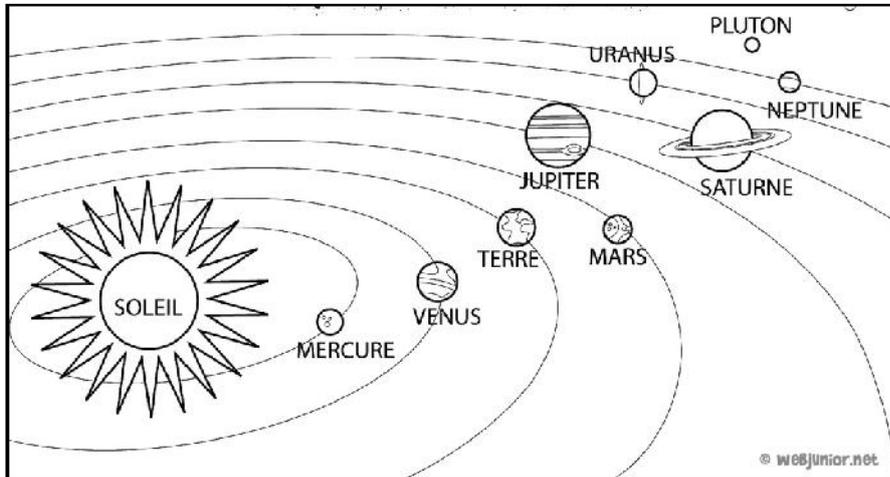


1- LE SYSTEME SOLAIRE



Le Système Solaire est composé du **Soleil** ainsi de tout ce qui gravite autour de celui-ci : les **planètes** et leurs satellites, les **planètes naines**, les **astéroïdes**, les objets de la **ceinture de Kuiper** et les **comètes**.

Les dimensions du système solaire sont définies par rapport à la distance Soleil-Terre, que l'on appelle « unité astronomique » (UA). Une UA fait 150 millions de km. On estime que la distance entre le soleil et la frontière du système solaire est d'environ 86 à 100 UA.

1-1- Le soleil

Le soleil est une étoile de taille et de luminosité moyennes. Les rayons solaires et autres radiations sont produits grâce à la conversion d'hydrogène en hélium à l'intérieur du soleil brulant et dense.

Bien que cette fusion nucléaire brûle 600 millions de tonnes d'hydrogène par seconde, le Soleil peut continuer à briller autant pendant encore 6 milliards d'années.

1-2- L'atmosphère

On appelle « atmosphère » l'enveloppe gazeuse qui entoure certains corps célestes comme, par exemple, la Terre. Les gaz sont maintenus autour de ces corps célestes par la force gravitationnelle qui les retient. L'épaisseur de l'atmosphère est fluctuante, entre 350 et 800 km ; elle dépend en particulier de l'activité solaire ; l'épaisseur moyenne est d'environ 600 km.

1-3- La terre

La Terre est la seule planète du Système solaire où la vie prend forme. Sa forme est assez proche d'une sphère, c'est ce que confirment les photos satellites.



Blue Marble : une photographie célèbre acquise le 07/12/1972 par l'équipage d'Appollo 17 à une altitude de 45000 km.

Grâce à sa troisième position par rapport au Soleil, la Terre possède une variété de climats idéale! De plus, son atmosphère lui permet de garder une température supportable. Sans elle, aucune forme de vie ne serait possible sur notre planète.

Son atmosphère proprement dite est essentiellement composée d'azote (78 %) et d'oxygène (21 %). Des traces d'autres gaz sont aussi décelables, notamment : l'argon, le gaz carbonique, le néon et l'hélium.

La Terre est surnommée la planète bleue. Ceci est dû à l'immense quantité d'eau liquide qu'elle abrite. En effet, 70,8 % de la surface sont recouverts d'eau (océans, mers intérieures, lacs, rivières, eaux souterraines, etc.). C'est ce que l'on appelle l'hydrosphère.

2- STRUCTURE INTERNE DE LA TERRE

La Terre est constituée d'une série de couches concentriques de propriétés chimiques et/ou physiques différentes. La structure interne de la Terre a été mise en évidence en grande partie grâce à l'étude de **la propagation des ondes sismiques** émises pendant les grands tremblements de terre.

2-1- Les ondes sismiques

Les séismes correspondent à une brutale libération d'énergie dans le globe provoquant des secousses dans toutes les directions de l'espace. Ces ondes de propagation sont appelées des ondes sismiques.

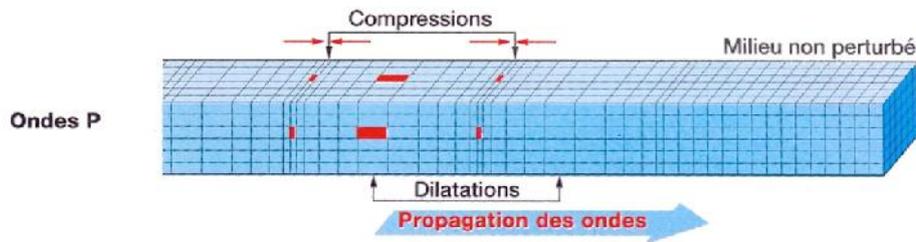
Des sismographes, répartis à la surface de la terre, enregistrent ces ondes. Leur moment

d'arrivée par rapport à la libération initiale d'énergie, ainsi que leur amplitude permet d'approcher la composition des milieux traversés par ces ondes.

Ils existent plusieurs types d'ondes :

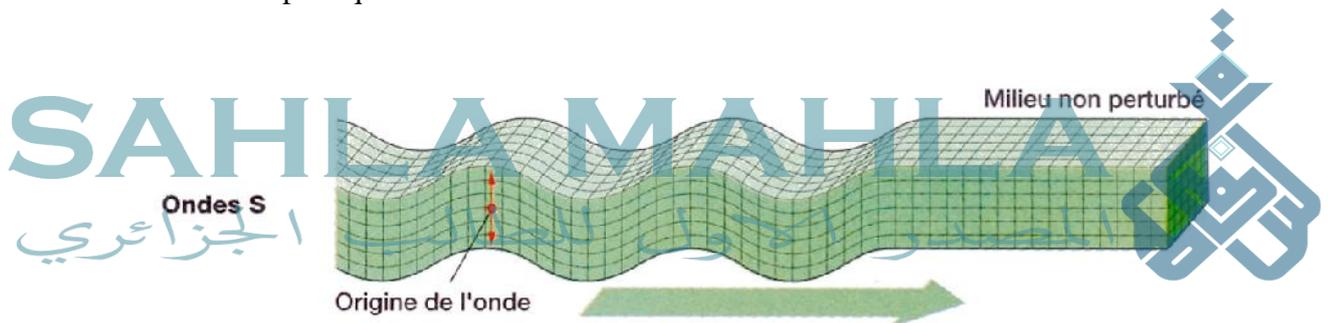
- **Ondes P ou ondes Premières**

Ondes longitudinales dites de compression/décompression. Les particules sont déplacées parallèlement à la direction de propagation des ondes. Elles se transmettent dans les milieux liquides et solides.



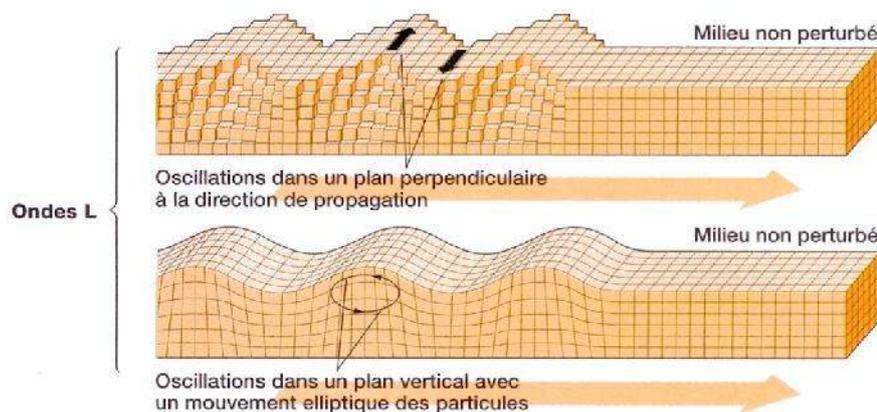
- **Ondes S ou ondes secondes**

Ondes transversales dites de cisaillement : les particules sont déplacées dans la direction perpendiculaire à la propagation. Elles ne se propagent pas dans les liquides. Leur vitesse est moins rapide que les ondes P.



Ondes L ou ondes Longues

Elles se propagent en surface, elles ont une amplitude plus forte que les deux précédentes.



Les ondes sismiques quel que soit leur point d'émission se propagent dans toute la Terre. Leur vitesse dépend du milieu qu'elles traversent. Une brusque variation de vitesse correspond donc à un changement des propriétés du milieu. Ce changement peut être de nature physique (densité, liquide/solide) ou de nature chimique (changement de composition).

2-2- Les couches de compositions chimiques différentes

Selon la composition chimique, on distingue trois parties : la croûte, le manteau et le noyau.

- **La croûte** : la composition chimique de la croûte est connue par l'observation directe des roches et par l'étude des ondes sismiques. La croûte est divisée en deux parties : la croûte continentale et la croûte océanique.
- La **croûte continentale (SIAL)** s'étend de 30 à 65 km (l'épaisseur maximale est atteinte sous les régions montagneuses). Elle est constituée par des roches granitiques avec une densité de 2.7.
- La **croûte océanique (SIMA)** est épaisse de 5 à 15 km et constitue le plancher des océans. Elle est composée par des roches basaltiques de densité $d=3.2$

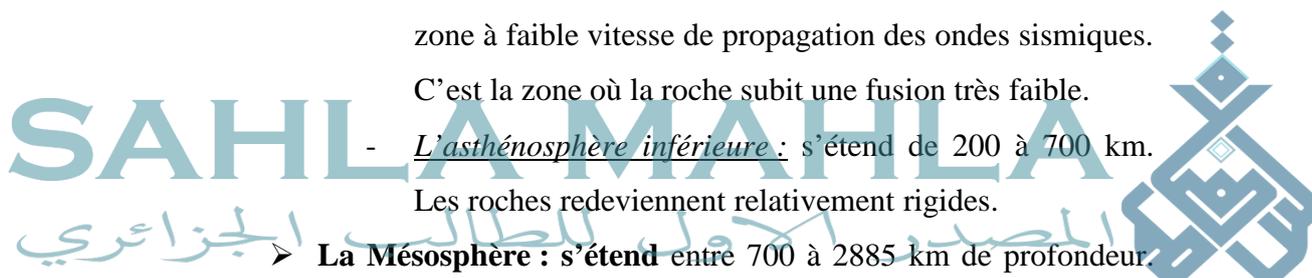
- **Le manteau** : ,qui occupe 81 % du volume de la Terre, s'étend en profondeur jusqu'à environ 2885 km. La composition moyenne du manteau est celle d'une roche nommée péridotite (roche ultrabasique riche en silicates de magnésium et de fer) avec une densité moyenne d'ordre 5.

- **Le noyau** : constitue la partie centrale de la Terre. Il est divisé en deux couches : le noyau externe et le noyau interne ou graine. Le noyau serait formé de fer et de nickel avec une densité qui passe de 11-12.5 dans la limite entre les deux parties.

2.3. Les couches de propriétés physiques différentes

Des discontinuités sismiques ont été mises en évidence entre les différentes enveloppes de l'intérieure de la terre et sont dues principalement aux changements des propriétés physiques. On distingue ainsi : la lithosphère, l'asthénosphère, la mésosphère et le noyau.

- **La lithosphère** : c'est la couche la plus externe de la terre. Elle est caractérisée par sa rigidité, son élasticité et une vitesse des ondes sismiques élevée. Elle est composée de croûte et la partie supérieure du manteau. Son épaisseur est de 100 km en moyenne (70 km sous les océans et 150 km sous les continents).
- **Le Manteau** : on distingue le manteau supérieur (l'Asthénosphère) et le manteau inférieur (la Mésosphère).
 - **L'Asthénosphère** : elle est divisée, à son tour, en deux parties :
 - *L'asthénosphère supérieure* : composée de roches malléables (rigidité faible), s'étend de 150 à 200 km de profondeur. Elle est appelée LVZ (Low Velocity Zone) : zone à faible vitesse de propagation des ondes sismiques. C'est la zone où la roche subit une fusion très faible.
 - *L'asthénosphère inférieure* : s'étend de 200 à 700 km. Les roches redeviennent relativement rigides.
 - **La Mésosphère** : s'étend entre 700 à 2885 km de profondeur. Elle est composée de roches de rigidité très forte.
- **Le Noyau** : il est composé de deux couches, le noyau externe liquide (entre 2885 à 5155 km) et le noyau interne solide, appelé encore la graine (entre 5155 à 6388 km)



2.4. Les discontinuités :

Les différentes enveloppes sont séparées par des discontinuités. Une discontinuité est une surface qui est responsable d'une variation brutale de la vitesse de propagation des ondes sismiques.

- **Les discontinuités majeures**

- ***La discontinuité de Mohorovicic ou Moho***

Il s'agit d'une zone marquée par une brusque accélération de la vitesse des ondes P et S qui marque la limite entre la croûte terrestre et la limite supérieure du manteau. Cette discontinuité est située à une profondeur de 10 Km sous les océans, de 35 Km en moyenne sous les continents et de 70 Km sous les montagnes.

- ***La discontinuité de Gutenberg***

Il s'agit d'une zone située à 2885 Km de profondeur, entre le manteau inférieur et le noyau. La vitesse de propagation des ondes P chute brusquement, tandis que les ondes S s'arrêtent. Cet arrêt de propagation des ondes S permet d'indiquer que le noyau externe est de type liquide.

- ***La discontinuité de Lehman***

Cette troisième discontinuité a été mise en évidence entre le noyau externe fluide et le noyau interne solide : elle se situe à une profondeur de 5155 Km et marquée par une accélération de la vitesse des ondes P.

- **Les discontinuités mineures**

- ***La zone LVZ : Low Velocity Zone***

Elle se situe dans le manteau supérieur, à une profondeur comprise entre 70 et 150 Km : elle marque la limite inférieure de la lithosphère solide. Dans cette zone, les ondes P et S ralentissent brusquement.

- ***La limite Asthénosphère / Mésosphère***

Un saut de vitesse est observé vers 700 Km de profondeur où se situe la limite entre manteau supérieur (relativement rigide) et manteau inférieur (fortement rigide).

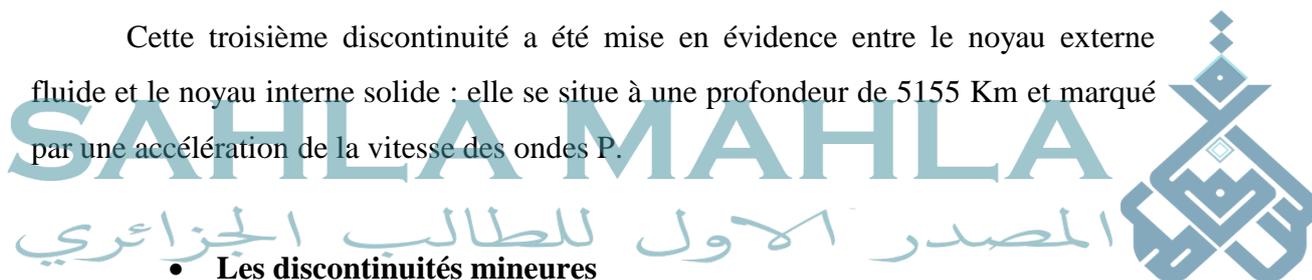
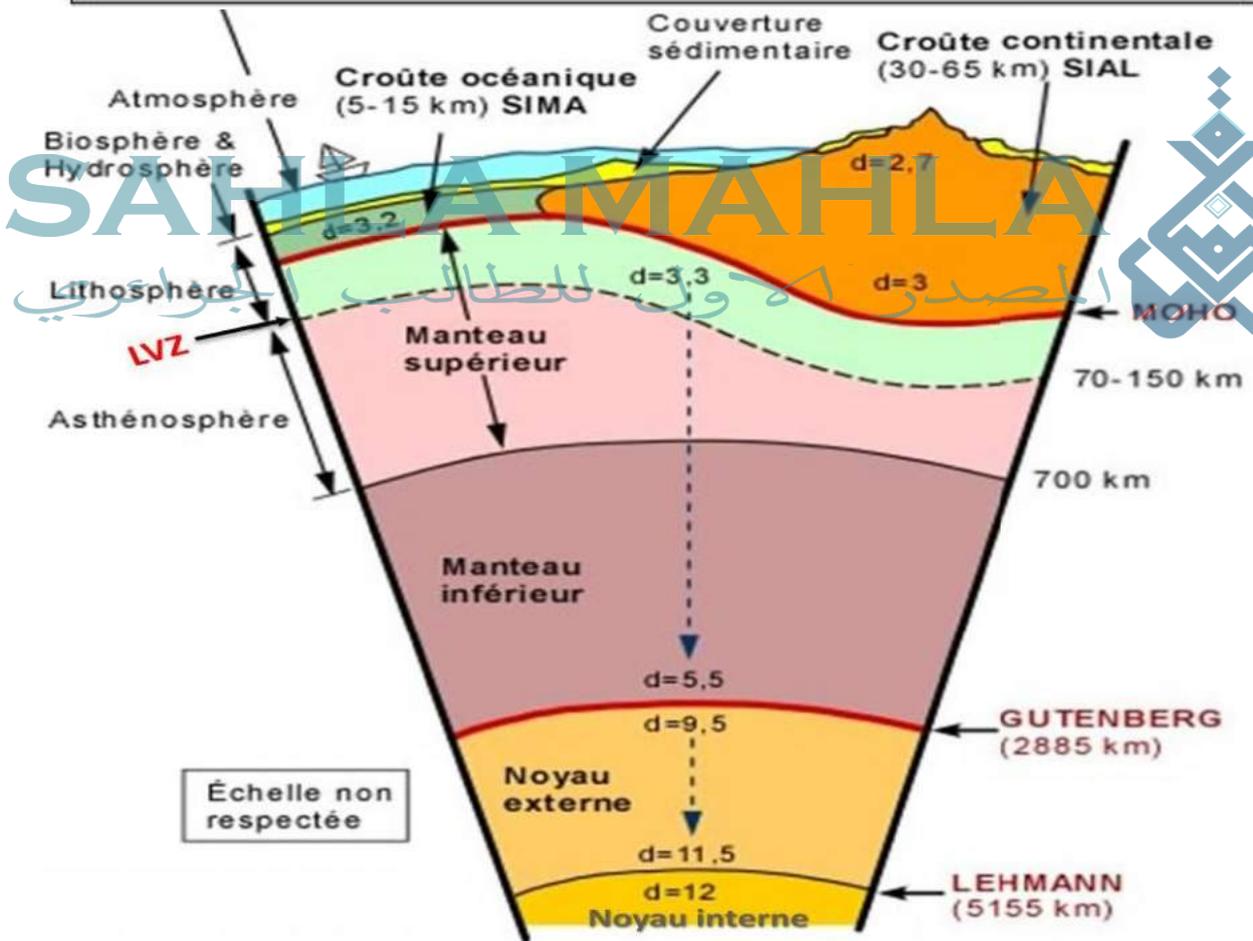
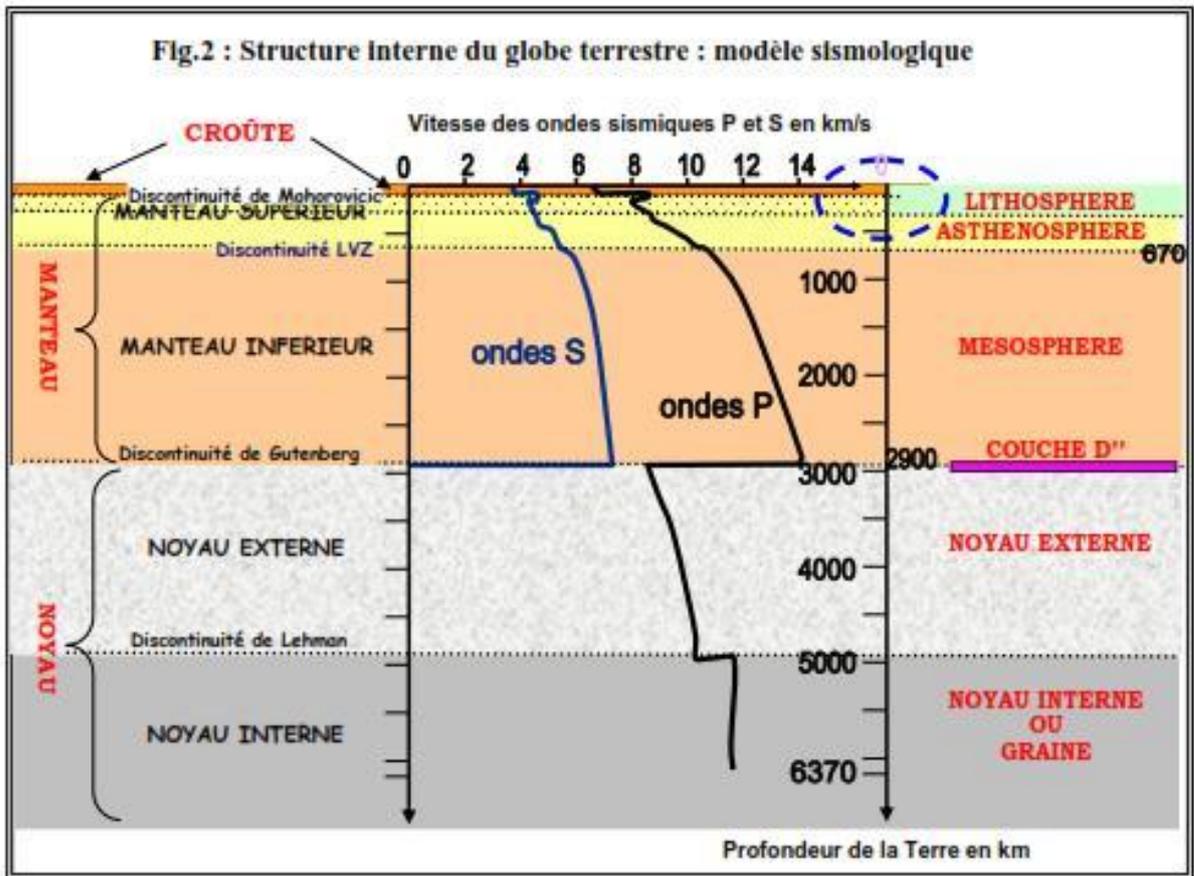


Fig.2 : Structure Interne du globe terrestre : modèle sismologique



II. Les roches. Les roches magmatiques

1. LE CYCLE DES ROCHES

Une **roche** est un agrégat naturel de *minéraux*. On distingue trois grandes familles de roches :

- les roches magmatiques,
- les roches sédimentaires
- les roches métamorphiques

Ces trois grandes familles de roches sont liées entre elles par le *cycle des roches*. Les roches magmatiques formées par la cristallisation du magma subissent à la surface de la Terre les processus d'érosion qui conduisent à la formation de sédiments. Ces derniers s'accumulent et subissent des processus physico-chimiques qui conduisent à la formation des roches sédimentaires. Les roches magmatiques et sédimentaires peuvent être soumises à des conditions de température et/ou de pression différentes de celles qui prévalaient lors de leur formation, et se transforment en roches métamorphiques. Enfin, les conditions de température et de pression peuvent conduire à la fusion des roches métamorphiques et la formation de magmas.

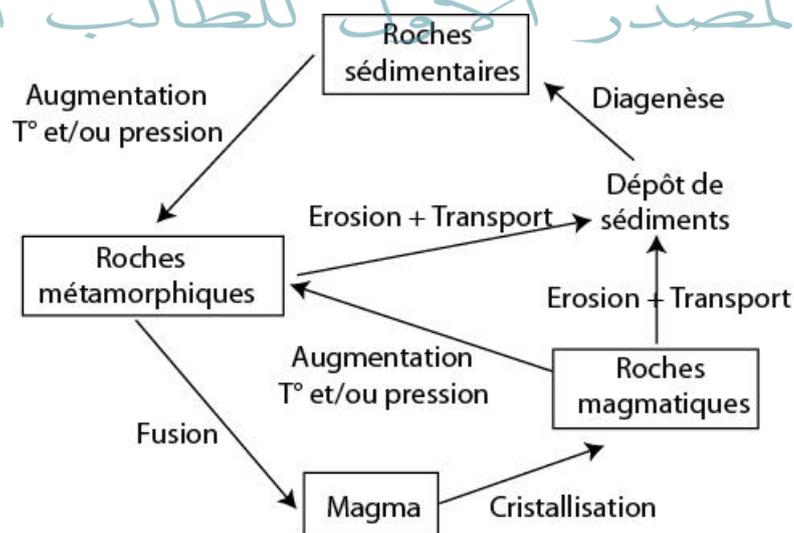


Figure 1 : le cycle des roches

2. LES ROCHES MAGMATIQUES

Les roches **magmatiques** résultent de la solidification (cristallisation, refroidissement) d'un **magma**. Le magma est un bain silicaté fondu, constitué d'une phase liquide (la plus importante), d'une phase solide (cristaux) et d'une phase gazeuse (0,1- 3%).

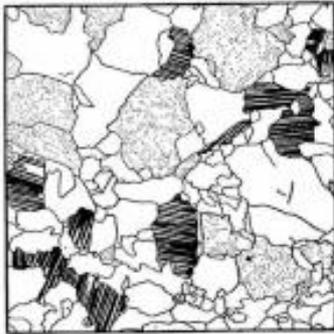
Selon le mode de refroidissement du magma, on distingue deux types de roches magmatiques :

- **Les roches plutoniques** : formées par le refroidissement lent du magma en profondeur. Le magma aura le temps de bien cristalliser, et la roche possédera de gros minéraux visibles à l'œil nu.
- **Les roches volcaniques**, formées par le refroidissement rapide du magma en surface. Les minéraux n'auront pas le temps de bien cristalliser. Les roches volcaniques sont donc caractérisées par la présence de minéraux invisibles à l'œil nu.

2.1. Texture des roches magmatiques

La texture d'une roche magmatique est le terme utilisé pour décrire les dimensions, la forme et l'arrangement entre minéraux dans les roches magmatiques. Les principales textures sont les suivantes (figure 2) :

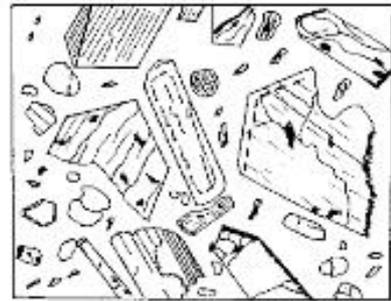
- Texture **grenue (ou phanéritique)** : concerne les roches magmatiques dont les minéraux sont visibles à l'œil nu (de grandes tailles). C'est le cas des roches plutoniques.
- Texture **microlithiques (ou aphanitique)** : concerne les roches magmatiques qui ne montrent pas de cristaux visibles à l'œil nu. C'est le cas des roches volcaniques.
- Texture **vitreuse** : concerne les roches magmatiques qui sont entièrement ou en grande partie constituées de verre. C'est le cas des roches magmatiques qui sont refroidies très rapidement (en général sous l'eau).
- Texture **porphyrique** : concerne les roches magmatiques qui possèdent de gros minéraux (phénocristaux) au milieu d'une texture aphanitique ou vitreuse. C'est le cas des roches magmatiques ayant subi deux temps de refroidissement (lent puis rapide).



Texture grenue



Texture microlithique



Texture porphyrique

2.2. Classification des roches magmatiques

Une classification simplifiée des roches magmatiques est basée sur la texture (roche volcanique ou plutonique), la composition chimique et minéralogique (tableau 1).

En ce qui concerne la composition chimique, les roches magmatiques sont essentiellement composées d'oxygène et de silicium (ces deux éléments forment plus de 70% de la composition chimique des roches magmatiques). Donc, une classification simplifiée basée sur le pourcentage en silice (SiO_2). On distingue ainsi :

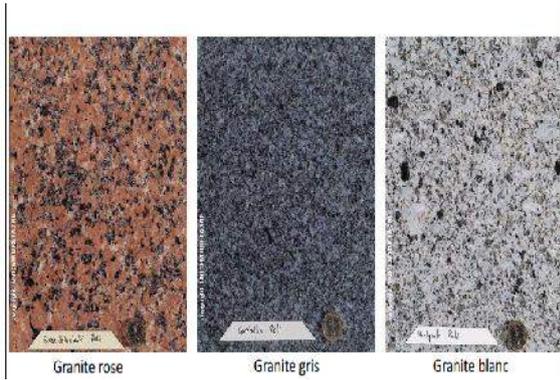
- Les roches acides : $\text{SiO}_2 > 65 \%$. Exemple : granite.
- Les roches intermédiaires : $52 \% < \text{SiO}_2 < 65 \%$. Exemple : andésite.
- Les roches basiques : $45 \% < \text{SiO}_2 < 52 \%$. Exemple : basalte.
- Les roches ultrabasiques : $\text{SiO}_2 < 45 \%$. Exemple : péridotite.

		Acide	Intermédiaire	Basique	Ultrabasique
Texture	Plutonique	Granite	Diorite	Gabbro	Péridotite
	Volcanique	Rhyolite	Andésite	Basalte	
	Vitreuse	Obsidienne			

Remarques

- Les magmas acides sont très visqueux. Ils auront donc tendance à cristalliser en profondeur, d'où la formation d'une roche plutonique (granite). Les roches volcaniques acides (rhyolites) sont donc rares.
- Au contraire, les magmas basiques sont peu visqueux, ils auront donc tendance à remonter en surface et cristalliser donnant une roche volcanique (le basalte). Les gabbros (roches plutoniques basiques) sont donc rares.

ANNEXE :



Granite



Rhyolite



Diorite : *plutonique*



Andésite : *volcanique*



Basalte



Péridotite



Obsidienne

SAHLA MAHLA

المصدر: الأستاذ المساعد الدكتور الجزاعي



III. Les roches. Les roches sédimentaires

1. Introduction :

Les roches sédimentaires sont des roches exogènes (formées à la surface de la Terre) qui représentent 5 % en volume de la croûte terrestre. Elles constituent 75 % de la surface de la terre sous forme de couches recouvrant les roches métamorphiques et magmatiques.

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.

2. Etapes de formation d'une roche sédimentaire

La formation des roches sédimentaire passe par plusieurs étapes :

a. L'érosion : c'est le processus de destruction de roches préexistantes. On distingue deux types d'érosion :

- L'érosion physique ou mécanique : désagrégation des roches en petits morceaux par des processus physique ou mécanique.

- L'érosion chimique : dissolution des éléments chimiques par les eaux qui conduit à la décomposition des roches ou des minéraux

Les agents de l'érosion sont : les eaux, le vent, le gel, la température.

b. Le transport : les sédiments issus de l'érosion peuvent être transportés sur de grande distance par le vent, ou par les eaux dans les fleuves, rivières ou courants océaniques.

c. Le dépôt : lorsque la vitesse de l'agent de transport devient faible pour continuer à transporter les sédiments, ces derniers se déposent. Le dépôt se fait dans des bassins de sédimentation, le plus souvent au fond des mers.

d. La diagenèse : on appelle diagenèse le processus physico-chimique qui transforme un sédiment meuble en roche consolidée. La diagenèse passe par deux étapes (figure 2) :

- La compaction : les sédiments se rapprochent entre eux avec diminution des vides ou des pores entre les particules, et élimination de l'eau qui se trouve entre les pores.
- La cimentation ou lithification : les sédiments se lient entre eux par un ciment d'origine chimique. Les sédiments se transforment alors en une roche solide.

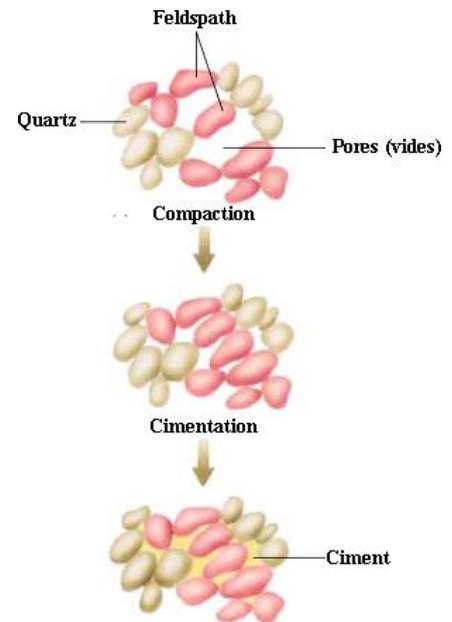


Figure 01: différentes étapes de la diagenèse.

3. Les différents types de sédimentation

Lorsque les matériaux transportés sont composés de fragments de roches et de minéraux. Et lorsque l'énergie de transport n'est plus assez forte pour déplacer ces particules, ces dernières se déposent. Ce type de sédimentation est appelé : **sédimentation détritique ou clastique.**

Un autre type de dépôt sédimentaire se produit lorsque les matériaux dissous dans l'eau se précipitent. Ce type de sédimentation est dénommé : **sédimentation chimique.**

Un troisième processus peut se produire lorsque les organismes vivants extraient les ions dissous dans l'eau pour former des coquilles et des os. L'accumulation de ces derniers est appelé : **sédimentation biogénique (ou encore biochimique)**

Donc, il existe trois grands types de roches sédimentaires : roches d'origine détritiques, chimiques et biogéniques (ou biochimiques).

4. Les roches sédimentaires détritiques (ou clastiques)

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. Elle est donnée dans le tableau 1.

Tableau 1 : classification des roches sédimentaires d'origine détritique

Nom de la particule	Taille de la particule	Nom du sédiment	Classe	Nom de la roche solide
Blocs	> 256 mm	Graviers	Rudites	Conglomérats
Gros cailloux	64-256	Graviers		
Petits cailloux	2-64 mm	Graviers		
Sable	1/16-2 mm	Sables	Arénites	Grès
Silt	1/256-1/16	Silts	Lutites (Pélites)	Siltites
Argile	< 1/256	Argiles		Argilites

5. Les roches sédimentaires d'origine chimique et biochimique

Les roches sédimentaires d'origine chimique sont formées à partir de la précipitation de substances dissoutes dans l'eau.

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.

5.1. Les roches carbonatées

Les roches carbonatées sont formées essentiellement de la précipitation directe de calcite (CaCO_3), d'aragonite (CaCO_3) ou de dolomite $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Les roches carbonatées riches en calcite (ou aragonite) sont appelées **calcaires**, alors que celles riches en dolomite forment les **dolomies**.

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 (**calcaire bioclastique**).

Pour faire la différence entre calcaires et dolomies, on utilise le test de l'acide. Les calcaires font effervescences à l'acide (HCl), alors que les dolomies ne le font pas.

5.2. Les roches siliceuses

Elles se forment par précipitation de la silice (SiO_2) dans des eaux saturées (origine chimique) ou par extraction de la silice de l'eau de mer par des organismes pour constituer leurs tests qui par accumulation et lithification donneront des roches dures (origine biochimique).

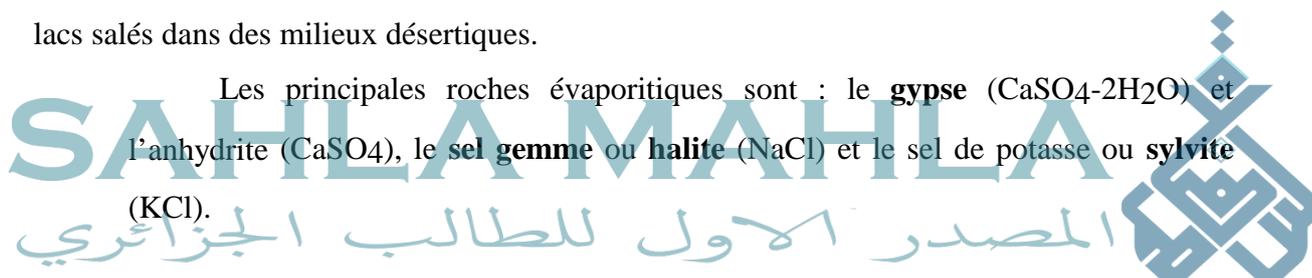
Les principales roches siliceuses d'origine biochimique sont : les **radiolarites** formées par les tests de radiolaires (zooplancton marin) et les **diatomites** formées par l'accumulation de tests de diatomées (algues siliceuses).

La principale roche siliceuse d'origine chimique est le **silex**. C'est une roche qui a été utilisée comme outils (flèches, haches, pour allumer le feu) par les hommes préhistoriques.

5.3. Les roches salines ou évaporites

Il s'agit d'un groupe de minéraux d'origine chimique, qui précipitent suite à des concentrations par évaporation intense, généralement dans des eaux peu profondes ou des lacs salés dans des milieux désertiques.

Les principales roches évaporitiques sont : le **gypse** ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) et l'anhydrite (CaSO_4), le **sel gemme** ou **halite** (NaCl) et le sel de potasse ou **sylvite** (KCl).



5.4. Les roches carbonées

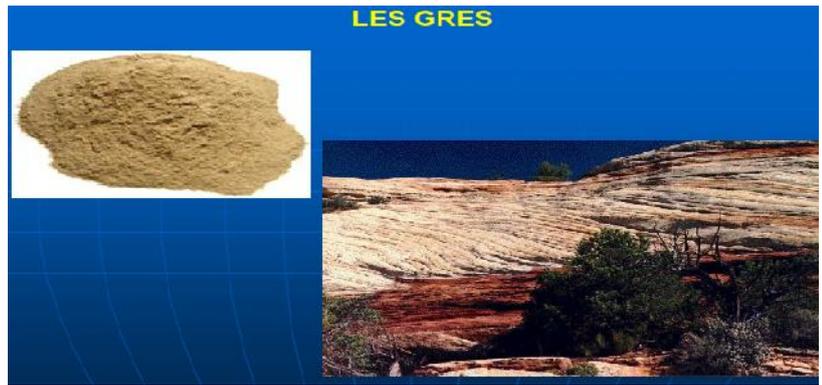
Roches constituées essentiellement de composés du carbone organique. La roche formée par accumulation des restes de plantes est le **charbon**. Les phytoplanctons microscopiques et bactéries sont les sources principales de matière organique contenue dans le sédiment. La transformation des composés organiques dans les sédiments forment les hydrocarbures (**pétrole** et **gaz naturel**).

5.5. Les roches ferrifères et phosphatées

Les roches phosphatées (phosphate) sont essentiellement d'origine organique (dents et os d'animaux) et sont constituées d'apatite.

Les roches ferrifères sont riches en oxydes de fer comme la bauxite ou le fer oolithique.

Annexes



Le Gypse



**Le Charbon
(Houille)**

IV. Les roches. Les roches métamorphiques

1. Définitions

Le terme **métamorphisme** (du grec meta = changement et morph = forme) désigne la transformation d'une roche à l'état solide avec formation de nouveaux minéraux et/ou acquisition de nouvelles textures et structures sous l'effet de conditions de température et de pression différentes de celles où elle s'est formée.

Le métamorphisme peut affecter :

- des roches sédimentaires, on parlera de roches **paramétamorphiques** ;
- des roches magmatiques, on parlera de roches **orthométamorphiques** ;
- des roches métamorphiques, on parlera de roches **polymétamorphiques**.

2. Degré du métamorphisme :

La limite inférieure du métamorphisme correspond à une température de 200°C et une pression de 300 MPa (3000 atmosphères ou 3 kb). Au dessous de cette limite, c'est le domaine de la diagenèse. Alors que, la limite supérieure du métamorphisme correspond à la fusion partielle de la roche ($T^{\circ}=1000^{\circ}\text{C}$ et $P=1000\text{ MPa}$). Quand la roche entre en fusion, on entre dans le domaine du magmatisme.

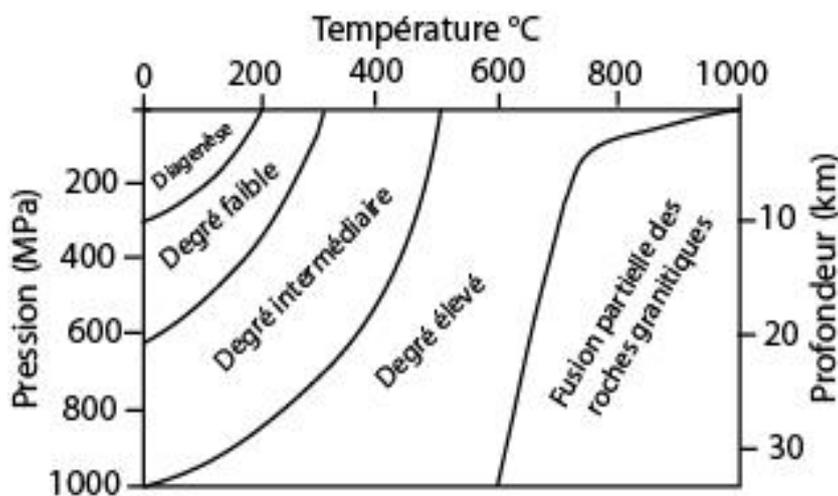


Figure 1 : Degré du métamorphisme

3. Les facteurs du métamorphisme

Les principaux facteurs du métamorphisme sont :

- **La température** : elle augmente avec la profondeur (le gradient géothermique est de $30^{\circ}\text{C}/\text{km}$) et/ou avec la mise en place de roches plutoniques ou volcaniques.
- **La pression** : elle augmente également avec la profondeur. Elle est due au poids de couches et les roches soumises à cette pression ne présentent pas d'orientation préférentielle : c'est la **pression lithostatique** (1 kbar à une profondeur de 4km)
La pression peut également augmenter du fait de contraintes (dans les régions à forte activité tectonique). On parle alors de **pressions ou contraintes orientées**.
Lorsqu'une roche est soumise à des pressions orientées, les minéraux s'orientent selon des plans définis, et la roche présentera un aspect feuilleté (schistosité ou foliation).
- **Les fluides** : le fluide (généralement l'eau), contenu dans les roches, peut transporter des composants dissous et de la chaleur donc il peut augmenter la vitesse des réactions entre minéraux (il accélère le métamorphisme).

4. Types de métamorphisme

Il existe plusieurs formes de métamorphisme, les principaux types sont :

- **Métamorphisme de Contact (ou thermique)**

Le métamorphisme de contact se déroule autour des intrusions magmatiques et résulte de l'augmentation de la température au contact des magmas.

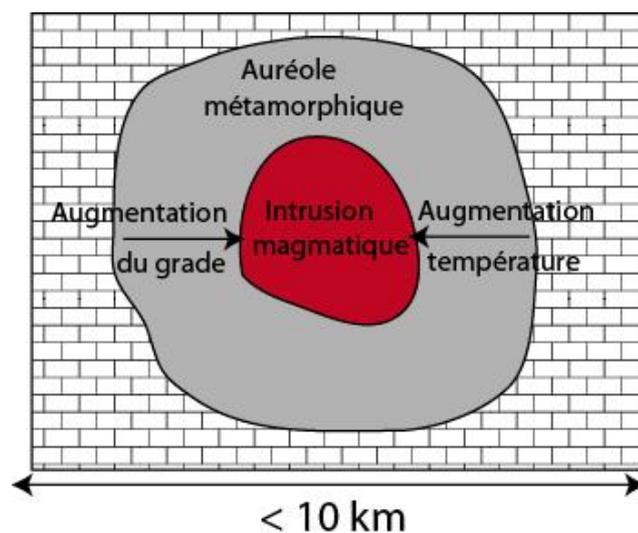


Figure 2 : métamorphisme de contact

- **Métamorphisme régional (ou général)**

Le métamorphisme régional affecte de grandes superficies qui sont le siège de déformations tectoniques et contraintes orientées. Il se produit au cœur des grandes chaînes de Montagnes sous des conditions de haute température-haute pression.

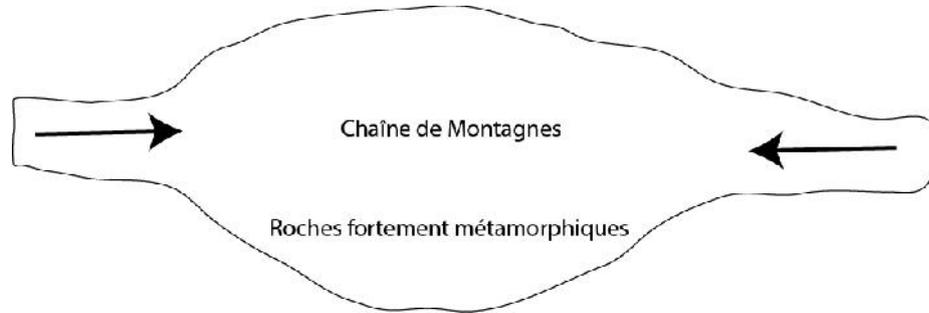


Figure 3: le métamorphisme régional

5. Classification des roches métamorphiques

Une classification simplifiée des roches métamorphiques est basée sur la structure de la roche : roche **orientée (ou foliée) ou non orientée**.

➤ **Les roches orientées :** sont classées selon le degré du métamorphisme (tableau 1) :

La taille des minéraux augmente avec le degré du métamorphisme.

Les structures orientées présentent un feuilletage plus ou moins serré. La texture est alors caractérisée par une orientation préférentielle des minéraux, dont l'aplatissement ou

l'allongement se développent dans une même direction.

Tableau 1 : Classification des roches foliées (orientées)

Conditions du Métamorphisme	200-300°C	300-450°C	> 450°C
Degré du métamorphisme	Faible	Moyen	Elevé
Nom de la roche	Ardoise	Schiste	Gneiss
Description de la roche	Les minéraux sont invisibles à l'œil nu. La couleur de la roche est foncée et montre un clivage caractéristique. Transformation des pélites et argiles.	Les minéraux sont de tailles moyennes. Les micas sont souvent visibles. Résultent de la transformation de roches argileuses, ardoises, granites et basaltes.	Roches à grains grossiers, foliées avec alternance de bandes claires et sombres. Les bandes peuvent être plissées. Résultent de la transformation de roches argileuses, schistes et granites.

- **Les roches non orientées** : sont classées selon leurs compositions chimiques (tableau 2). Cette composition dépend de la nature de la roche mère ou originelle appelée : **protolithe**.

Tableau 2 : Classification des roches non orientées

Nom de la Roche	Marbre	Quartzite	Anthracite
Minéral	Calcite	Quartz	Carbone
Description de la roche	Roche dure à gros grains. Résulte de la transformation du calcaire et de la dolomie	Roche dure à gros grains. Résulte de la transformation du grès.	Roche dure, noire. Résulte de la transformation du charbon.



Marbre



Quartzite