickel (4%) formant le centre de la terre situé à 6 370 km. La température est entre 4 200 et 5 000°C.

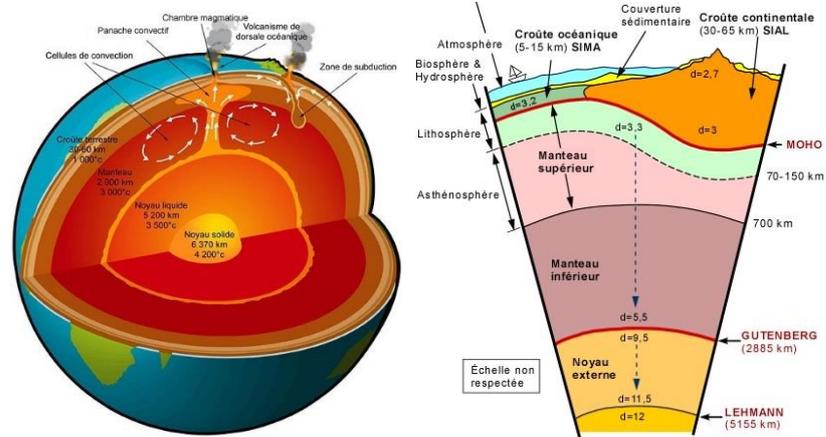


Figure 1.5 - Structure interne de la terre (Source : Le Soir – 1993).

## 1.2.2 Tectonique des plaques

La **tectonique des plaques** est un modèle scientifique expliquant la dynamique globale de la lithosphère. Ce modèle développé par **Wegener (1912-1915)** se base principalement sur la dérive des continents. Cette théorie fut reconnue par la communauté scientifique à la fin des années 1960 après de nombreuses confirmations.

Ce modèle distingue deux zones :

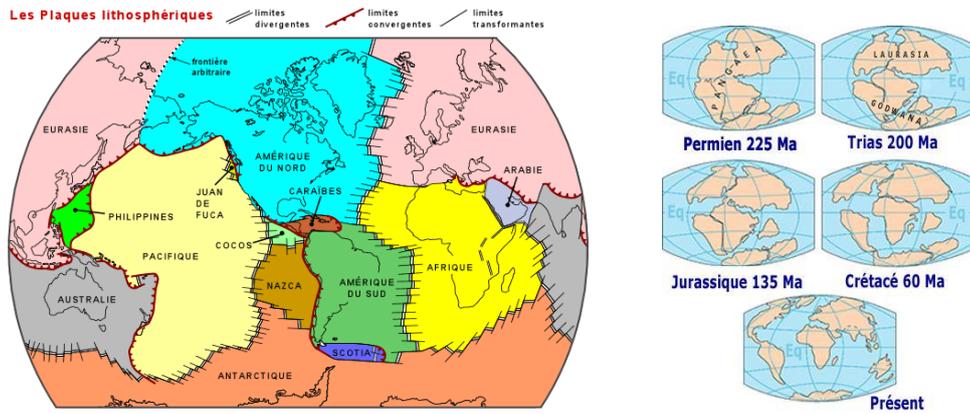
- La **lithosphère** comprend la croûte terrestre et la partie supérieure du manteau supérieur, soit des matériaux solides qui constituent la partie rigide du modèle. Elle est en réalité composée d'un assemblage de plaques tectoniques ou lithosphériques qui s'enchevêtrent les unes aux autres par des mouvements relatifs de 3 types (*convergence, divergence et latéral dit transformant*). Aux frontières des plaques, de nombreux phénomènes géologiques se produisent comme les séismes, l'activité volcanique, la formation de chaînes de montagne ou de fosses océaniques. Son comportement relativement rigide lui permet de supporter durant des périodes très longues, d'importantes contraintes sans fluer. Son épaisseur varie entre 70 km (*océans*) et 150 km (*continents*) ;
- L'**asthénosphère** comprend la partie inférieure du manteau supérieur, soit des fluides sur lesquels flottent les différentes plaques tectoniques. Leurs mouvements peuvent s'expliquer par la présence de courants de convection qui animent le manteau terrestre et permettent de dissiper la chaleur interne vers la surface. Aux endroits des courants ascendants, les plaques ont tendance à s'écarter de part et d'autre d'une **dorsale**. Aux endroits où les courants plongent, il y a **subduction** des plaques (*figure 1.5*).

Actuellement, il existe 12 grandes plaques tectoniques à la surface de la terre reprises par ordre de taille dans le tableau suivant. En fait, certaines plaques contiennent des "sous-plaques" (*entre parenthèses*).

Tableau 1.I- Principales plaques et "sous-plaques" tectoniques.

1. Pacifique	5. Australie (+ Inde)	9. Phillipine
2. Eurasie	6. Amérique du Nord	10. Arabie
3. Afrique (+ Somalie)	7. Amérique du Sud (+ Scotia)	11. Cocos
4. Antarctique	8. Nazca	12. Caraïbes

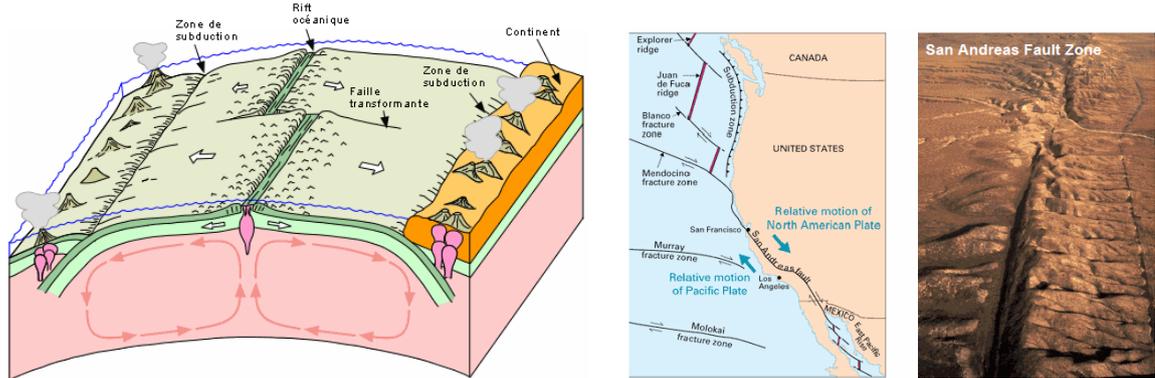
Ainsi, les continents n'ont pas toujours été à la même place (*figure 1.5*) ; c'est ce qui explique la bonne imbrication des talus continentaux situés de part et d'autre de l'Océan Atlantique. Un continent unique appelé **Pangée** a existé autrefois avant de se séparer en 2 parties (**Laurasie** et **Gondwana**).



**Figure 1.6** – Répartition des plaques tectoniques et des failles. Evolution des continents depuis 250 Ma d'années.

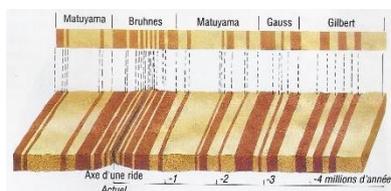
Il existe trois types de mouvements intraplaques donnant lieu à des phénomènes différents :

- La **dorsale** également appelée **ride** ou **rift** est une zone d'écartement entre deux plaques avec comblement continu de magma entre les 2 plaques. La vitesse de mouvement varie entre 2 et 24 cm par an. Actuellement, l'Europe se sépare de l'Amérique. De plus, un nouveau rift est en train de se développer dans la partie orientale de l'Afrique et se caractérise par le développement des grands lacs africains ;
- La **zone de subduction** est présente dans une zone de rapprochement entre deux plaques. Une des deux plaques (généralement océaniques) passe en-dessous de l'autre selon un angle de 45° (*plan de Benioff*) et disparaît dans l'asthénosphère. Les contraintes de glissements le long de ce plan engendrent une activité volcanique intense en surface au droit de ce plan ;
- La **faille transformante** est présente dans une zone où les plaques coulissent les unes par rapport aux autres. Un décalage horizontal est observé. L'exemple le plus connu est la faille de San Andreas en Californie qui provoquent régulièrement d'importants séismes lors de la décharge des contraintes accumulées.



**Figure 1.7** – Schéma simpliste des différents mouvements intraplaques (à gauche) et exemple de faille transformante : la faille de San Andreas (Californie) (Source : internet).

En réalité, les structures tectoniques sont plus complexes. Elles sont abordées dans un chapitre ultérieur. Cette théorie est confirmée par la présence des mêmes couches paléomagnétiques (*magnétisme récurrent variable*) de part et d'autre des dorsales. De même, des différences entre la faune et la flore de deux continents séparés apparaissent lorsque ces continents ont commencé à se séparer.



**Figure 1.8** – Séquences paléomagnétiques.

## 1.3 QUELQUES DONNEES GENERALES

Le présent chapitre fournit quelques chiffres concernant la terre et ses composants.

### 1.3.1 Caractéristiques de la terre

**Tableau 1.II - Mensurations de la terre.**

Distance moyenne au soleil	149 600 000 km	Variation	2 500 000 km
Volume	1.083.230.000.000 km <sup>3</sup>	Masse	5.976.000.000.000 milliards tonnes
Surface totale	510 000 000 km <sup>2</sup>	Densité moyenne	5,52
Diamètre équateur	12 756 km	Circonférence équateur	40 075 km
Point le plus haut	8.848 m ( <i>Everest</i> )	Point le plus bas	- 400 m ( <i>Mer Morte</i> )

### 1.3.2 Superficie des océans et continents

**Tableau 1.III - Superficie des océans et des continents.**

Océan	Superficie (km <sup>2</sup> )	% Surface terre	Profondeur moyenne (m)	Continent	Superficie (km <sup>2</sup> )	% Surface terre
1) Océan Pacifique	166 229 000	32,6	4 028	1) Asie	44 000 000	8,6
2) Océan Atlantique	86 551 000	17,0	5 926	2) Afrique	30 000 000	5,9
3) Océan Indien	73 422 000	14,4	3 963	3) Amérique S.	24 000 000	4,7
4) Océan Arctique	13 223 000	2,6	1 205	4) Amérique N.	18 000 000	3,5
5) Mer de Chine	3 640 000	0,7	1 652	5) Antarctique	14 000 000	2,7
7) Mer Méditerranée	2 509 000	0,5	1 429	6) Europe	10 000 000	2,0
16) <i>Mer du Nord</i>	427 000	0,08	490	7) Australasie	9 000 000	1,8
Autres	14 999 000	2,9	---			
<b>Total</b>	<b>361 000 000</b>	<b>70,8 %</b>			<b>149 000 000</b>	<b>29,2 %</b>

### 1.3.3 Superficie des déserts

**Tableau 1.IV - Superficie des déserts.**

Désert	Superficie (km <sup>2</sup> )	% Surface terre
1) Sahara	8 800 000	1,7
2) Désert de Gobi	1 300 000	0,25
3) Désert Australien	1 250 000	0,24
4) Désert d'Arabie	850 000	0,17
5) Désert du Kalahari	580 000	0,11
Autres	1 570 000	0,31
<b>Total</b>	<b>14 350 000</b>	<b>2,8 %</b>

### 1.3.4 Longueur des fleuves

**Tableau 1.V - Longueur des fleuves et des principaux cours d'eau belge.**

Fleuve	Longueur (km)	Cours d'eau belge	Longueur (km)
1) Nil	6 695	Meuse	950
2) Amazone	6 437	Escaut	355
3) Yangtze/Chang Jian	6 379	Semois	210
4) Mississipi	6 264	Lys	195
5) Ob-Irtysh ( <i>Asie</i> )	5 411	Sambre	180
7) Congo	4 667	Senne	103

### 1.3.5 Hauteur des montagnes et volcans

**Tableau 1.VI - Hauteur des montagnes et volcans actifs.**

Montagne	Hauteur (m)	Volcan actif	Hauteur (m)
1) Everest	8 848	1) Guallatiri ( <i>Chili</i> )	6 060
2) K 2	8 611	2) Lascar ( <i>Chili</i> )	5 990
3) Kangchenjunga	8 598	3) Cotopaxi ( <i>Equateur</i> )	5 897
Mont-Blanc	4 810	4) Tupungatito ( <i>Chili</i> )	5 640
<i>Baraque Michel (Belgique)</i>	694	5) Ruiz ( <i>Colombie</i> )	5 400

