Chapitre II. Géodynamique externe

Dans le cadre de la géodynamique externe, on étudie l'ensemble des processus qui affectent la surface de la Terre. On s'occupe des enveloppes externes du globe terrestre, atmosphère, hydrosphère, et de leur interaction avec la surface de la Terre.

1. Le cycle de la géodynamique externe

Les roches sont altérées par des agents physiques, chimiques et biologiques, ce qui produit des particules sédimentaires. Les particules sont ensuite transportées par les agents de transports (l'eau, la glace, le vent ou la gravité) vers un lieu d'accumulation. Quel que soit le milieu d'accumulation, marin lacustre, fluviatile ou désertique, l'ensemble des particules finit par se déposer en couches superposées formant des dépôts sédimentaires. Ces derniers par leur propre poids, exercent une pression lithostatique sur les particules. Les couches se compactent et se stabilisent, l'eau est chassé. Cet ensemble d'actions appelé diagenèse donne aux matériaux un aspect stratifié, en couches compactes. La roche obtenue est une roche sédimentaire, qui est ensuite elle-même exposée à l'action des agents de l'érosion, et ainsi le cycle recommence (figure.01).

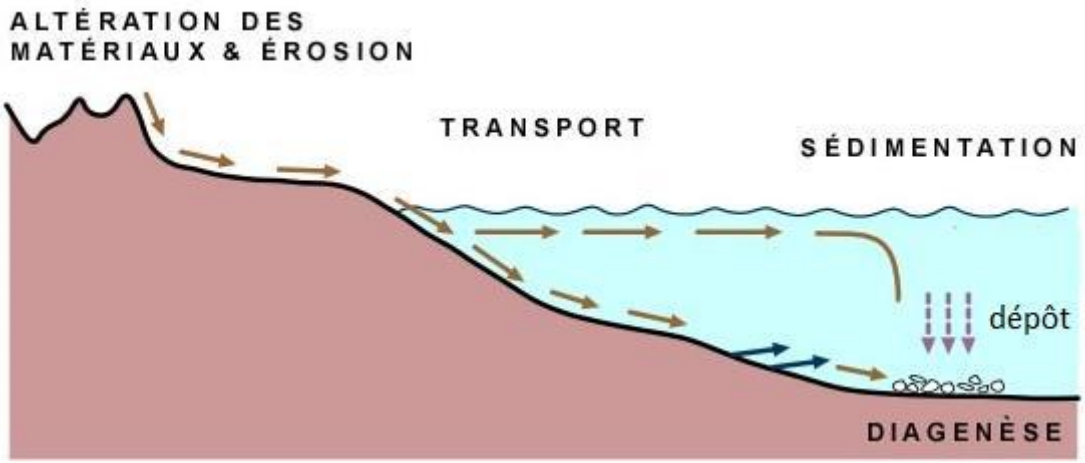


Figure.01. le cycle de la géodynamique externe (représentation simplifiée)

1.1. Altération

L'**altération** est l'ensemble des modifications chimiques et physiques qui affectent les sédiments et les roches exposés à l'atmosphère, à l'hydrosphère et à la biosphère. Elle est une des composantes de **l'érosion,** qui comprend également la destruction mécanique des roches.

L'altération désigne donc l'ensemble de transformation des roches par des processus physiques (mécaniques),chimiques et/ou biologiques (Plantes et animaux) en surface. Ces modifications se font par des agents atmosphériques, les eaux souterraines et thermales (altération hydrothermale). Elle est contrôlée en particulier par :

- la solubilité des minéraux,
- la nature et la structure de la roche (degré de fracturation),
- le climat (température et précipitations),
- la présence de sol et de végétation,
- la durée d'exposition.

L'**altération** a généralement pour effet de rendre les roches moins cohérentes, ce qui **facilite** leur désintégration par l'**érosion**. Il existe différents **processus** d'altération :

- les **processus chimiques** entraînent une modification de la composition chimique ou une dissolution des minéraux de la roche. Ils nécessitent la présence d'eau et sont de loin les plus importants ;
- les **processus physiques** provoquent une fragmentation mécanique de la roche sans affecter la composition des minéraux ;
- les **processus biologiques** conduisent également à une fragmentation ou à une modification chimique des roches par l'action d'organismes vivants (animaux, plantes, bactéries).

L'altération physique (désagrégation mécanique) produit la fragmentation des roches, suite à un certain nombre d'agents physiques. Les variations de température entraînent la dilatation ou la contraction des roches: soumise à des variations de volume incessantes, un roche se fissure puis éclate (**thermoclastie**). L'eau qui pénètre dans les fissures et les pores puis gèle avec augmentation de volume ajoute son effet. Les cristaux de glace s'accroissent perpendiculairement à la surface de la fente et augmentent son ouverture: la roche est gélive, elle éclate sous l'effet du gel (**cryoclastie**). La cristallisation du sel ajoute son action le long des littoraux et dans les zones désertiques. Près des côtes, les embruns salés pénètrent dans les pores des roches. Les cristaux de sels s'y développent et produisent des craquelures (**haloclastie**).

L'altération chimique des roches se fait en présence d'eau; elle a lieu essentiellement en climat humide. Les réactions sont des **hydrolyses**, des **dissolutions**, accessoirement des **oxydations**, des **hydratations**, des **décarbonatations** pour les roches calcaires. Les éléments solubles sont lessivés en partie, parfois en totalité sous les climats très agressifs. Les parties insolubles restent sur place telles quelles ou se recombinent avec les ions disponibles (phénomène d'héritage).

Dissolution :

Dissociation d'une molécule en ions par un solvant. Dans le cas de la météorisation, le solvant C'est l'eau. Ce processus implique les roches salines: sel gemme, gypse……

Exemples:

* ***Sel gemme et autres évaporites*** sont fortement solubles **:**

$NaCl$ (halite) $\longrightarrow Na^{+} + Cl^{-}$

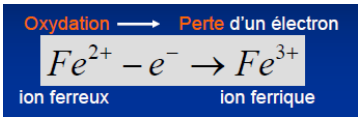
* ***Quartz et autres silicates :*** très faiblement solubles (6 ppm pour le quartz dans les eaux de surface) :

$$SiO_2 + 2H_2O \longrightarrow Si(OH)_4$$

Silice ou quartz Eau Silice monomère

Oxydation :

L'oxydation est importante pour les minéraux contenant du fer, qui passe de l'état ferreux (Fe2+) à l'état ferrique



Exemple :

$Fe_2SiO_4 + ½ O_2 \rightarrow Fe_2O_3 + SiO_2$

Olivine + Oxygène → Oxyde ferrique ou Hématite + Silice

Hydratation :

Concerne les roches composées de minéraux peu hydratés susceptibles de fixer la molécule d'eau, tels que les oxydes de fer; elle produit un gonflement du minéral et donc favorise la destruction de la roche. C'est le phénomène inverse de la déshydratation.

Exemple:

$CaSO_4 + 2H_2O \longrightarrow CaSO_4.2H_2O$

Anhydrite + Eau Gypse

Décarbonatation :

Elle produit la solubilisation des calcaires et des dolomies généralement sous l'action du CO_2 dissous dans l'eau.

$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow Ca(CO_3H)_2$ soluble

Hydrolyse :

L'hydrolyse, c'est à dire la destruction des minéraux par l'eau, sont les principales réactions d'altération, autrement dit c'est le processus par lequel un cation d'un minéral est remplacé par le H^+ ou OH^- d'une solution acide ou de l'eau.

L'**hydrolyse totale** caractérise les zones tropicales et équatoriales (climats chauds et humides). C'est une altération géochimique pure qui dissocie les silicates en éléments solubles. Ceux-ci pourront se recombiner et donner naissance à des argiles de néoformation (Kaolinite, si le lessivage est fort : goethite et gibbsite).

L'**hydrolyse** est **partielle** lorsque la dégradation est incomplète et donne directement des composés silicatés (argiles). Ces composés diffèrent selon les conditions de milieu. L'**hydrolyse incomplète** réalisée dans les milieux tempérés donne naissance à des argiles dites héritées (Illite, montmorillonite, chlorite et vermiculite).

2. Erosion et transport

L'érosion est définie comme «l'ensemble des phénomènes exogènes (externes), qui, à la surface du sol ou à faible profondeur, enlèvent tous ou partie des terrains existants et modifient ainsi le relief.» Les agents de l'érosion (et du transport) sont le vent, les eaux courantes et la glace, et, de façon plus limitée, la gravité.

2.1. L'action du vent

L'**action du vent** se manifeste surtout dans les régions où la végétation est absente, car les sédiments se déplacent facilement: c'est le cas des déserts (chauds ou froids) ou des rivages qui bordent les mers (les plages). Le climat devient désertique quand les précipitations sont inférieures à250mm/an. Le vent peut être à la fois un agent d'érosion et de transport.

Erosion du vent = **érosion éolienne** (remarque: tout ce qui se rapporte au vent est qualifié «d'**éolien**») attaque les roches en enlevant des particules ou en polissant la surface. Plus le vent est fort, régulier et chargé de poussières et moins il y a d'obstacles sur son chemin, plus l'efficacité de l'érosion est grande.

Les mécanismes de l'érosion éolienne :

En fonction de la vitesse du vent, des particules de taille variables ont transportées, on parle de **déflation éolienne (autrement** dit **la déflation** consiste à l'enlèvement des particules par le vent): les particules les plus fines sont transportées en **suspension** (il s'agit en général de poussières), les autres se déplacent par **saltation** (les grains de sable) ou par **reptation**ou **roulement**pour les plus grosses (figure.02). Le vent élimine donc les matériaux les plus fins, et ne laisse sur place qu'un **désert de cailloux** (le **reg**). Il peut aussi entraîner la formation de dépressions fermées désertiques, qu'on appelle **chotts** ou **sebkhas** au Sahara (figure.03).

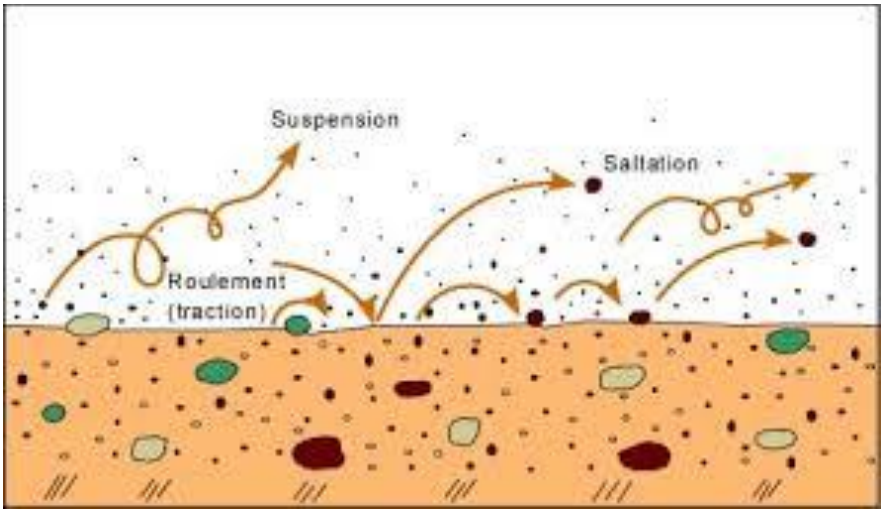


Figure.02. Différentes mécanismes de mouvements des particules.

Figure.03. Formation d'un désert de cailloux (pavement de cailloux) : **le reg**

Quand la force du vent diminue, les particules qu'il transport se déposent et forment des **dépôts éoliens**. Les **dunes** sont des dépôts de sable hauts de quelques mètres à plus de 100 m, en général constitués de grains de silice (quartz), plus rarement de gypse. Il existe plusieurs types de dunes : des dunes en forme de croissant appelées **barkhanes**, des dunes **transversales**, des dunes **en forme d'étoile**…… leur forme dépend de l'orientation et la force du vent (figure.04).

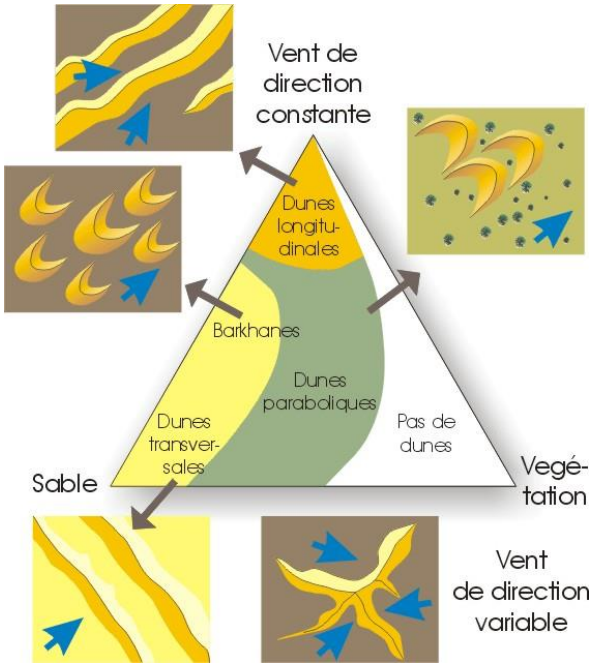


Figure.04. Les principaux types de dunes éoliennes

2.2. L'action de l'eau :

C'est le facteur d'érosion le plus important. Les **eaux de précipitations** qui atteignent le sol se partage en trois composantes :

Une partie **s'infiltre** dans le sol et alimentera les eaux souterraines, une autre**s'écoule** à la surface du sol (les **eaux de ruissellement**) et la dernière **s'évapore** à partir des surfaces d'eau libre ou de la végétation (**l'évapotranspiration**) (figure.05).

L'action de **l'eau de ruissellement** dépend surtout de la quantité d'eau précipitée pendant un minimum de temps (les pluies des orages sont ainsi responsables d'une érosion importante des continents.

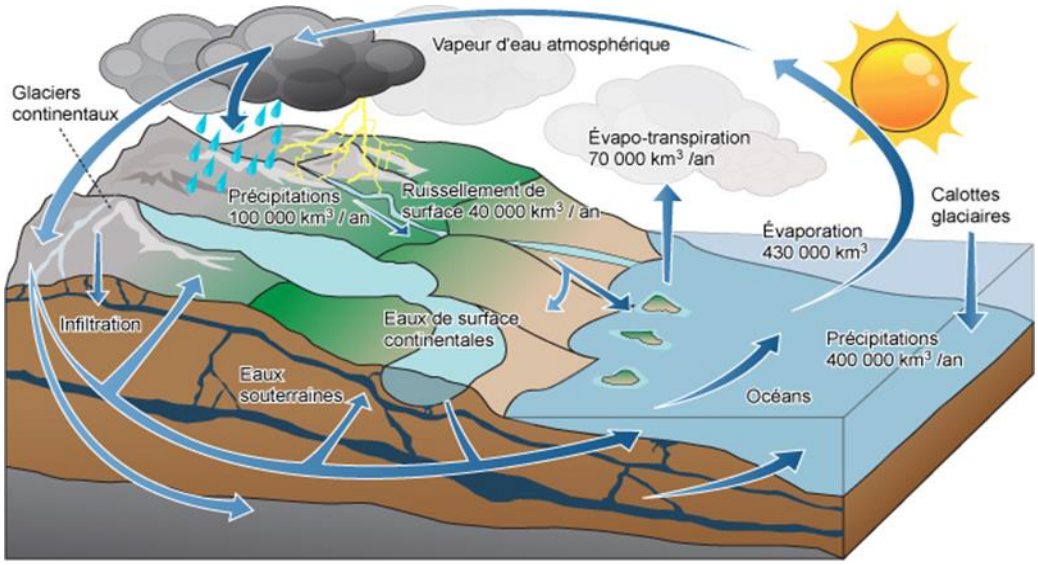


Figure.05. Cycle naturel de l'eau

Après avoir ruisselé, les eaux de pluie se rassemblent dans un chenal bien délimité et s'écoulent vers des cours d'eau plus importants. Quand les cours d'eau sont **temporaires** ('eau est absente pendant une partie de l'année), ils sont appelés **torrents** ou **oueds**.

Quand ils sont **permanentes** (l'eau est toujours présente), on les appelle **rivière** ou **fleuves**.

Un **torrent** est un cours d'eau de montagne caractérisé par une forte pente. Le torrent se divise en trois secteurs aux comportements morphologiques distincts : une zone dominée par l'érosion (**le bassin de réception**), une zone dominée par le transit sédimentaire (**le chenal d'écoulement**) et une zone de ralentissement dynamique propice à l'accumulation (**le cône de déjection**).

Les **rivières** et les **fleuves** sont des cours d'eau **permanents** qui prennent naissance à partir de sources de nappes (ex : Seine, Loire), de la fonte des glaciers (ex : Rhin, Rhône). Ces cours d'eau convergent vers un fleuve qui se dirige soit vers l'océan, soit vers des lacs ou des lagunes.

Au niveau des embouchures de fleuves, deux milieux aux caractéristiques différentes sont mis en présence :

- **Les estuaires** sont des embouchures dans les mers à courants côtiers et à courants de marées importants. Il y a le plus souvent pénétration du milieu marin en milieu continental. L'eau de mer prend directement le relais concernant le transport des matériaux.

- **Les deltas** sont des embouchures de fleuves riches en matériaux détritiques dans les mers (ou les lacs) à marées de faible amplitude. Les matériaux détritiques sont alors peu ou pas déblayés par les courants.

Les cours d'eau peuvent être à la fois des agents d'érosion, de transport et de dépôt, en fonction de la vitesse du courant et la taille des particules transportées.

2.3. L'action de glaciers

Sous climat froid et humide, la **neige** se transforme en **glace** par compaction et tassement. Ce sont des chutes de neige qui sont à l'origine des **glaciers continentaux** ; et le gel de l'eau de mer est à l'origine de la **banquise**.

a. Description des glaciers :

Les glaciers sont des montagnes constituées de différentes zones (figure.06) :

- **Le cirque glaciaire :** c'est dans cette zone de forme circulaire située la plus en altitude, que s'accumule la neige.
- **La langue glaciaire :**a une forme allongée, c'est dans cette zone que le glace s'écoule. Sa surface est souvent couverte de débris : on parle de **moraines**.

b. Effets de glaciers :

Les glaciers peuvent être à la fois responsables d'érosion et d'accumulation :

- **Les formes d'érosion :** en se déplaçant, les **glaciers**érodent les roches sur lesquels ils se glissent, une **vallée glaciaire** a donc un fond plat et profil typique en **forme de U**.

- **Forme d'accumulation :** en fondant, les **glaciers** laissent sur place des blocs et des débris de toute taille qui formaient **les moraines**.

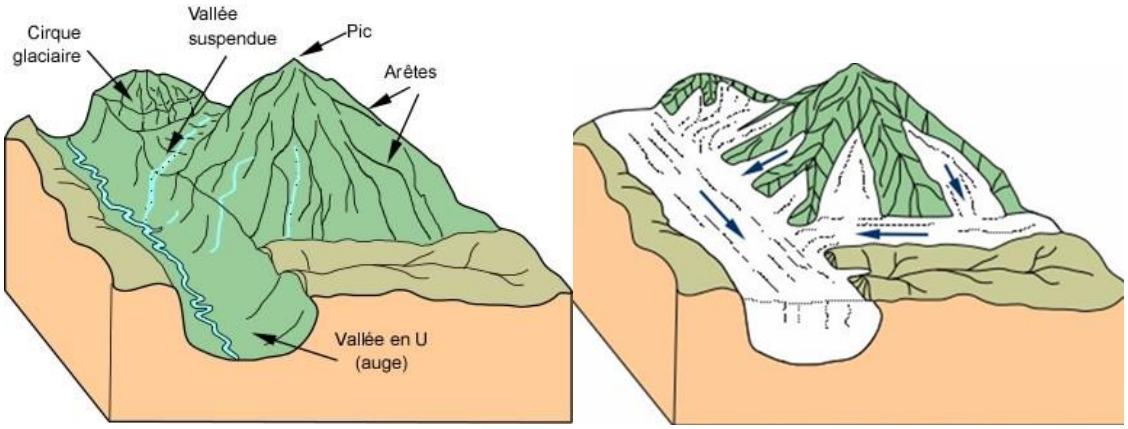


Figure.06. Morphologie d'un glacier de montagne

3. Milieux de dépôt :

Les éléments destinés à former un sédiment sont transportés à l'état solide ou en solution. Ils se déposent ou précipitent ensuite dans **un milieu de sédimentation**.

Un **milieu de sédimentation** est un **bassin** (**dépression**) où règne un ensemble de facteurs physiques, chimiques et biologiques suffisamment constants pour former un **dépôt** caractéristique, ce dépôt se forme par des couches horizontales; **exemples :** milieu fluviatile, milieu lacustre, milieu deltaïque, milieu marin (figure.07).

Ainsi, le géologue pourra reconstituer les conditions ayant régné dans un milieu ancien à l'aide des caractéristiques de ses dépôts.

Principaux milieux de sédimentation

- **Les milieux continentaux :** les dépôts continentaux résultent de déséquilibres dans la dynamique du transport par l'eau, le vent et la glace **exemple** : les **milieux glaciaires**, les **milieux fluviatiles**, les **environnements éoliens**….
- **Les milieux intermédiaires :** Ils sont situés aux limites du domaine marin et du domaine continental et présentent des caractères mixtes**exemple :** les**estuaires** et les **deltas**.

- **Les milieux marins :** ils sont localisés sous les mers et les océans, hors de l'influence de continent, ils comportent trois milieux **: milieux littoraux** (plage et plate-forme littorale), **milieux de talus sous-marin**, **bassin et fosse océaniques**.

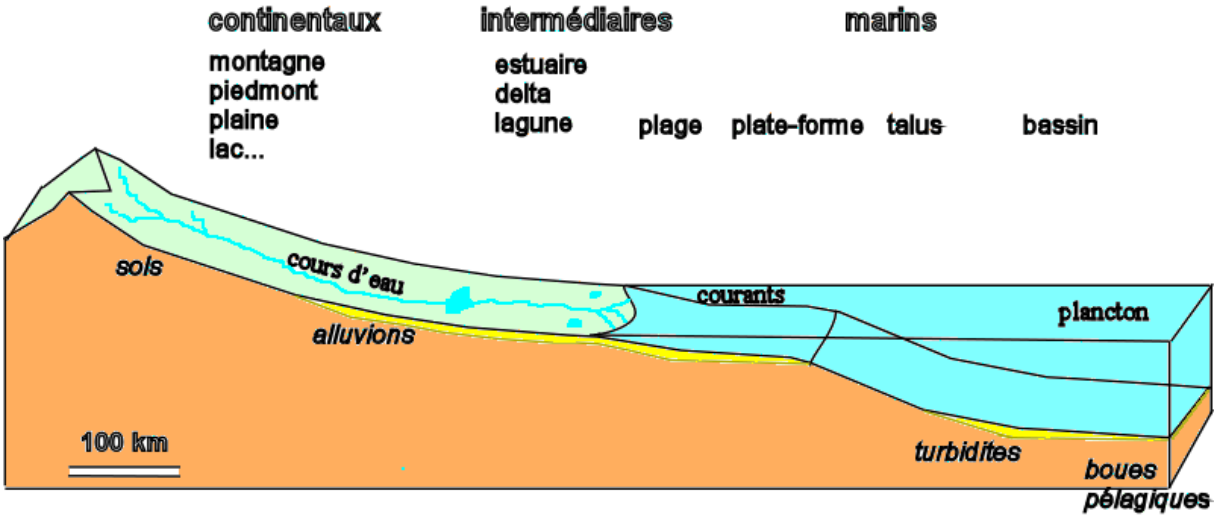


Figure.07. Principaux milieux de sédimentation

4. Les roches sédimentaires

Il existe trois types de roches :les roches **sédimentaires,** les roches **métamorphiques** et les roches **magmatiques.** Une roche **sédimentaire** se forme après le dépôt des sédiments, suite à la **diagenèse.**

La **diagenèse** consiste en leur transformation physico-chimique et biologique en **roches sédimentaires**compactes (solides).Cette transformation se fait, à faible profondeur (conditions de pression et de température peu élevées), en plusieurs étapes, plus au moins respectées selon la nature du sédiment.

Les **roches sédimentaires** sont des roches meubles ou consolidées provenant d'une roche mère. Ce sont des roches **exogènes** (c'est-à-dire formées à la surface de la Terre ou à quelques kilomètres de profondeur) qui représentent **5 %** en volume de la croûte terrestre). Elles sont très répandues à la surface (elles couvrent **75 %** de la surface) sous forme de couches recouvrant les roches métamorphiques et magmatiques (surfaces totales des terres émergées).

Les **roches sédimentaires** ont une grande importance du point de vue économique : le pétrole, le gaz, le charbon, l'uranium, les matériaux de construction sont d'origine sédimentaire. Elles ont aussi une importance scientifique : c'est le seul type de roches contenant des fossiles.

Un sédiment : est un ensemble de particules en suspension dans l'eau, l'atmosphère ou la glace et qui a fini par se déposer sous l'effet de la gravité, souvent en couches ou strates successives. Un sédiment est caractérisé par sa nature (composition physicochimique), son origine, sa granulométrie, les espèces qu'il contient.

4.1. Classification des roches sédimentaires

Il est possible de classer les roches sédimentaires en trois grandes classes génétiques.

- les **roches d'origine détritique (**nommées **les roches détritiques ou terrigènes)** : résultent des dépôts des débris (morceaux, fragments, particules)arrachés par l'érosion des roches préexistantes **exemple :** blocs, galets, graviers, …Elles représentent 85 % des roches sédimentaires présentes à la surface de la Terre.La classification des roches détritiques se base sur la taille (granulométrie) des particules. On utilise une classification dimensionnelle pour déterminer les différents types de roches détritiques (tableau.01) :

Tableau.01. classification des roches détritiques (Grabau, 1904).

Diamètre des particules	Classe granulométrique	Roches meubles	Roches consolidées
>2mm	Rudite	Bloc, galet, gravier	Conglomérat
De 2mm à 62µm	Arénite	Sable	Grès
<62µm	Lutite	Silt, argile	Siltite, argilite

- Les **roches d'origine chimique** : ce groupe renferme les **roches chimiques et**les roches **biochimiques**.Les premiers résultent de précipitation purement physico-chimique des éléments en suspension dans le l'eau (les éléments transportés par solution) ; par contre les deuxièmes résultent de la précipitation chimique de ces éléments en suspension dans le l'eau par l'intervention des êtres vivants. Les plantes et les animaux peuvent extraire les substances dissoutes dans l'eau pour constituer leurs tests ou leurs os et ce sont leurs restes qui constituent les roches sédimentaires d'origine biochimique.

Les roches sédimentaires d'origine **chimique** et **biochimique** sont classées d'après la composition chimique :

- Les **roches salines**, tels que le **gypse**, le **sel gemme**
- Les **roches carbonatées**exemple : **calcaire**(une roche carbonatée formée essentiellement de précipitation de **calcite** ($CaCO_3$), d'**aragonite** ($CaCO_3$) ; **dolomie (**une roche carbonatée formée essentiellement de **dolomite** CaMg $(CO_3)_2$.Les calcaires constituent plus de 10 % des roches sédimentaires.
- L'eau de mer contient une grande quantité de carbonate de calcium ($CaCO_3$) dissoute. De nombreux organismes utilisent ce carbonate de calcium pour former leurs squelettes et autres

parties dures de leurs corps. Quand ces organismes meurent, les courants marins brisent ces fragments en petits morceaux appelés **sédiments bioclastiques**. La roche formée par

- la lithification de ces sédiments est appelée **calcaire bioclastique.**

- les **roches biogéniques** ou **organiques**: proviennent de l'accumulation des matières organiques végétales et/ou animales dans un milieu confiné.Ces roches sont constituées essentiellement de composés du **carbone organique**. La roche formée par accumulation des restes de plantes est le **charbon**. Les phytoplanctons microscopiques et bactéries sont les sources principales de matière organique contenue dans le sédiment. La transformation des composés organiques dans les sédiments forment les **hydrocarbures** (**pétrole** et **gaz naturel**).

On les classer également selon leur composition chimique, on distingue :

Les roches siliceuses, les roches carbonatées, les roches argileuses, les roches salines, les roches phosphatées, les roches ferrugineuses et les roches carbonées.

5. Méthodes d'étude des roches sédimentaires :

La **pétrographie** (du grec petra= pierre et graphein= écrire) est la science ayant pour objet la description des roches et l'analyse de leurs caractères structuraux, minéralogiques et chimiques, et les relations de ces roches avec leur environnement géologique.

L'étude des roches sédimentaires débute sur terrain par des descriptions des affleurements, un échantillonnage de ces différents affleurements et se termine au laboratoire par des différentes méthodes d'analyse, tels que :

- **La granulométrie** permet de séparer le sédiment en différentes fractions en fonction de leur taille, et concerne la partie sableuse du sédiment. Elle est réalisée à l'aide de tamis (de façon manuelle ou semi-automatique) ou avec divers appareils (par exemple le granulomètre laser). Le tracé de courbes granulométriques permet d'avoir une idée précise sur le milieu d'origine du sédiment, ou bien encore le type de transport.

- **La morphoscopie** des grains de quartz consiste à étudier la forme de ces grains à l'aide d'une loupe binoculaire. Les grains de quartz sont très abondants dans la fraction sableuse, car ce minéral est particulièrement résistant. Leur forme évolue avec le transport, et elle est différente selon le milieu d'origine du sédiment.

- **La calcimétrie** est utilisée pour déterminer la proportion de carbonates dans le sédiment, cette analyse très simple est réalisée par attaque HCl, le plus souvent à l'aide d'un appareil appelé calcimétre.

Notion de stratigraphie

La stratigraphie (du latin stratum « strate » et du grec graphein « décrire ») est la science qui étudie la succession, dans l'espace et dans le temps, des couches de terrains ou strates et des événements qu'elles ont enregistrés. Elle permet d'établir une chronologie stratigraphique relative et a pour objectif de retracer l'histoire de la Terre et de faire des datations.

On appelle **strate** une **couche** de terrain homogène possédant une individualité nette(sa nature lithologique, sa couleur et sa texture est différente de la couchée qui se trouve au-dessus et celle qui se trouve au-dessous). Son épaisseur peut varier de quelques centimètres à plusieurs dizaines de mètres. Les strates sont séparées par des **joints de stratification**horizontaux. La **strate** est l'unité de base de la **stratigraphie**.

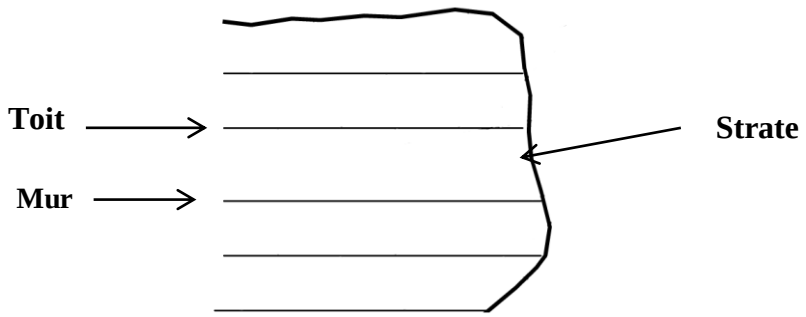


Figure.01. Schéma représentant des strates séparées par des joints de stratification horizontaux.

Les principes de la stratigraphie

La position des strates permet d'obtenir des informations sur la **chronologie relative** de leur formation les unes par rapport aux autres. L'établissement de la datation ou la

chronologie relative se basent sur de principes simples, appelés **principes de la stratigraphie**.

- **Le principe de l'actualisme :** Ce principe est souvent résumé par la phrase célèbre : « le présent est la clé du passé ». Dans sa version moderne, ce principe stipule que les lois de la nature n'ont pas varié au cours du temps, les lois physiques et chimiques actuelles étaient valides dans le passé de la Terre.
- **Le principe d'horizontalité :** les couches sédimentaires se sont déposées horizontalement, parallèlement à la surface de la Terre (fig.02). Une couche sédimentaire actuelle inclinée ou plissée a été déformée postérieurement à son dépôt.
- **Le principe de la superposition :** dans une succession de couches ou strates déposées à l'horizontale les unes sur les autres et non déformées ou renversées par la tectonique, la couche la plus ancienne est à la base et la plus jeune au sommet (fig.02).
- **Le principe de continuité :** une même couche a le même âge sur toute son étendue (fig.03).
- **Le principe de recoupement :** les couches ou strates sont plus anciennes que les failles, dykes et roches qui les recoupent (fig.04).
- **Le principe de l'inclusion :** un fragment de roche trouvé à l'intérieur d'une autre roche s'appelle inclusion, les fragments de roche inclus dans une couche sont plus anciens que la couche (fig.05).
- **Le principe d'identité paléontologique :** ce principe se base sur l'existence de fossiles stratigraphiques. Deux couches ayant le même contenu paléontologique (mêmes fossiles) sont considérées comme ayant le même âge. Il permet de corréler des séries sédimentaires de régions éloignées (fig.06).

Pour l'application de ce principe, on définit la notion de « **fossiles stratigraphiques** » qui doivent avoir un certain nombre de caractères :

- ✓ Evolution rapide de l'espèce dans le temps (l'espèce doit avoir une courte période de vie sur Terre).
- ✓ Vaste répartition géographique.
- ✓ Grand nombre d'individus et grand potentiel de fossilisation.

- **Le principe de la succession des faunes** : ce principe stipule que les organismes fossiles se succèdent dans le temps dans un ordre défini et reconnaissable et que l'âge relatif des strates peut donc être déterminé à partir de leur contenu en fossiles.

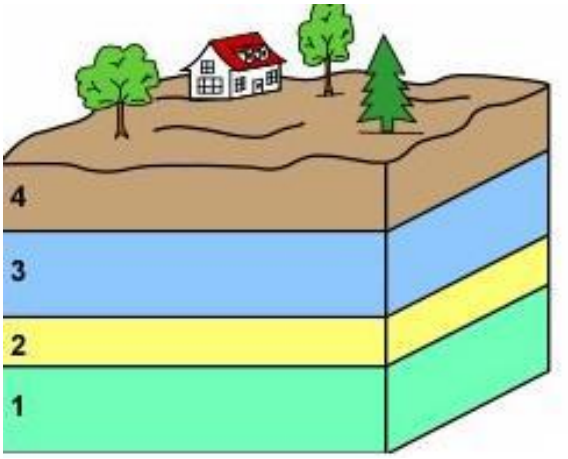


Figure.02. Schéma de couches sédimentaires superposées (les principes de l'horizontalité et de superposition).

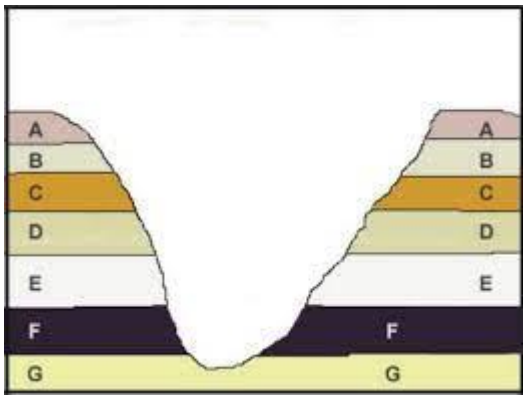
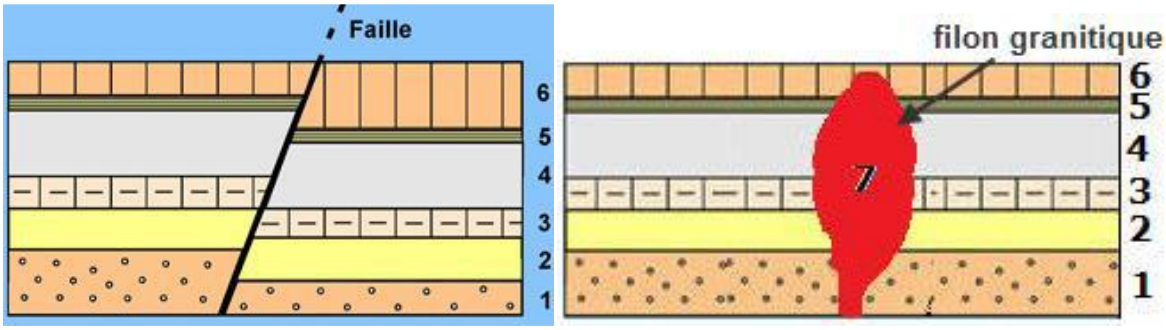


Figure.03. Schéma illustrant le principe de continuité. Les strates sont corrélées de part et d'autre d'une vallée fluviatile



1 2

Figure.04. 1. Schéma de strates affectées par une faille, 2. Schéma des strates recoupées par un filon (le principe de recoupement).

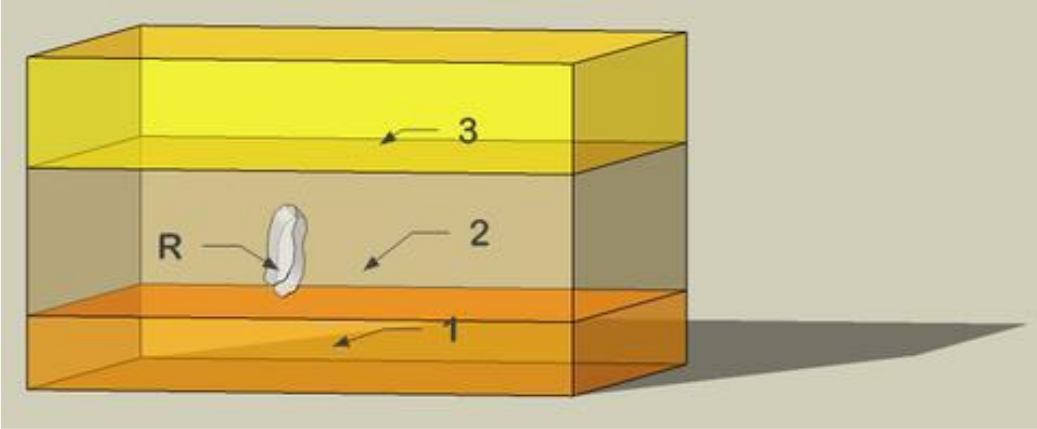


Figure.05. Schéma illustrant le principe d'inclusion.

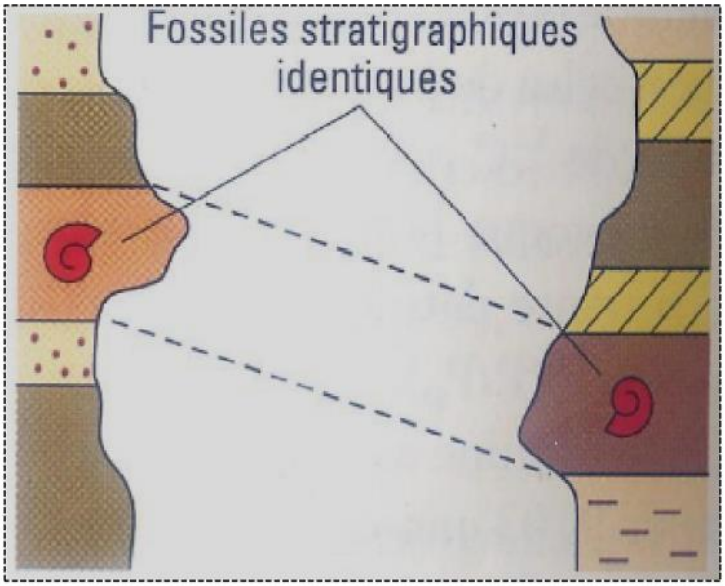


Figure.06. Corrélation de deux colonnes stratigraphiques (principe d'identité paléontologique)

L'échelle des temps géologiques

Au cours des deux derniers siècles, les géologues ont réussi à réaliser des corrélations stratigraphiques de roches qui se sont accumulées tout au long des temps géologiques à travers le monde. Les résultats de ces études ont permis d'établir la colonne de l'échelle des temps géologiques (fig.07). Les géologues divisent les temps géologiques en

unités. Tout comme une année est divisée en mois, les mois en semaine, et les semaines en jours, les unités des temps géologiques sont divisées en petits intervalles.

La plus grande unité des temps géologique est l'éon, qui est divisé en ères. Les ères sont subdivisées, à leur tour, en périodes, qui sont subdivisées en époques. La colonne de l'échelle des temps géologiques est basée sur des âges relatives et de nombreuses modifications apparitions ou disparitions des êtres vivants. Lorsque les méthodes de datation géochronologiques ont été mises au point, les âges absolus ont été ajoutés à **l'échelle des temps géologiques**.

Les éons sont divisés en 4 parties (du plus ancien au plus récent) :

- L'**Hadéen**: très peu de roches de cette période existent à la surface de la Terre.
- L'**Archéen** (Anciennes roches).
- Le **Protérozoïque** (Proteros : premier, zoique : vie - ce qui veut dire début de la vie)

Les trois divisions précédentes sont souvent regroupées sous le terme de : Précambrien (car elles précédent la période du Cambrien où les formes de vie se sont diversifiées et les fossiles ont été bien conservés dans les roches).

- Le **Phanérozoïque** (qui veut dire vie apparente).

La subdivision des éons en ères ne concerne, sur l'échelle des temps géologiques, que le Phanérozoïque. On distingue, de la plus ancienne et à la plus récente :

- Le **Paléozoïque** (qui veut dire: vie ancienne).
- Le **Mésozoïque** (qui veut dire la vie moyenne, cette ère est aussi appelée l'âge des dinosaures)
- Le **Cénozoïque** (qui veut dire la vie récente, appelée aussi l'âge des mammifères).

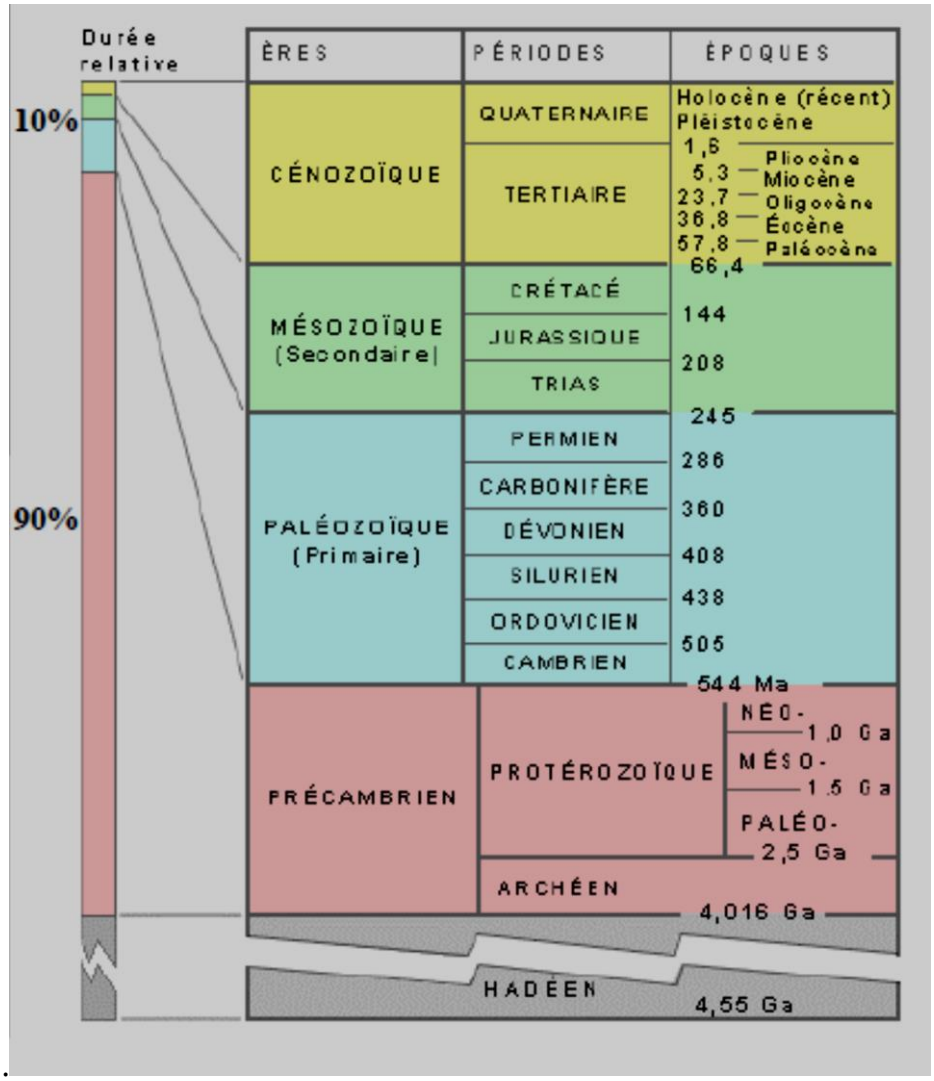


Figure.07. Echelle des temps des géologiques

Ages des couches

La **chronologie** est la succession des évènements dans les temps.L'âge d'une couche géologique est donné de deux façons : en âge relatif et en âge absolu.

- ***L'âge relatif***, comme son nom l'indique, se fait par rapport à une autre couche, sous ou sus-jacente, à celle-ci. Il se base sur 2 principes de la stratigraphie : les principes d'horizontalité et de superposition. Cette méthode de datation est dite, **datation relative**.

- ***L'âge absolu***, donne des âges chiffrés en millions et milliards d'années. Il est basé sur la **radioactivité** de certains éléments chimiques. On parle de **datation radiométrique**.

Par exemple, avec la méthode relative, on a pu déterminer que les dinosaures se sont éteints à la fin du Crétacé. Avec cette méthode, on précisera qu'elle a eu lieu, il y a 65

millions d'années par rapport à l'actuel. C'est grâce à dernière méthode qu'on connait l'âge de la Terre : 4.6 milliards d'années.

Notions de paléontologie

La paléontologieest la science qui étudie les restes d'organismes disparus, ou **fossiles**, ainsi que leur mode de conservation, la **fossilisation**. Elle se trouve à la jonction de deux sciences naturelles, la géologie et la biologie. La **paléontologie** est liée à la **stratigraphie** du fait que les fossiles contribuent à la datation (stratigraphique) des couches sédimentaires.

Qu'est-ce qu'un fossile ?

On appelle les **fossiles**, les restes d'animaux, de végétaux ou les témoignages de leur activité (traces, empreintes, moulages) qui ont été conservés dans les roches sédimentaires au cours des temps géologiques. Le plus souvent ce sont les parties dures qui sont fossilisées. Chez les animaux, il s'agit des parties minérales (os, dent, coquille) qui sont conservées, plus rarement les parties tissulaires (plumes, tissus mous). Chez les végétaux : bois, spores, pollen, certaines graines, plus rarement feuilles…(fig.08, 09).

La conservation s'effectue généralement dans les roches sédimentaires, exceptionnellement dans la glace (mammouth de Sibérie)…Ces restes ou fossiles comportent essentiellement : les animaux, les végétaux et des traces de vie (des pistes ; des empreintes ; des traces de nourriture ; des endroits d'habitation ; des terriers : habitats d'animaux comme les lièvres, les rats).

Figure.08. Fougère fossilisée **Figure.09.** Poisson fossilisé

Le processus de fossilisation

- **La fossilisation**est le phénomène qui conduit à la conservation de ces restes (fig.10).
- **Les conditions de fossilisation** : Pour qu'un organisme se fossilise, il faut un enfouissement rapidedans les sédiments après sa mort. C'est la condition fondamentale d'une **fossilisation**. Prenons le cas d'un poisson qui meurt et tombe au fond d'un lac.

S'il est enseveli dans la vase qui le couvre et le protège, il présente la possibilité, des millions d'années plus tard, de devenir un fossile. La plupart du temps, les cadavres d'animaux et les végétaux abandonnés à l'air libre ou immergés (donc : sous l'eau) ne tardent pas à pourrir et à disparaître sans laisser de traces. Très peu d'organismes (donc des témoins du passé) arrivent jusqu'à nous. On pense que moins de 1% de la biomasse du passé nous est parvenue sous forme de fossiles. On peut également cités d'autres facteurs qui favorise la fossilisation, tels que :

- La présence d'une partie dure (comme une coquille, des os ou des dents) ;
- Une petite taille ;
- L'absence de l'oxygène.

- **Quelles sont les parties des organismes qui sont susceptibles d'être fossilisées et sous quelle forme ?** Ce sont les **parties dures** des organismes qui sont conservées. C'est-à-dire les squelettes lorsqu'il s'agit de vertébrés, les coquilles lorsqu'il s'agit de gastéropodes, de lamellibranches, etc. Ces restes peuvent donc être fossilisés tels quels ou être remplacés par des minéraux qui prend exactement leur forme : c'est ainsi qu'on aura des anciennes coquilles transformées en calcite, en silice, en dolomite, en pyrite…

Les parties dures peuvent être dissoutes et laisser des empreintes ou moules dans le sédiment. Deux sortes de moules : interne et externe

***Moule interne* :** le sédiment fin remplit une coquille de gastéropode, par exemple. Au fil des temps la coquille se dissout ; il peut rester un moule parfait des caractères internes des fossiles. **M*oule externe* :** Il s'agit de l'empreinte extérieure du fossile, souvent en creux.

Figure.10. processus de fossilisation