

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université 8 mai 45 Guelma

<p>Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers Département des Sciences de la Nature et de la Vie</p>		<p>كلية علوم الطبيعة و الحياة و علوم الارض و الكون قسم علوم الطبيعة و الحياة</p>
--	---	--

**Brochure de cours pour la première année
(STU)
Licence Hydrogéologie**

**MATIERE
GEOLOGIE 2**

Présentée par
M^{me}: **Bennacer Leila**

Année universitaire : 2019/2020

OBJECTIF GENERAL DU COURS

Ce cours vise à la fois l'acquisition d'une connaissance de base des grands phénomènes qui régissent la Terre et à montrer que celle-ci est une planète active caractérisée par une dynamique dont il faut tenter de comprendre le fonctionnement

STRUCTURE ET CONTENU DU COURS

CHAPITRE 1 : Les matériaux de l'écorce terrestre

1.1 Les Minéraux

1.1.1 Notions de cristallographie et systèmes cristallins

1.1.2 Minéralogie : définition du minéral et classification

1.2 Les Roches

1.2.1 Définitions et grands groupes de roches.

1.2.2 Les roches magmatiques

1.2.3 Les roches sédimentaires.

1.2.4 Les roches métamorphiques

1.2.5 Le cycle des roches

CHAPITRE 2 : Géodynamique externe

2.1. Rôle des eaux : eaux de ruissellement, glace.

2.2. Rôle du vent.

2.3. Erosion et isostasie.

CHAPITRE 3 : Géologie historique

2.1. Les principes de la stratigraphie

2.2. Discordances et lacunes stratigraphiques

2.3. Le temps en géologie : datations relatives et absolues

2.4. L'échelle stratigraphique

CHAPITRE 4 : Les grands traits structuraux de l'Algérie :

4.1. Coupe nord-sud de l'Algérie

4.2. Résumé de l'évolution structurale

CHAPITRE 1:LES MATERIAUX DE L'ECORCE TERRESTRE

1.1. Les minéraux

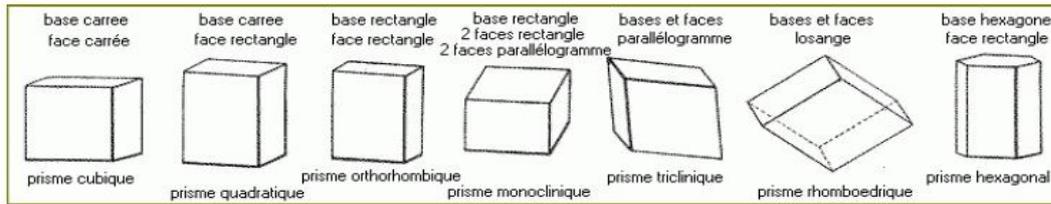
- La minéralogie est la science des minéraux. Elle étudie les caractères physiques et chimiques des différents minéraux constituant les roches.
- On appelle un minéral toute portion homogène de matière solide naturelle inerte (inorganique) dont les propriétés physiques sont généralement distinctives et la composition chimique et structure atomique bien définies. Ces minéraux se présentent sous les états gazeux, liquides et solides (vapeur d'eau, eau et glace). Ce sont plus fréquemment des solides cristallins ou cristaux.
- Les minéraux sont généralement solides dans les conditions normales de température et de pression et s'associent pour former les roches constituant la croûte terrestre et, d'une façon plus générale, la lithosphère (Les minéraux sont donc les matériaux élémentaires des roches de la croûte terrestre).

1.1.1. Notions de cristallographie

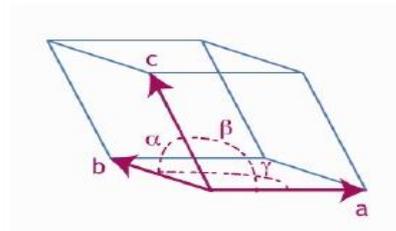
- La cristallographie est la science qui se consacre à l'étude des substances cristallines à l'échelle atomique.
- Les propriétés physico-chimiques d'un cristal sont étroitement liées à l'arrangement spatial des atomes dans la matière.
- L'état cristallin est défini par un caractère périodique et ordonné à l'échelle atomique ou moléculaire.
- Le cristal est obtenu par translation dans toutes les directions d'une unité de base appelée maille élémentaire.

On appelle un cristal un solide minéral naturel homogène aux formes régulières, limité par des surfaces habituellement planes faisant entre elles des angles bien définis.

1. Les systèmes de Cristallisation



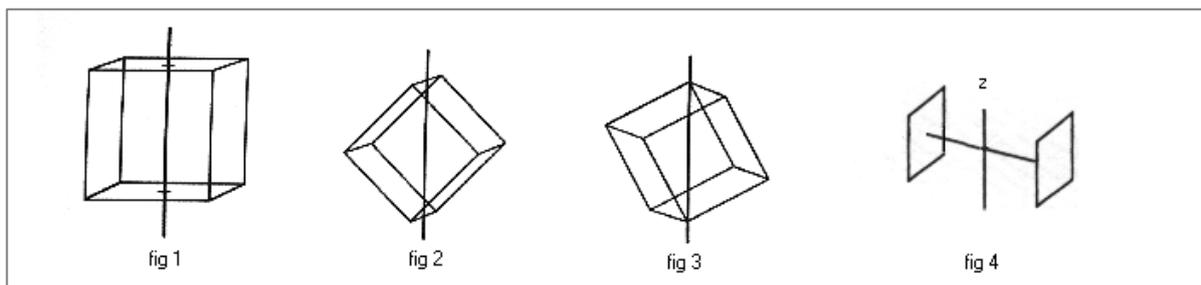
Cubique : $a = b = c$; $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
 Quadratique : $a = b \neq c$; $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
 Orthorhombique : $a \neq b \neq c$; $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
 Rhomboédrique : $a = b \neq c$; $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$
 Hexagonal : $a = b \neq c$; $\alpha = \beta = 90^\circ - \gamma = 120^\circ$
 Monoclinique : $a \neq b \neq c$; $\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$
 Triclinique : $a \neq b \neq c$; $\alpha \neq \beta \neq \gamma$



A. Les éléments de symétrie

Les axes de symétrie

Si l'on fait passer un axe par le centre de deux faces opposées, ou l'on fait passer par le centre de deux arêtes opposées, ou par deux sommets opposés, en faisant tourner, le cristal se retrouve dans une position identique à chaque rotation (de 90° , 180° ou 120°).



B - Les centres et les plans de symétrie

- Deux ou plusieurs axes de symétrie concourants déterminent un plan de symétrie.
- Le point de concours de plusieurs axes de symétrie ou de plusieurs plans de symétrie est appelé centre de symétrie.

1.1.1. Minéralogie

A. L'origine des minéraux

Les principaux processus qui conduisent à la formation de minéraux sont les suivants.

- Cristallisation d'un liquide qui, par refroidissement, passe de l'état liquide à solide.

Exemples : passage de l'eau à la glace; cristallisation par refroidissement d'un magma.

- Précipitation chimique à partir d'une solution sursaturée par rapport à un minéral.

Exemples : la formation des dépôts de cavernes (spéléothèmes); les minéraux de la séquence évaporitique.

- Cristallisation de vapeurs.

Exemple : la cristallisation du soufre autour des fumerolles (émanations de gaz riches en H₂S provenant de la chambre magmatique) sur les volcans.

- Transformation (recristallisation) de minéraux existants en formes cristallines différentes de l'original.

a-Identification des propriétés physiques des minéraux

Les minéraux possèdent des propriétés physiques qui permettent de les distinguer entre eux et qui deviennent des critères d'identification. Ce qui attire d'abord l'oeil, c'est bien sûr la couleur et la forme cristalline des minéraux, mais il y a bien d'autres propriétés. Plusieurs de ces propriétés peuvent être observées sans l'aide d'instruments et sont d'une grande utilité pratique. (Couleur, Éclat, Trait : la couleur de la poudre des minéraux, Dureté, Densité, Forme cristalline, clivage, Macles, Effervescence..).

b- Les principaux minéraux constitutifs de l'écorce terrestre

Les minéraux sont rangés en 10 classes, notées en chiffres romains.

➤ Classe I : Les éléments natifs.

L'élément natif est un corps chimique qui ne peut se décomposer en corps plus simple. Il représente **3 à 4%** des espèces. Les métaux existent sous forme d'éléments natifs (constituant pur).

On les divise en trois sous-classes :

- Métaux natifs : or (Au), argent (Ag), cuivre (Cu), platine (Pt), ...
- Semi-métaux : le bismuth (Bi), l'antimoine (Sb), l'arsenic (As), ...
- Métalloïdes : carbone (C), soufre (S), ...

➤ *Classe II : Les sulfures et dérivés.*

Ils représentent **15 à 20%** des minéraux. De nombreux minerais sont des sulfures. Ils sont répartis en deux groupes :

- Les sulfures, arséniures, antimoniures, tellurures : le groupement anionique ne contient que du *soufre*, les plus courants étant la pyrite (FeS_2) et la galène (PbS_2).
- Les sulfosels : Le groupement anionique est composé de soufre et d'un autre métal.

➤ *Classe III : Les halogénures.*

Le groupe anionique des halogénures sont des halogènes. Cette classe représente **5 à 6%** des espèces minérales. Le plus connu est sans doute la halite (NaCl), ou sel gemme. Les halogénures sont fragiles, légers et souvent solubles dans l'eau.

➤ *Classe IV : Les oxydes et hydroxydes.*

La quatrième classe regroupe les minéraux dont le groupe anionique est constitué d'oxygène ou d'hydroxyle ($[\text{OH}]^-$). **14%** des minéraux sont des oxydes.

On les divise en trois sous-classes :

- Les oxydes simples : l'hématite (Fe_2O_3), minerais de fer.
- Les oxydes multiples : le spinelle (MgAl_2O_4) utilisé en joaillerie en substitution du rubis.
- Les hydroxydes

➤ *Classe V : Carbonates et nitrates.*

Ces minéraux se caractérisent par leur fragilité et une faible dureté. On distingue deux sous-classes :

- Carbonates : Le groupement anionique est le groupe carbonate $[\text{CO}_3]^{2-}$. Ils représentent **9%** des espèces connues. Parmi elles, des espèces importantes, comme la calcite (CaCO_3), qui est le constituant principal du calcaire.
- Nitrates : Le groupement anionique est l'ion nitrate $[\text{NO}_3]^-$.

➤ *Classe VI : Borates.*

Le groupement anionique est soit l'ion borate $[\text{BO}_3]^{3-}$ soit l'ion $[\text{BO}_4]^{5-}$. Cette petite famille représente **2%** des minéraux.

➤ *Classe VII : Sulfates et dérivés.*

Cette classe représente **10%** des minéraux et se définit par le groupement anionique de forme **[XO₄]²⁻**.

- Sulfates : **[SO₄]²⁻**. Le sulfate le plus connu est sans aucun doute le gypse, la pierre à plâtre (CaSO₄.2HO).
- Chromates : **[CrO₄]²⁻**
- Tungstates : **[WO₄]²⁻**
- Molybdates : **[MoO₄]²⁻**

➤ *Classe VIII : Phosphates et dérivés.*

Cette classe regroupe 16%. Le groupe anionique est de forme **[XO₄]³⁻**.

- Phosphates: **[PO₄]³⁻**
- Arséniates : **[AsO₄]³⁻**
- Vanadates : **[VO₄]³⁻**

➤ *Classe IX : Silicates.*

L'unité de base du minéral est l'ion silicate **[SiO₄]⁴⁻**. Les silicates représentent plus d'un quart des minéraux à la surface du globe. Cette abondance a amené à une classification spécifique. Celle-ci fait intervenir des en 6 sous-classes.

- Les **néosilicates** : (représentent **5%** environ des espèces minérales). On y retrouve l'olivine (Mg,Fe)₂SiO₄, les grenats et les topazes.
- Les **sorosilicates** : (3%). Parmi elles, l'épidote.
- Les **cyclosilicates** : (**2%**), celles-ci sont très connues comme pierres gemmes. Il y a d'abord tous les béryls : aigue-marine, émeraude, et toutes les tourmalines.
- Les **inosilicates** : (4,5%). Les deux grandes familles sont les pyroxènes et les amphiboles.
- Les **phyllosilicates** : (**6,5%**) On distingue donc plusieurs familles : les micas, les argiles et les serpentines.
- Les **tectosilicates** : (4%). La formule chimique de base est donc **SiO₂** comme pour le quartz. Le nombre et la nature des substitutions déterminent les familles des feldspaths, des feldspathoïdes et des zéolites.

➤ **Classe X : Minéraux organiques.**

Cette classe renferme environ 30 d'espèces à structure cristallographique bien définie. C'est le cas de la whewellite, minéral constitutif des calculs rénaux.

Oxygène (O)	46,6 %	~75 %
Silicium (Si)	27,7	
Aluminium (Al)	8,1	
Fer (Fe)	5,0	
Calcium (Ca)	3,6	
Sodium (Na)	2,8	
Potassium (K)	2,6	
Magnésium (Mg)	2,1	
... les autres	1,5	

Les éléments chimiques les plus abondants

1.2. Les roches

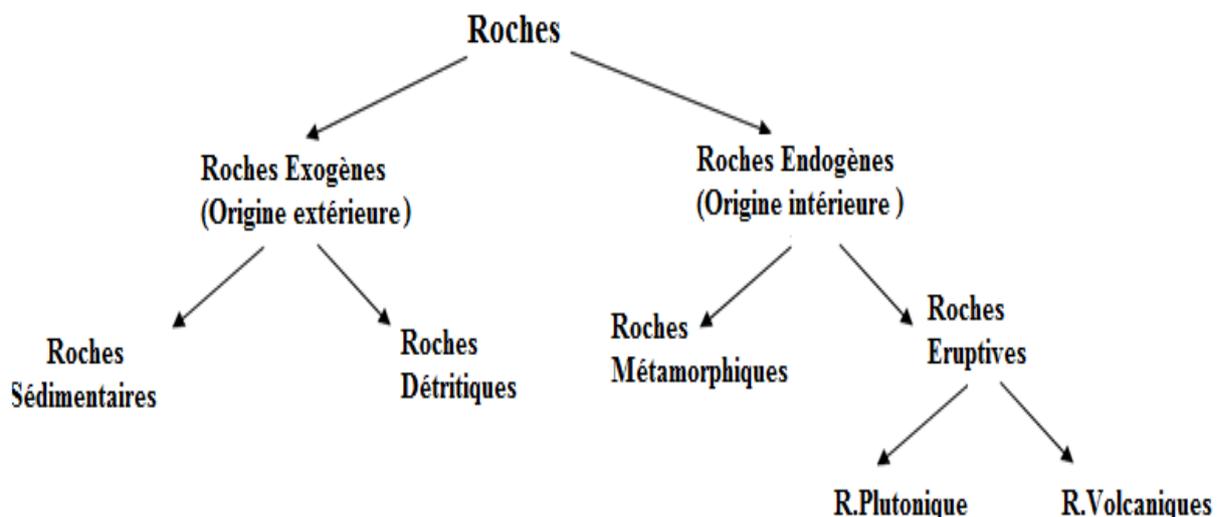
1.2.1. Les roches sédimentaires

Définitions

-Les roches sédimentaires sont des roches exogènes, constitutifs de l'écorce terrestre .Elles couvrent 75 % de la surface et sont responsables des reliefs. Différents processus sont à l'origine de la formation des roches.

- 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.

-Trois grands types de roches forment la croûte terrestre. Le schéma qui suit présente, en un coup d'œil, ces trois grands types, ainsi que les processus qui conduisent à leur formation ont aussi une importance scientifique : c'est le seul type de roches contenant des fossiles.



Les roches sédimentaires se forment à partir de sédiments.

1-Les différents types de sédimentation.

- Les rivières, océans, vents et eaux de pluies ont la capacité de transporter les particules issues de la désagrégation (destruction) des roches par érosion. Ces matériaux sont composés de fragments de roches et de minéraux. Lorsque l'énergie de transport n'est plus assez forte pour déplacer ces particules, ces dernières se déposent : c'est le **processus de sédimentation**. Ce type de sédimentation est appelé : **sédimentation détritique ou clastique**.

- Un autre type de dépôt sédimentaire se produit lorsque les matériaux sont dissous dans l'eau et 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. Ce type de sédimentation est appelé : **sédimentation biogénique**.

Ainsi, il existe trois grands types de roches sédimentaires : roches d'origine détritiques, chimiques et biogéniques.

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.

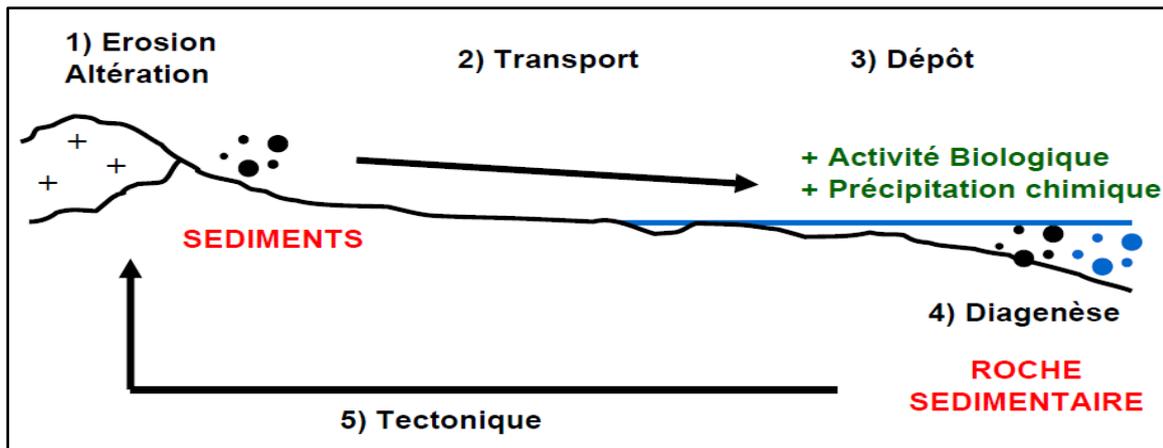
c- Le dépôt :

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 :

- 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.



Formation des roches sédimentaires : Le cycle sédimentaire

3. Les roches sédimentaires détritiques (ou clastiques)

Les roches sédimentaires détritiques se forment à partir de roches préexistantes et sont constituées de fragments de roches et de minéraux. 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 ci dessous.

Tableau : 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 (poudingues si les particules sont arrondies, sinon c'est des brèches).
Gros cailloux	64-256 mm	Graviers		
Petits cailloux	2-64 mm	Graviers		
Sable	1/16-2 mm	Sables	Arénites	Grès
Silt	1/256-1/16 mm	Silts	Lutites (Pélites)	Siltites
Argile	< 1/256 mm	Argiles		Argilites

4. Les roches sédimentaires d'origine chimique et biochimique

Les roches sédimentaires d'origine chimique sont formées à partir de la précipitation ou la cristallisation de substances (ions ou sels minéraux) 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.

A. Les roches carbonatées

➤ *Les calcaires* : se forment par précipitation de carbonates de calcium à partir du bicarbonate ($\text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$) dissous dans l'eau, cette précipitation est favorisée par certains facteurs physico-chimiques : augmentation de la température de l'eau ou de la teneur en dioxyde de carbone, chute de la pression,..etc. Du fait qu'elles renferment des teneurs importantes de carbonates de calcium, il est facile de les reconnaître par leur réaction positive à l'acide chlorhydrique (effervescence).

➤ *Les dolomies* : sont des roches carbonatées mais avec une composition chimique comprenant le magnésium (MgCa_2CO_3), elles ne font pas effervescence à froid. La majorité des dolomies sont secondaires, elles dérivent de la dolomitisation qui est un processus de substitution du calcium par le magnésium.

B. Les roches siliceuses

Ce sont des roches formées essentiellement de silice sous forme de quartz. Elles sont dures (rayent le verre et l'acier), ne sont pas altérables et sont caractérisées par l'existence d'une grande résistance chimique (pas d'effervescence avec les acides) sauf l'acide fluorhydrique (HF).

C. 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).

D. 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**).

1.2.2. Les roches ignées (ou éruptives)

La croûte terrestre et le manteau supérieur de la Terre sont soumis à des mouvements de convection engendrant des variations de température et de pression. Quand la chaleur et la pression augmentent à quelques dizaines de kilomètres sous la surface, les roches qui composent la lithosphère peuvent entrer en **fusion partielle ou totale** et se transformer en **magma**. En refroidissant, le magma se solidifie pour devenir une **roche magmatique**.

Il existe **deux familles** de roches magmatiques qui se forment dans des circonstances différentes :

Quand le magma remonte à la surface de la terre lors d'une **éruption** volcanique, sa solidification donne naissance à des **roches volcaniques**. La plus répandue est le **basalte**, une roche sombre et peu cristallisée.

Si le magma n'atteint pas la surface terrestre : il **se cristallise** en profondeur au sein de poches, la cristallisation des magmas engendre des **roches plutoniques**. La plus répandue est le **granite**.

1. Les paramètres de classification

Les roches magmatiques peuvent être classées de plusieurs manières. Les classifications les plus utilisées sont celles basées sur :

- le lieu de mise en place des roches magmatiques (granulométrie ou texture de la roche) ;
- la composition minéralogique ;
- la composition chimique.

A- La granulométrie (ou texture) de la roche

La texture (ou granulométrie) d'une roche dépend en grande partie du temps de refroidissement du magma. Ainsi, des roches ayant la même **composition chimique et minéralogique** peuvent avoir des textures différentes. En général, ce critère est utilisé pour subdiviser les roches magmatiques en roches **plutoniques** (roches à grains grossiers à moyens) et roches **volcaniques** (roches à grains fins, vitreuses ou porphyriques).

On peut également ajouter à cette subdivision les roches intermédiaires ou **subvolcaniques**. Ces trois **divisions** correspondent respectivement aux roches **grenues**, **microlithiques** (ou vitreuses) et **microgrenues**

- les roches à texture grenue où tous les minéraux sont visibles à l'œil nu et ont une taille millimétrique, Exemples : Granite, Diorite, Gabbro.
- les roches à texture microgrenue, où l'on observe quelques minéraux visibles à l'œil nu mais l'essentiel de la roche est formée de minéraux parfaitement visibles au microscope. Exemples : Dolérite.
- les roches à texture vitreuse, où il y a quelques cristaux mais l'essentiel de la roche est formé d'un verre (structure non ordonnée des atomes à la différence des cristaux). Exemples : Rhyolite, Andésite, Basalte.

B -Composition minéralogique

C'est le paramètre essentiel le plus accessible pour la classification des roches magmatiques. Les roches magmatiques sont composées d'une dizaine de minéraux essentiels. Ces minéraux peuvent être classés en fonction de leur couleur en deux classes :

Les minéraux blancs

- Quartz
- Feldspaths alcalins (orthose, sanidine, albite)
- Feldspaths calco-sodiques ou plagioclases
- Feldspathoïdes (leucite, néphéline, mélilite).

Les minéraux colorés

- Olivines
- Pyroxènes
- Amphiboles
- Micas

Parmi les oxydes principaux des roches magmatiques, c'est la silice qui domine. C'est pourquoi, la première façon de classer les roches magmatiques suivant la composition chimique est basée sur la teneur en SiO₂. (Tableau ci-dessous):

Familles →	Acides	Intermédiaires	Basiques	Ultrabasiques
Teneur en silice	Plus de 66 %	66 à 52 %	52 à 44 %	Moins de 44 %
Minéraux essentiels	Quartz Orthoses Plagioclase Na Amphiboles	Plagioclases Ca Amphiboles Pyroxènes	Plagioclases Na Pyroxènes Olivine	Olivine Pyroxène
Grenues	Granite	Diorite	Gabbro	
Microgrenues	Microgranite	Microdiorite	Microgabbro Dolérite	Péridotite
Microlithiques	Rhyolite	Andésite	Basalte	
Vitreuses		Obsidienne	Ponce	

Leurs différentes associations traduisent en particulier la richesse en silice. Elles permettent de distinguer des familles de roches allant des plus riches en silice dites acides aux plus pauvres dites basiques et ultrabasiques. Dans chaque famille des coupures correspondent aux textures.

C- Composition chimique des roches magmatiques

La composition chimique des roches magmatiques est très importante car : elle renseigne sur la nature des magmas qui leur donne naissance ; elle permet de classer les roches qui n'ont pas ou qui ont très peu de minéraux (roches vitreuses) et donc ne peuvent pas être étudiées au microscope polarisant.

La composition chimique d'une roche magmatique dépend de :

- la composition du magma qui lui a donné naissance ;
- la profondeur de fusion du magma ;
- l'environnement tectonique où la cristallisation du magma s'est produite (dorsales océaniques, zone de subduction...).

2. Origines des magmas

Définition: Un magma est un bain naturel fondu de nature silicatée ou alumino-silicatée. La teneur en SiO_2 (silice) varie de 40 à 75% en poids.

Un magma est constitué de 3 phases:

- une phase liquide qui représente entre 10 et 70% du magma,
- une phase solide: les magmas résultent de la fusion partielle d'une roche. Il reste donc des morceaux de la roche primaire et on trouve également des morceaux de roches qui ont été incorporés dans le magma lors de sa remontée par des conduits magmatiques.
- une phase gazeuse (eau en majorité), en proportion variable (1 à 7%)

Les magmas sont également caractérisés par leur température qui varie de 700°C pour un magma granitique à 1200°C pour un magma basaltique.

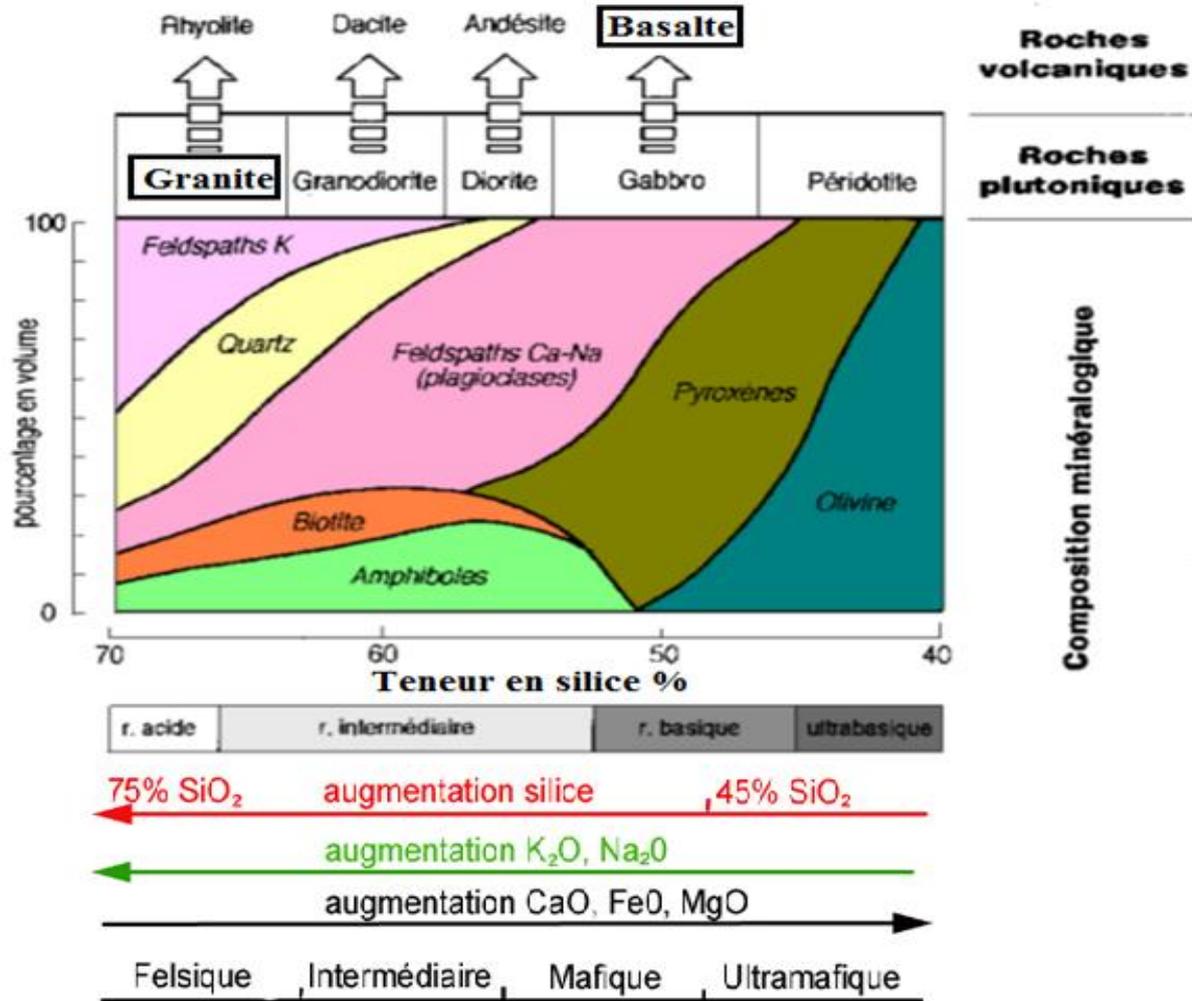
Lorsque l'on compare les compositions chimiques des roches-mères d'origine mantellique, qui subissent la fusion pour donner le magma, et les roches magmatiques qui sont issues de la cristallisation de ce même magma, on constate qu'elles sont très différentes! Pourquoi cette différence? Plusieurs mécanismes sont à l'origine de cela, et parmi eux, 2 sont extrêmement importants:

- la cristallisation fractionnée
- la fusion partielle

3. Classification des roches magmatiques

Principes de la classification :

Origine, lieu et mécanisme de formation, composition chimique et minéralogique



La position schématique des principales roches magmatiques en fonction de leur composition minéralogique

1.2.3. Les roches métamorphiques

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 dits néoformés, et acquisition de nouvelles textures (ex:schistosité, sous l'effet de conditions de température et de pression différentes de celles où elle s'est formée.

Les roches métamorphiques se forment dans les zones de déformation intense de la croûte terrestre: les zones de subduction, les chaînes de montagnes etc....

Le métamorphisme peut affecter :

- Des roches sédimentaires, on parlera dans ce cas de roches **paramétamorphiques** ;
- Des roches magmatiques, on parlera de roches **orthométamorphiques** ;

- Des roches métamorphiques, on parlera dans ce cas de roches **polymétamorphiques**.

Qu'est ce qui provoque cette transformation?

- Une roche est caractérisée par un **assemblage minéralogique**.
- Cet assemblage est **stable** seulement pour des conditions de **Pression et de Température** données.
- Si **P et T varient**, alors les minéraux se transforment en nouveaux minéraux stables dans les nouvelles conditions P-T.

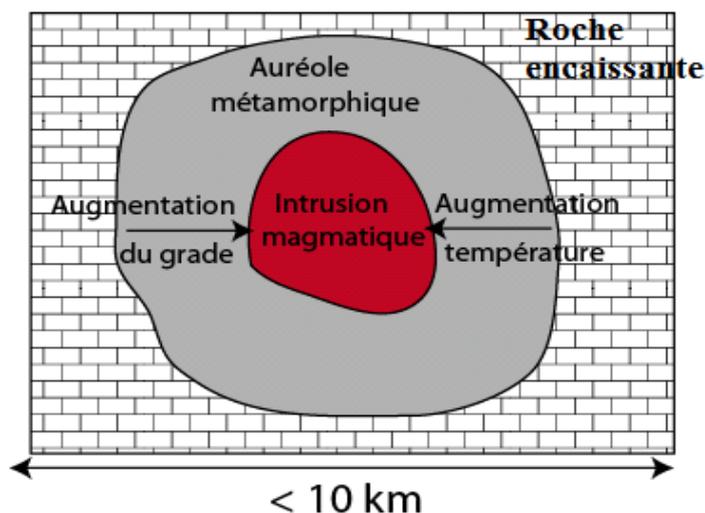
Donc Les principaux facteurs du métamorphisme sont : La température et la pression

1. Les types de métamorphismes

Deux grands types de métamorphisme produisent la majorité des roches métamorphiques : le métamorphisme de contact et le métamorphisme régional. Un troisième type est plus restreint: le métamorphisme de choc.

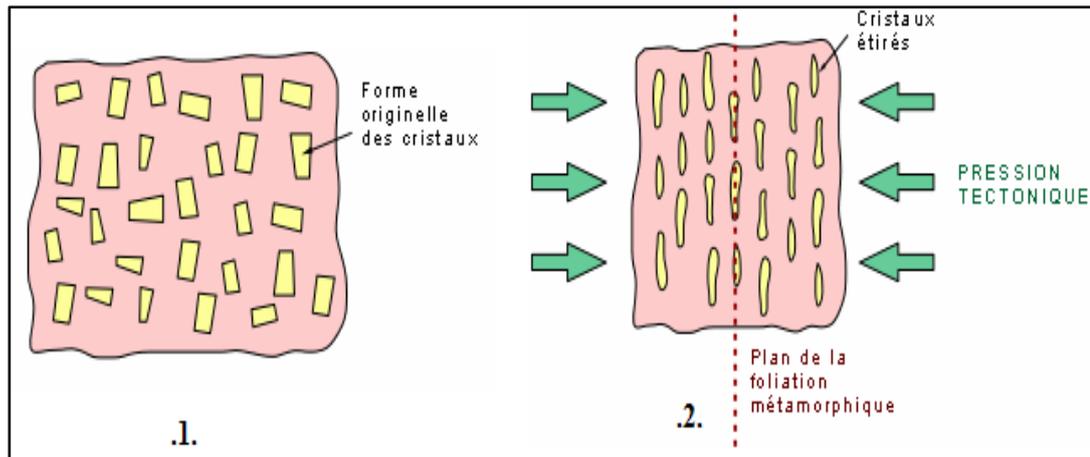
1.1. Le métamorphisme de contact.

Le métamorphisme de contact est celui qui se produit dans la roche encaissante **au contact d'intrusifs**. Lorsque le magma encore très chaud est introduit dans une séquence de roches froides, il y a transfert de chaleur et cuisson de la roche encaissante aux bordures. On appelle cette bordure transformée, une auréole métamorphique. Sa largeur peut atteindre même quelques kilomètres dans le cas des très grands intrusifs.



1.2. Le métamorphisme régional

Le métamorphisme régional affecte de grandes superficies (plusieurs dizaines de milliers de kilomètres carrés) 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. Les roches métamorphiques formées sont toujours orientées et très déformées (schistes, micaschistes, gneiss).



1.3. Le métamorphisme de choc.

Le métamorphisme de choc est celui produit par la **chute d'une météorite** à la surface de la planète. Le choc engendre des températures et des pressions énormément élevées qui transforment les minéraux de la roche choquées, des températures et des pressions qui sont bien au-delà de celles atteintes dans le métamorphisme régional.

2. Classification des roches métamorphiques

Les roches métamorphiques sont soumises à des températures et/ou pressions différentes de celles où elles se sont formées. Les roches se transforment à l'état solide. Ces transformations sont d'ordre :

- **minéralogiques** avec apparition de nouveaux minéraux qui sont plus stable dans les nouvelles conditions de température et/ou pression.
- **structurale** avec recristallisation de minéraux et/ou alignement des minéraux selon des plans bien définis due à l'application de contraintes orientées.

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

A. Les roches orientées

Sont classées selon le grade (degré) du métamorphisme (tableau) : la granulométrie des grains minéraux augmente avec le degré du métamorphisme. On distingue les structures orientées suivantes :

- **La schistosité** : feuilletage plus ou moins serré de certaines roches acquis sous l'influence de contraintes tectoniques orientées. La texture est alors caractérisée par une orientation préférentielle des minéraux, dont l'aplatissement ou l'allongement se développent dans une même direction.
- **La foliation** : structures de roches métamorphiques, où à la schistosité s'ajoute une différenciation pétrographiques entre les feuillets. On aura une alternance de bandes claires et sombres, chaque bandes étant caractérisée par des minéraux particuliers (exemple gneiss avec alternance de bandes quartzo-feldspathiques et bandes micacées).

Tableau : 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.

B. Les roches non orientées

Sont classées selon leur composition chimique (tableau). Cette composition dépend de la nature de la roche mère.

Tableau : Classification des roches non orientées

Nom de la Roche	Marbre	Quartzite	Anthracite
Minéral	Calcite (CaCO ₃)	Quartz	Carbone cristallin
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.

1.2.4. Le cycle des roches

1- Dans le cycle des roches, le magma occupe une position centrale : il en est le point de départ et le point d'arrivée du cycle.

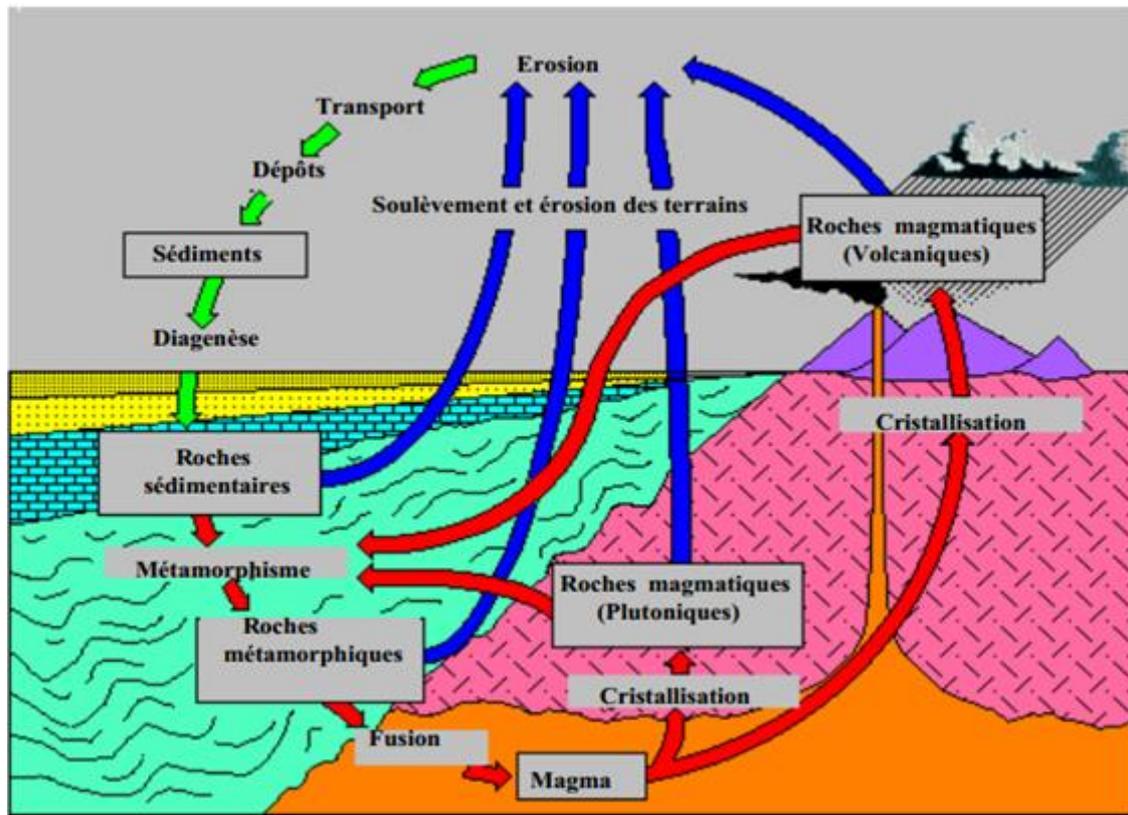
2- La première phase du cycle est constituée par la cristallisation du magma, un processus qui conduit à la formation des roches magmatiques. Le magma peut cristalliser en surface, et les roches magmatiques formées sont dites : **volcaniques**. Les roches volcaniques sont donc exposées à la surface de la Terre. Si le magma cristallise en profondeur, il donnera des roches **plutoniques**. Les roches plutoniques sont amenées à la surface lors du soulèvement et l'érosion des terrains par les processus dynamiques de la tectonique des plaques, lors de la formation de chaînes de montagnes par exemple.

3- A la surface, les roches magmatiques subissent les processus associés à l'énergie solaire - chauffage, refroidissement, vent, pluie - et la circulation d'eau météorique. Ces roches s'altèrent et se décomposent en grains individuels qui sont transportés par l'eau, la glace et le vent pour former un dépôt meuble, un sédiment (graviers, sables, boues). Ce processus est appelé sédimentation. Puis ce sédiment se transforme progressivement en roche sédimentaire selon un ensemble de processus qu'on appelle la **diagenèse**. Les roches sédimentaires sont les plus communes à la surface terrestre parce qu'elles forment une couche mince au-dessus de la croûte terrestre.

4- L'enfouissement de cette roche sédimentaire (dans les chaînes de montagnes par exemple) implique des changements de la température et de la pression ambiante. Les roches sédimentaires se transforment alors en roches **métamorphiques**. On appelle métamorphisme, le processus de transformation d'une roche sous l'effet de températures et de pressions élevées. Les roches magmatiques peuvent aussi être soumises aux processus du métamorphisme et produire des roches métamorphiques.

5- L'érosion des roches métamorphiques et des roches sédimentaires produira aussi des sédiments et éventuellement des roches sédimentaires.

6- Le retour au magma par la fusion des roches boucle le cycle



Le cycle de roches d'après www.usgs.gov

CHAPITRE 2 : GEODYNAMIQUE EXTERNE

La surface de la Planète n'est pas statique, mais obéit aussi à une dynamique contrôlée par les interactions entre l'hydrosphère, la biosphère, l'atmosphère et la litho/asthénosphère. C'est cette interaction qui détermine nos conditions de vie sur Terre, entre autre les climats et leurs changements.

- La dynamique externe de la terre, ou la géodynamique externe, concerne l'évolution dynamique de la surface de la Planète.
- Si les processus d'érosion dominent les continents, ce sont plutôt les processus de la sédimentation qui prévalent dans les océans.
- Les continents s'aplanissent et tendent vers un niveau de base, celui des océans.
- Les paysages obtenus reflètent la nature, la composition et l'architecture des formations géologiques.

L'eau, la glace, le vent, sculptent les surfaces continentales.

1. Agents de la géodynamique externe

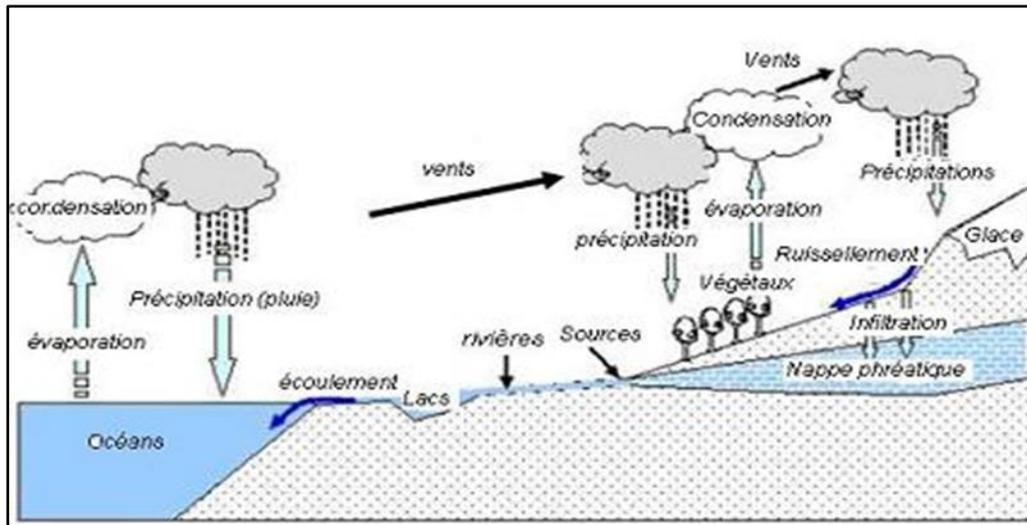
1.1 L'eau

La circulation annuelle de l'eau détermine les répartitions climatiques de notre planète. Par les processus de l'évaporation-précipitation et la circulation océanique

L'eau recouvre les trois quarts de la surface de notre planète et son action est primordiale dans les processus *d'altération, d'érosion, de transport et de sédimentation*.

L'eau de ruissellement continentale dégrade et corrode les roches et les terres où elle passe continuellement, transfère les produits de l'altération physique et chimique vers les océans où elle forme des terrains nouveaux. Ainsi, dans une vallée, lorsque l'eau entraîne des quantités de terrain, elle opère un ***acte de destruction*** ; mais plus loin, elle dépose les terres et alors c'est un ***acte de reproduction***.

Sous nos climats, l'apport d'eau au sol se fait sous forme de pluie, neige, rosée et brouillard.



Le cycle de l'eau

1.1.1 Les étapes du cycle de l'eau :

A. Evaporation et transpiration des végétaux :

- Sous l'effet de l'énergie solaire, l'eau des mers et des océans s'évapore dans l'atmosphère sans le sel et les autres impuretés. L'évaporation est plus importante au niveau des océans qu'à l'intérieur des terres: lacs, rivières et fleuves. L'eau se fait passer de l'état liquide à l'état de vapeur d'eau (gazeux) : c'est l'**évaporation**.
- Les plantes et les autres espèces végétales puisent l'eau dans le sol et la rejettent sous la forme de vapeur d'eau : c'est la **transpiration**.
- La transpiration des plantes et l'évaporation du sol humide libèrent de l'humidité qui s'élève dans l'atmosphère sous la forme de nuages.

B. La condensation et les précipitations :

- Au contact de l'atmosphère, la vapeur d'eau se refroidit et se transforme en petites gouttelettes qui vont être à l'origine de la formation des nuages qui sous l'action des vents vont se diriger vers l'intérieur des terres. Cette étape se nomme : la **condensation**.
- Transportés par la circulation atmosphérique, les nuages se déplacent et l'effet de la gravité, l'eau retombe sur le sol sous forme d'eau, de neige ou de grêle (état liquide ou solide). Nous sommes en présence de **précipitations**.

C. Le ruissellement et l'infiltration :

- L'eau qui n'est pas absorbée par le sol, ruisselle le long des pentes jusqu'à se déverser dans les rivières, les fleuves et les lacs. Elle sera ensuite transportée jusqu'aux mers et océans. L'eau

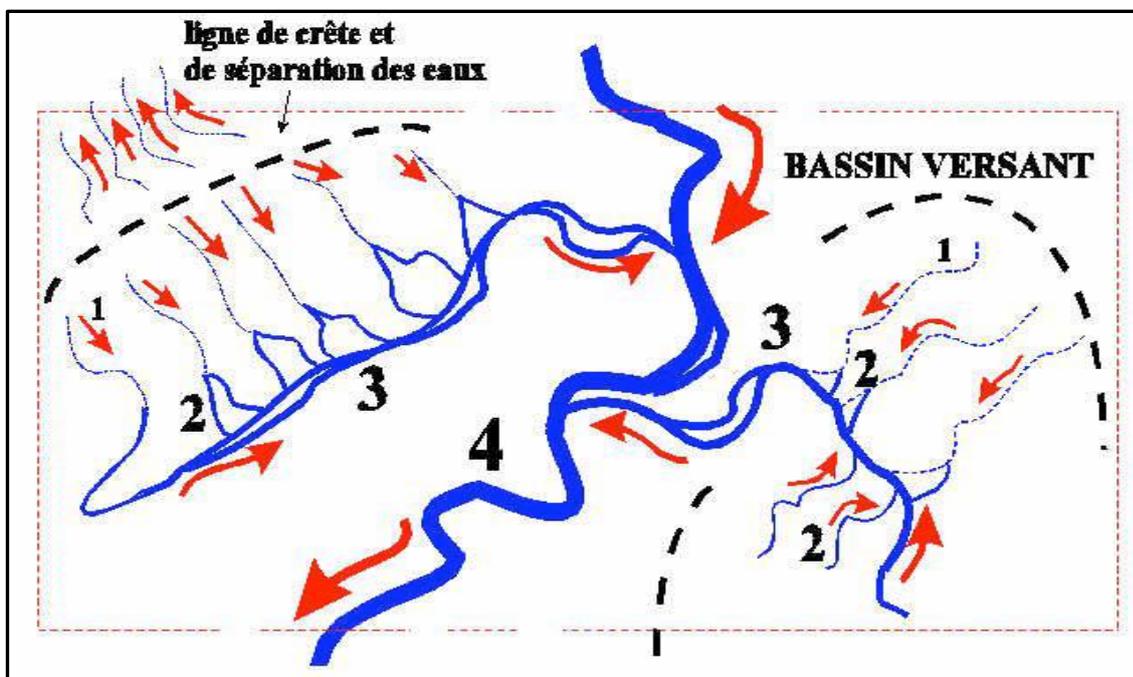
de pluie s'écoule lorsqu'elle rencontre un sol imperméable et dévale de l'amont vers l'aval. Le ruissellement part de la source en passant par le ruisseau, la rivière, le fleuve pour se jeter dans les mers et les océans. Nous avons donc : un **ruissellement**.

- L'eau de pluie pénètre dans les sols perméables. En s'infiltrant dans un sol perméable, l'eau peut parfois remplir une poche souterraine (grotte) et former un véritable réservoir d'eau. L'eau contenue dans ce réservoir (nappe d'eau ou nappe phréatique) trouve parfois un chemin naturel vers l'extérieur. L'endroit où jaillit l'eau hors du sol s'appelle la source. Certaines nappes d'eau souterraines, une fois découvertes, peuvent aussi être exploitées par l'homme comme réserves d'eau potable. Un peu moins de la moitié des précipitations vont recharger les nappes phréatiques, le reste part en évaporation. Ceci représente l'**infiltration** des eaux.

1.2. Réseaux hydrographiques

L'eau d'une rivière (ou d'un fleuve) vient de sa source, de tous ses affluents, des nappes Alluviales et, lorsqu'il pleut, de tout le ruissellement qu'elle reçoit directement.

Le bassin versant d'une rivière, à un endroit donné de son cours, c'est le territoire sur lequel une goutte d'eau qui tombe et ruisselle finit par rejoindre la rivière en question.



-1. A partir de la source ; -2. Collecteur de niveaux 1 ; -3. Arrive au fleuve ; -4. Fleuve arrive à la mer

1.3. Ruissellement et érosion du sol

1.3.1. Les facteurs naturels agissant sur le ruissellement :

L'intensité du ruissellement superficiel dépend essentiellement des conditions climatiques, topographiques et pédologiques.

A- Facteurs climatiques :

Il s'agit de l'intensité, du volume, de la fréquence des pluies et de leur répartition au cours de l'année. Ces caractères conditionnent notamment l'importance du couvert végétal qui s'oppose au ruissellement en absorbant l'eau. L'eau ruisselle lorsque la vitesse d'arrivée de l'eau sur le sol est supérieure à la vitesse d'infiltration. Le volume d'eau en excès à la surface dépend de l'intensité (hauteur d'eau par rapport à une durée) de la pluie et du volume total précipité. Les précipitations peuvent se faire sous forme d'averses violentes qui entraîne un ruissellement important.

- En climat méditerranéen, les précipitations journalières peuvent atteindre 100 mm, les intensités instantanée 5 mm/minute. Les pluies d'orage s'accompagnent de fortes intensités.
- Sous les climats subdésertiques, le ruissellement est augmenté encore par la faiblesse du couvert végétal.
- En climat froid, le sol reste gelé et imperméable au printemps tandis que la neige fond. L'eau de fonte ruisselle et grossit les rivières.

B- Facteurs pédologiques :

La perméabilité de surface et la capacité de rétention en eau du sol favorisent l'infiltration et donc s'opposent au ruissellement. Le flux d'infiltration dépend de l'état de surface et du système de porosité, eux-mêmes conditionnés par la compacité, la fissuration et l'activité biologique (macropores, galeries). Sous l'action des pluies, la surface du sol passe d'un état fragmentaire poreux et meuble à un état plus continu et compact.

La profondeur du sol joue aussi un rôle: un sol peu épais sur une roche imperméable sera une zone de ruissellement favorisée une zone de ruissellement favorisée.

C- Facteurs topographiques :

La valeur de la pente conditionne la vitesse d'écoulement de l'eau en surface; sa longueur favorise des débits importants et la concentration des filets d'eau.

D- Couvert végétal :

La végétation s'oppose au ruissellement et favorise l'infiltration. Les tiges constituent des obstacles à l'écoulement superficiel qui diminuent la vitesse des filets d'eau. Les racines augmentent la perméabilité du sol.

1.3.2. Les dégâts causés par l'érosion des sols

A côté des dégâts bien visibles concernant les terres cultivées, il existe des dégâts en aval beaucoup plus insidieux provoqué par l'augmentation du ruissellement et l'entraînement des particules du sol.

- Dégâts ressortant des « catastrophes naturelles » exemple : coulées de boues, inondations, , colmatage des réseaux d'assainissement et, envasement des cours d'eau...

- Dégradation de la qualité des eaux :Les eaux de ruissellement alimentent les rivières qui se chargent en matériaux en suspension . L'augmentation de la turbidité des eaux, le lit de la rivière peut être colmaté et l'échange avec la nappe alluviale interrompue.

- L'entraînement des particules de sols dans les eaux superficielles s'accompagne également de celui des intrants agricoles (engrais, pesticides) et des polluants d'origine industrielle, urbaine, routière. Les métaux lourds sont également transportés par les eaux de ruissellement.

1.4. L'ACTION DU VENT (EROSION EOLIENNE)

Le vent constitue un facteur important d'érosion et de transport des sédiments à la surface de la planète. Il est particulièrement actif dans les régions sèches où la végétation est quasi-absente, comme les déserts. Les régions désertiques qui reçoivent moins de 20 cm de précipitations/an, couvrent près du tiers de la surface terrestre. Dans les déserts, l'agent principal d'érosion et de transport des matériaux est le vent, il balaie la surface du sol entraîne donc facilement ces particules qui sont transportées selon trois modes:

- Les plus grosses se déplacent par roulement ou glissement (**traction**) à la surface du sol, sous l'effet de la poussée du vent ou des impacts des autres particules.
- Les particules de taille moyenne (sables) se déplacent par bonds successifs (**saltation**).
- Les particules très fines (poussières) sont transportées en **suspension** dans l'air, souvent sur de très grandes distances.

CHAPITRE 3 : GEOLOGIE HISTORIQUE

1-Les principes de la stratigraphie

Définition de la stratigraphie :

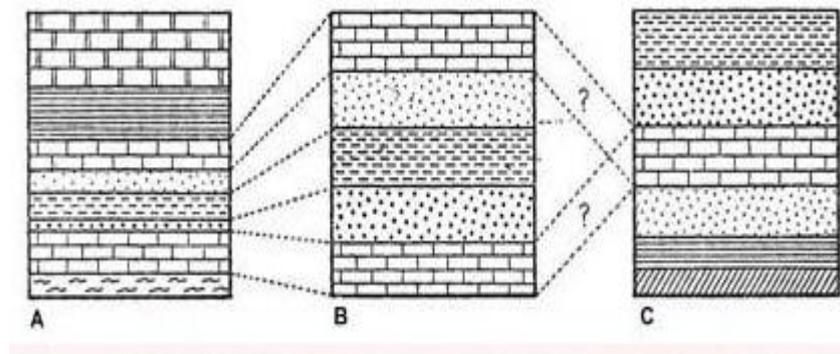
Une discipline des Sciences de la Terre qui étudie la succession des différentes couches géologiques (strates) car c'est là qu'est inscrite l'histoire de la Terre. Il y a enregistrement des évènements de l'écorce terrestre (transgression, régression, etc).

La stratigraphie se fait par **observation** et **description** des formations géologiques.

- La stratification : agencement en couches, ou strates, de dépôts successifs et horizontaux de sédiments
- Strate : couche de terrain possédant une individualité nette séparée par des joints de stratification horizontaux

A- Le principe de continuité

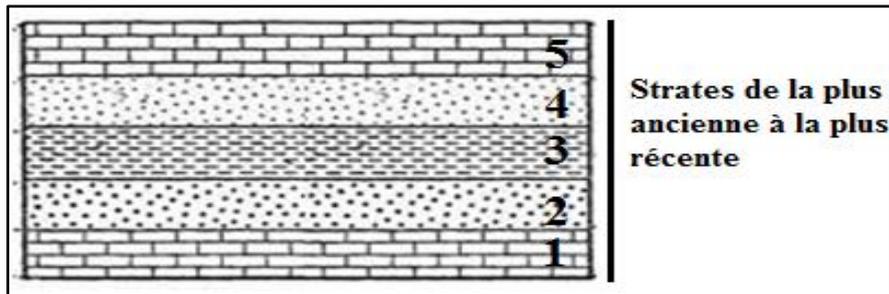
- Selon lequel une même couche a le même âge sur toute son étendue.
- Dans une région non disloquée, un sédiment n'évolue pas latéralement de façon brutale.
 - Il reste caractérisé par son faciès (ensemble de caractères minéralogiques, structuraux et paléontologiques (fossiles) représentatifs de conditions de sédimentation déterminées).
 - Par contre, il peut y avoir une évolution progressive.



Principe de continuité

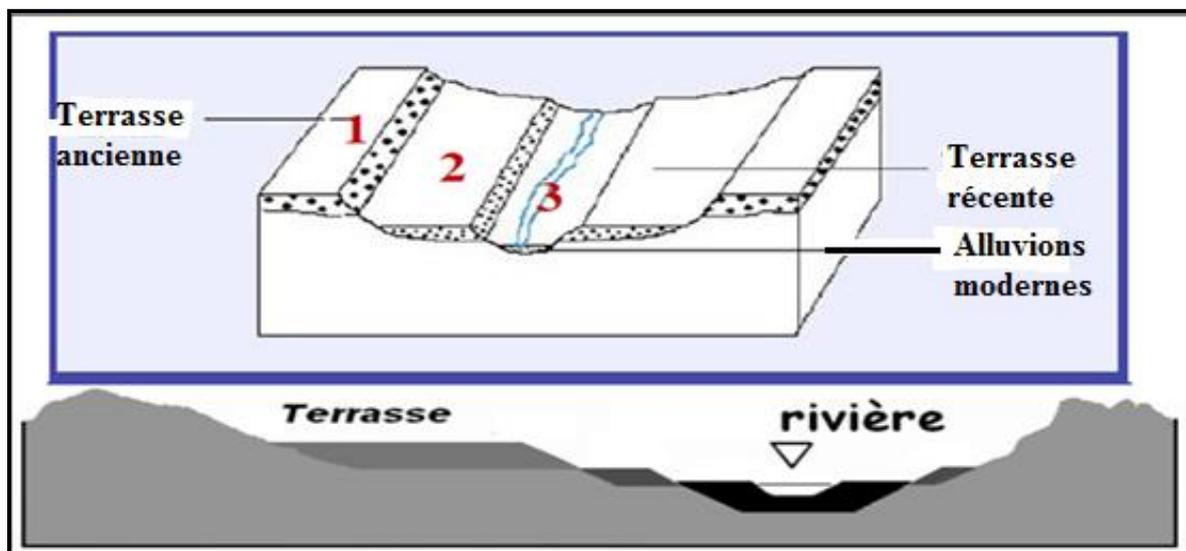
B-Le principe de superposition

Selon lequel, dans les terrains non-déformés, les formations les plus basses sont les plus anciennes, et les formations les plus hautes sont les plus jeunes. C'est la façon d'exprimer l'**âge relatif**.



Principe de superposition

- Quelques exceptions au principe de la superposition



Exception du principe de superposition

Les terrasses alluviales emboîtées

D-Le principe d'horizontalité

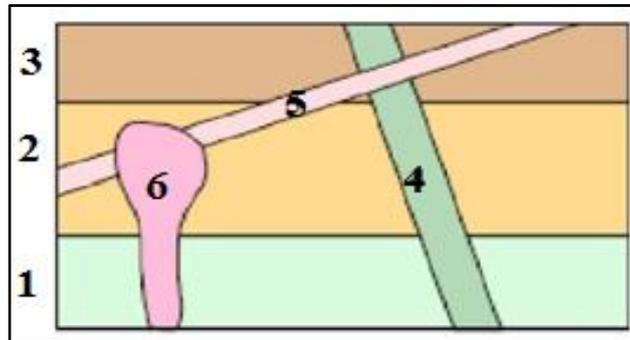
Selon lequel les couches sédimentaires sont déposées à l'origine horizontalement. Une séquence sédimentaire qui n'est pas en position horizontale aurait subi des déformations ultérieurement à son dépôt.

E-Le principe de recoupement

Selon lequel les couches sont plus anciennes que les failles ou les roches qui les recoupent.

1,2,3 sont superposés, les niveaux intrusifs 4,5 et 6 recoupent 1,2 et 3 ils sont donc plus récents, 5 recoupe le dyke 4 qui est donc plus ancien, enfin l'intrusif 6 qui recoupe 5 est donc le plus récent.

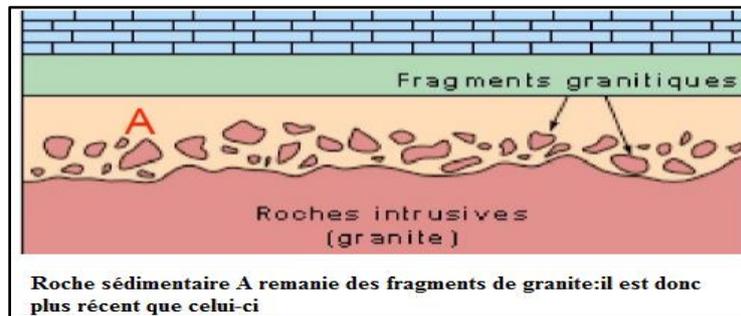
L'événement qui provoque un changement dans la géométrie des roches est postérieur à la dernière strate qu'il affecte et antérieur à la première strate non affectée.



Le principe de recoupement

F-Le principe d'inclusion

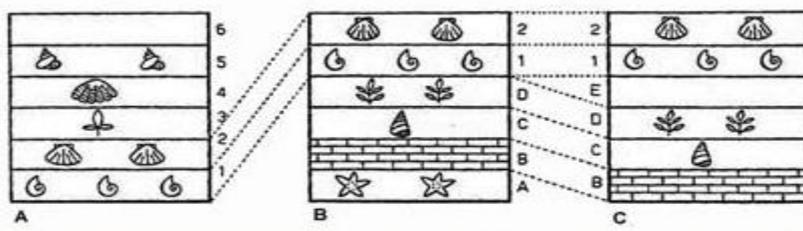
Selon lequel les morceaux de roche inclus dans une autre couche sont plus anciens que leur contenant.



Principe d'inclusion

I- Le principe d'identité paléontologique

Selon lequel deux couches ayant les mêmes fossiles sont considérées comme ayant le même âge. Ce principe, basé sur l'existence de fossiles stratigraphiques, permet de corréler des séries sédimentaires de régions éloignées.



Principe d'identité paléontologique

G-Le principe d'uniformitarisme ou actualisme

Est un des principes de base la géologie moderne, c'est une théorie admettant que les phénomènes géologiques passés ont les mêmes causes et les mêmes effets que les phénomènes géologiques actuels (théorie des causes réelles).

2- Discordances et lacunes stratigraphiques

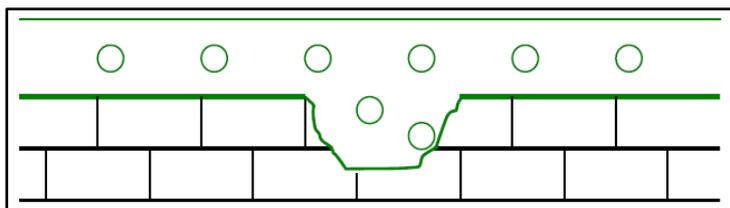
A certains endroits dans une série sédimentaire l'information fait défaut; soit que les roches ont disparu suite à l'érosion, soit que la sédimentation s'est interrompue. Ces manques, ces absences d'information correspondent à des intervalles de temps dans la succession des événements géologiques. L'intervalle de temps peut être restreint et ne toucher qu'une localité (lacunes), ou peut-être de longue durée et s'étendre à toute une région (discordance).

A-Concordance: quand les strates sont régulièrement disposées les unes sur les autres.

B- Discordance : Lorsqu'il y a interruption de la sédimentation, suivie d'une déformation (failles ou plissement) et d'une érosion, il y a discordance entre les couches anciennes déformées et celles récentes, horizontales.

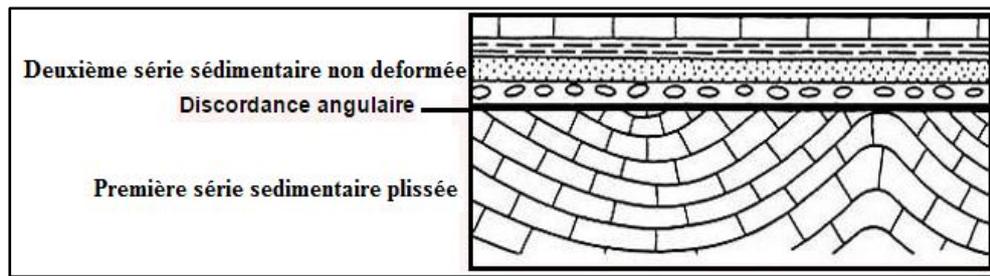
Elle peut se présenter par sous deux formes :

- **La discordance de ravinement** : représentée par une surface irrégulière d'érosion entre des Strates parallèles. Cette surface exprime la cessation de la sédimentation plus leur ravinement (érosion) mais sans déformation.



La discordance de ravinement

- **La discordance angulaire** : représentée par une surface d'érosion recoupant d'anciennes séquences déformées. Cette discordance implique le plissement (ou le basculement) et le soulèvement, l'érosion d'anciennes couches sur lesquelles reposent de nouvelles couches.



La discordance angulaire

C- Lacune : Lorsqu'il n'y a pas de continuité chronologique entre deux couches, on parle de lacune. Il y a deux types de lacunes :

- **Lacune d'érosion** : l'érosion a enlevé des couches, puis la sédimentation a repris en laissant la lacune.
- **Lacune de sédimentation** : pendant la période correspondant à la durée de la lacune, la sédimentation s'est interrompue, se creuse et forme des dépressions par l'érosion. Cela peut être dû à une régression marine.

D-Transgression et régression :

Ce sont des processus sédimentaires qui se matérialisent par le déplacement vers le continent ou vers le large, de la ligne de rivage

- **Transgression** : C'est la progression du milieu marin vers le continent. La transgression résulte soit d'une élévation du niveau marin (eustatisme) qui s'accompagne nécessairement d'une sédimentation, soit d'un affaissement du continent (subsidence).
- **Régression** : C'est le phénomène inverse de la transgression : retrait de la mer par abaissement du niveau marin qui s'accompagne nécessairement d'une érosion ou surrection du continent.

3. Le temps en géologie :

La géochronologie (ou géologie historique) est une discipline basée sur la stratigraphie. Celle-ci est une science qui étudie la succession des dépôts sédimentaires généralement arrangés en couches ou "strates". Chaque couche géologique est caractérisée par son contenu lithostratigraphique et biostratigraphique :

❖ Pour repérer un événement passé, on cherche à le situer par rapport à un autre, ou à en indiquer la date. Pour cela le géologue dispose de deux processus :

- **chronologie relative** : se base sur l'analyse lithologique des couches et des fossiles qu'elles contiennent, par rapport aux autres couches, elle se base sur différents principes ; (Exemple : les mammifères sont apparus après les reptiles).

- **chronologie absolue** ou **géochronologie** : indiquer la date à laquelle il s'est produit cet événement par des durées chiffrées en millions d'années ; (Exemple : les mammifères sont apparus il y a 200 millions d'années).

3.1. Datations relatives:

La mesure du temps géologique (géochronologie) ainsi que la reconstitution de l'histoire de notre planète se fait en interprétant des phénomènes géologiques et biologiques enregistrés dans les roches et les fossiles et nécessite des signaux globaux capables de corréler des événements sur des grandes surfaces géographiques.

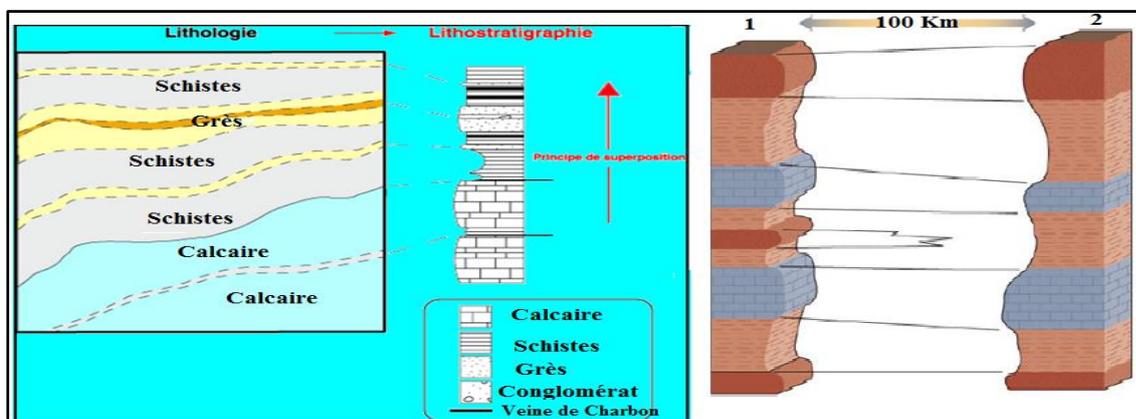
Cette méthode repose sur les principes fondamentaux de stratigraphie, citées ci-dessus.

A- Les méthodes stratigraphiques

La lithostratigraphie :

Elle s'appuie sur une description analytique du contenu lithologique du terrain au laboratoire et recouvrant de nombreux champs disciplinaires (pétrographie, minéralogie, géochimie, sédimentologie, paléontologie.....). Elle permet la reconnaissance d'unités *lithostratigraphiques* définies par leur *facies*. La nature des roches sédimentaires nous informe sur le milieu de sédimentation et comment cet environnement a évolué dans le temps.

- La lithostratigraphie est, de ce fait, essentiellement un outil de corrélation régionale

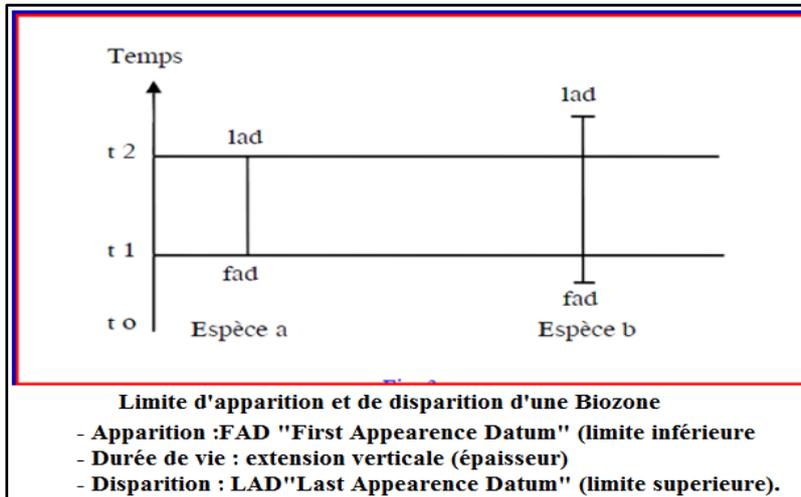


La lithostratigraphie

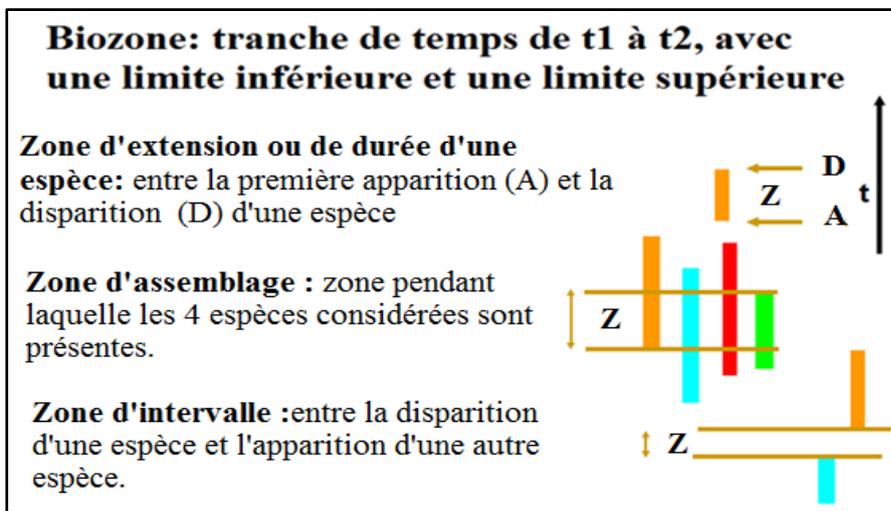
❖ La biostratigraphie :

La description des fossiles que contient une strate dont l'unité est la *biozone* (faune et flore relatives à un temps). Elle nous renseigne sur l'évolution de ces fossiles dans le temps et dans l'espace dans leur environnement sédimentaire.

- ❖ - La biozone est fondée sur l'apparition ou la disparition d'espèces.



Différents types de biozones :



- ❖ La chronostratigraphie consiste à définir les intervalles de temps des strates et à retracer les différentes évolutions paléogéographiques.

- Les unités chronostratigraphiques sont des unités de référence servant de base aux corrélations.

- Chaque unité chronostratigraphique qui représente un ensemble de couches équivaut au temps

nécessaire à son dépôt.

- Possibilité de découpage du temps géologique.

B-Les unités chronostratigraphiques (Géochronologie) :

-**Eon** (=Eonothèmes) : Exemple le Protérozoïque ;

-**Ere** (=Erathèmes) : Exemple le Paléozoïque ;

-**Période** (= Systèmes) : Exemple le Crétacé ;

-**Epoque** (= Series) : Exemple le Néogène ;

-**Age** (=Etage) : Exemple le Cénomaniens ;

-**Chron** (= chronozone) : correspond en général à la durée d'une biozone

3.2. Datations absolues

Pour repérer un événement passé (=Paléogéographie), on peut:

- Le situer par rapport à un autre c'est-à-dire établir sa chronologie relative (les mammifères sont apparus après les reptiles).
- Ou bien indiquer la date à laquelle il s'est produit c'est-à-dire établir sa chronologie absolue (les mammifères sont apparus il y a 200 millions d'années). La chronologie absolue est exprimée par des durées chiffrées en millions d'années

La **radiochronologie** est la méthode de datation absolue la plus utilisée en géologie. C'est une méthode physique qui analyse des phénomènes irréversibles qui se traduisent par la transformation d'un élément radioactif instables en élément stable.

On appelle **isotopes**, les atomes d'un élément qui contiennent des nombres différents de neutrons. On identifie un isotope par son **nombre de masse**, qui représente la somme des neutrons plus protons. Par exemple, tous les atomes de carbone contiennent 6 protons, mais ces derniers peuvent se lier à 6, 7, ou 8 neutrons.

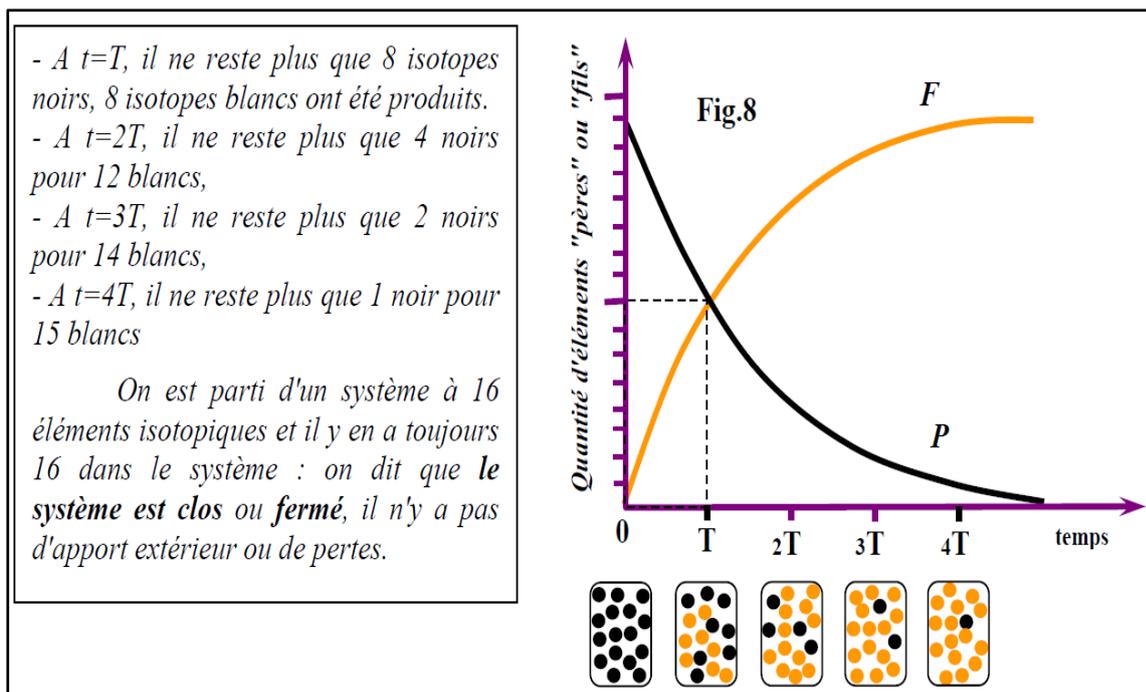
Les isotopes radioactifs majeurs **P** (pères) et leurs produits **F** (fils) utilisés en géologie sont $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$, $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$, $^{235}\text{U}/^{207}\text{Pb}$, $^{232}\text{Th}/^{208}\text{Pb}$, $^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$ (pour les longues durées) et $^{14}\text{C}/^{14}\text{N}$ pour les courtes durées).

Le tableau ci-après donne une idée sur les tranches d'âge pouvant être obtenues en étudiant quelques couples d'isotopes:

COUPLES D'ISOTOPES	PERIODES	AGES MESURES
$^{235}\text{U}/^{207}\text{Pb}$	4,47 GA	> 25 MA
$^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$	48,8 GA	> 100 MA
$^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$	1,31 GA	1 à 300 MA
$^{14}\text{C}/^{14}\text{N}$	5 730 années	100 à 50 000 ans

Un *élément père P* naturellement radioactif (**radiogène**) contenu dans un minéral au moment de sa cristallisation est instable, se désintègre au cours du temps en donnant un *élément fils F* (isotope **radiogénique**), généralement stable, ainsi que des rayonnements de particules α, β et des rayonnements électromagnétiques γ .

La figure montre que la proportion d'atomes pères (P) qui se désintègrent pendant chaque unité de temps (**dt**) est toujours la même. Le nombre d'atomes pères se désintégrant diminue de manière continue en même temps que le nombre d'atomes fils augmente proportionnellement



4-L'échelle stratigraphique :

La biostratigraphie et les méthodes de géochronologie permettent de reconstituer l'histoire géologique d'une région donnée. Les recoupements généralisés à l'échelle du globe ont permis d'établir un calendrier de référence appelée *échelle stratigraphique internationale des temps géologiques* qui comprend les subdivisions suivantes (cf tableau ci-après):

1 - Les Eons (=Eonothèmes)

Un *éon* représente l'intervalle de temps géologique le plus grand de plusieurs centaines de millions d'années. Il en existe quatre:

- **Le Hadéen** couvre le début de l'histoire de la Terre - **4600 millions d'années (Ma) à 3900 Ma**. Il n'existe plus de roches de cet âge à cause de l'érosion et de la subduction.

- **L'Archéen (3800 Ma à 2500 Ma)** qui représente les roches les plus anciennes sur Terre - ces roches contiennent des traces d'organismes microscopiques (bactéries).

- **Le Protérozoïque (2500 Ma à 570 Ma)** suit l'Archéen et ses roches contiennent des traces de micro-organismes multicellulaires mais il y manque certaines parties solides. La stratigraphie des roches archéennes et protérozoïques est moins connue que celle des roches plus jeunes parce que ces roches anciennes ont été déformées, métamorphisées et érodées.

- **Le Phanérozoïque (570 Ma à aujourd'hui)** est l'éon le plus récent. Les roches du Phanérozoïque contiennent beaucoup d'évidence de vie et les parties solides des organismes sont bien fossilisées.

2 - Les Eres (= Erathèmes)

Les *éons* sont subdivisés en *ères* dont les limites sont marquées par de grands bouleversements biologiques (grandes extinctions), paléogéographiques (Orogenèse).

Une ère géologique reprend l'intervalle de temps défini sur base des organismes présents dans ces roches. Il n'existe pas d'ères pour les roches Archéennes ou Protérozoïques, alors que l'éon Phanérozoïque est subdivisé en trois ères:

- ***Paléozoïque*** (vie ancienne - 570 Ma à 245 Ma),

- ***Mésozoïque*** (vie intermédiaire - 245 Ma à 66,4 Ma) et

- ***Cénozoïque*** (vie récente - 66,4 Ma à aujourd'hui).

Au Paléozoïque, les formes de vie incluent des invertébrés marins, des poissons, des amphibiens, et des reptiles. Certaines plantes y ont également apparu et évolué. Le Mésozoïque est l'ère des dinosaures qui sont devenus les vertébrés les plus importants. Des mammifères sont apparus vers la fin du Mésozoïque et dominent le Cénozoïque.

3 - Les périodes (=Systèmes)

Les dernières regroupent des étages sur des références lithologiques (Carbonifère, Crétacé), paléontologiques (Nummulitique = Paléogène) ou autres. Les périodes du Phanérozoïque sont les suivants :

- ***Paléozoïque*** : ***Cambrien, Ordovicien, Silurien, Dévonien, Carbonifère, Permien,***

- ***Mésozoïque*** : ***Trias, Jurassique, Crétacé,***

- *Cénozoïque* : **Paléogène, Néogène, Quaternaire.**

Il a fallu plus de 100 ans pour définir ces périodes sur base de l'étude biostratigraphique des affleurements de l'Angleterre, de l'Allemagne, de la Suisse, de la Russie et des Etats-Unis. Leurs noms reflètent la géographie de l'endroit de leur découverte ou les caractéristiques de leurs strates.

4 - Les époques (=Séries)

Les *périodes* sont subdivisées en *époques* sur la base d'association de fossiles stratigraphiques spécifiques. Leur durée moyenne est d'environ 15 Ma (sauf pour le Quaternaire).

Leurs limites suivent les mêmes règles que pour les Périodes.

5 - Les étages (=Ages)

Les étages successifs sont désignés par un nom de lieu qui évoque le **stratotype** (formation géologique référencée mondialement qui a caractérisé cette période). Plusieurs *étages* forment une *époque*. Le nom de l'étage est le plus souvent dérivé de celui d'un lieu géographique ou historique actuel ou antique auquel on ajoute le suffixe *ien*.

Échelle stratigraphique

EON	Ere	Période	Epoque	Etage	MA
Cénozoïque	Néogène	Holocène			-0,0115
			Pléistocène	supérieur	-0,126
				moyen	-0,781
		inférieur		-1,806	
		Pliocène	Gélasien	-2,588	
			Piacenzien	-3,6	
			Zancléen	-5,332	
		Miocène	Messinien	-7,246	
			Tortonien	-11,608	
			Serravallien	-13,65	
			Langhien	-15,97	
			Burdigalien	-20,43	
			Aquitanien	-23,03	
		Paléogène	Oligocène	Chattien	-28,4
				Rupélien	-33,9
			Eocène	Priabonien	-37,2
				Bartonian	-40,4
				Lutétien	-48,6
	Yprésien			-55,8	
	Paléocène		Thanétien	-58,7	
			Sélandien	-61,7	
	Danien		-65,5		
	Crétacé		Supérieur	Maastrichtien	-70,6
				Campanien	-83,5
				Santonien	-85,8
		Coniacien		-89,3	
		Turonien		-93,5	
		Cénomaniens		-99,6	
		Inférieur	Albien	-112	
			Aptien	-125	
			Barrémien	-130	
			Hauteriviens	-136,4	
			Valanginiens	-140,2	
			Berriasien	-145,5	
		Jurassique	Supérieur	Tithonien	-150,8
				Kimméridgien	-155,7
				Oxfordien	-161,2
			Moyen	Callovien	-164,7
				Bathonien	-167,7
				Bajocien	-171,6
	Inférieur		Aalénien	-175,6	
			Toarciens	-183	
			Pliensbachien	-189,6	
	Trias		Supérieur	Sinemuriens	-196,5
				Hettangien	-199,6
Rhétien				-203,6	
Moyen		Norien	-216,5		
		Carrien	-228		
		Ladinien	-237		
Inférieur		Anisien	-245		
		Olenékien	-249,7		
		Induen	-251		

Paléozoïque	Permien	Lopingien	Changhsingien	-253,8	
			Wuchiapingien	-260,4	
		Guadalupien	Capitanien	-265,8	
			Wordien	-268	
			Roadien	-270,6	
			Kungurien	-275,6	
		Cisuralien	Artinskien	-284,4	
			Sakmarien	-294,6	
			Assélien	-299	
			Gzhélien	-303,9	
	Kasimovien		-306,5		
	Moscovien		-311,7		
	Carbonifère	Pennsylvanien	sup	Bashkirien	-318,1
			moy	Serpukhovien	-326,4
		Mississipien	sup	Viséen	-345,3
			moy	Tournaisien	-359,2
			inf	Famennien	-374,5
			inf	Frasnien	-385,3
	Dévonien	Supérieur	Givétien	-391,8	
			Eifélien	-397,5	
		Moyen	Emsien	-407	
			Praquien	-411,2	
		Inférieur	Lochkovien	-416	
			Pridoli	-418,7	
	Silurien	Ludlow	Ludfordien	-421,3	
			Gorstien	-422,9	
		Wenlock	Homérien	-426,2	
			Sheinwoodien	-428,2	
		Llandovery	Télychien	-436	
			Aéronien	-439	
Ordovicien	Supérieur	Rhuddanien	-443,7		
		Hirnantien	-445,6		
	Moyen	Etage 6	-455,8		
		Etage 5	-460,9		
	Inférieur	Darriwilien	-468,1		
		Etage 3	-471,8		
	Etage 2	Etage 2	-478,6		
		Trémadocien	-488,3		
	Cambrien	Furongien			
			Paibien	-501	
Inférieur			-513		
Néoproterozoïque	Néoproterozoïque	Ediacarien	-630		
		Cryogénien	-850		
		Tonien	-1000		
	Mésoproterozoïque	Mésoproterozoïque	Sténien	-1200	
			Ectasien	-1400	
			Calymmien	-1600	
	Paléoproterozoïque	Paléoproterozoïque	Stathérien	-1800	
			Orosirien	-2050	
			Rhyacien	-2300	
	Eoarchéen	Eoarchéen	Sidérien	-2500	
			Néoarchéen	-2800	
			Mésarchéen	-3200	
Paléoarchéen			-3600		
Eoarchéen			non défini		

CHAPITRE 4 : LES GRANDS TRAITES STRUCTURAUX DE L'ALGERIE

L'Algérie fait partie de l'ensemble Nord-Ouest africain. Si l'on examine un schéma structural de cette zone, deux domaines principaux sont mis en évidence:

- Un domaine méridional, le Sahara, où affleurent les socles précambriens du Hoggar et des Eglab, et leur couverture phanérozoïque de la plate-forme saharienne;
- Un domaine septentrional, la zone atlasique, comportant un Atlas saharien au Sud, qui se prolonge à l'Ouest (Maroc) par le Haut Atlas marocain et à l'Est (Tunisie) par l'Atlas tunisien.

Au Nord, l'Atlas tellien, domaine varié et très complexe ayant aussi des équivalents au Maroc (le Rif et le Pré-Rif) et en Tunisie (Kroumirie et Nefza). Cet Atlas tellien comporte une zone interne et une zone externe formée de terrains allochtones (nappes de charriage). Entre les deux Atlas affleurent les Hautes plaines qui se terminent à l'est par la chaîne du Hodna et se continuent à l'Ouest par la Meseta oranaise et au-delà des Atlas (Haut et moyen Atlas) par la Meseta marocaine, qui se noie dans l'Atlantique.

Entre les ensembles sud (plate-forme saharienne) et nord (l'ensemble atlasique), un énorme accident de valeur continentale est connue : l'Accident Sud Atlasique (ASA), qui va d'Agadir (Maroc), jusqu'à Gabes (Tunisie). Il passe en Algérie aux environs de Biskra, Laghouat...

I- Les grands ensembles géologiques de l'Algérie

Morphologie

Le pays comprend quatre grands domaines du nord au sud:

- l'Atlas tellien (ou le Tell), constitué de reliefs escarpés et de plaines littorales dont les plus riches d'Algérie sont la Mitidja au centre, le Chelif à l'ouest et le Seybouse à l'est;
- les Hauts Plateaux;
- l'Atlas saharien forme une longue suite de reliefs orientés NE-SO s'étendant de la frontière marocaine à celle de la Tunisie;
- le Sahara, qui recèle l'essentiel des ressources en hydrocarbures, est un désert formé de grandes étendues de dunes (Erg Oriental et Erg Occidental), de plaines caillouteuses (regs) et parsemé d'oasis, qui sont autant de centres urbains comme El Oued, Ghardaïa et Djanet (Ph. 1). Le massif des Eglab à l'ouest et le massif du Hoggar à l'est forment, pratiquement, la limite méridionale du Sahara algérien.

1.1.Aspects structuraux

L'Algérie est divisée en deux unités tectoniques majeures séparées par la faille sud-atlasique

- le Nord de l'Algérie portant l'empreinte de la tectonique alpine;
- la plate-forme saharienne, relativement stable, où la tectonique est moins prononcée.

Le nord de l'Algérie

Le Nord de l'Algérie est délimité par les éléments suivants:

- au sud, l'Atlas saharien, une chaîne de montagnes d'origine alpine;
- au centre, des plates-formes comme la Méséta oranaise à l'ouest et le môle d'Ain Regada à l'est;
- dans la partie septentrionale, l'Atlas tellien est une zone complexe constituée de nappes mises en place au Miocène inférieur. Des bassins néogènes tardifs comme le Chéelif et le Hodna se sont installés sur ces nappes.

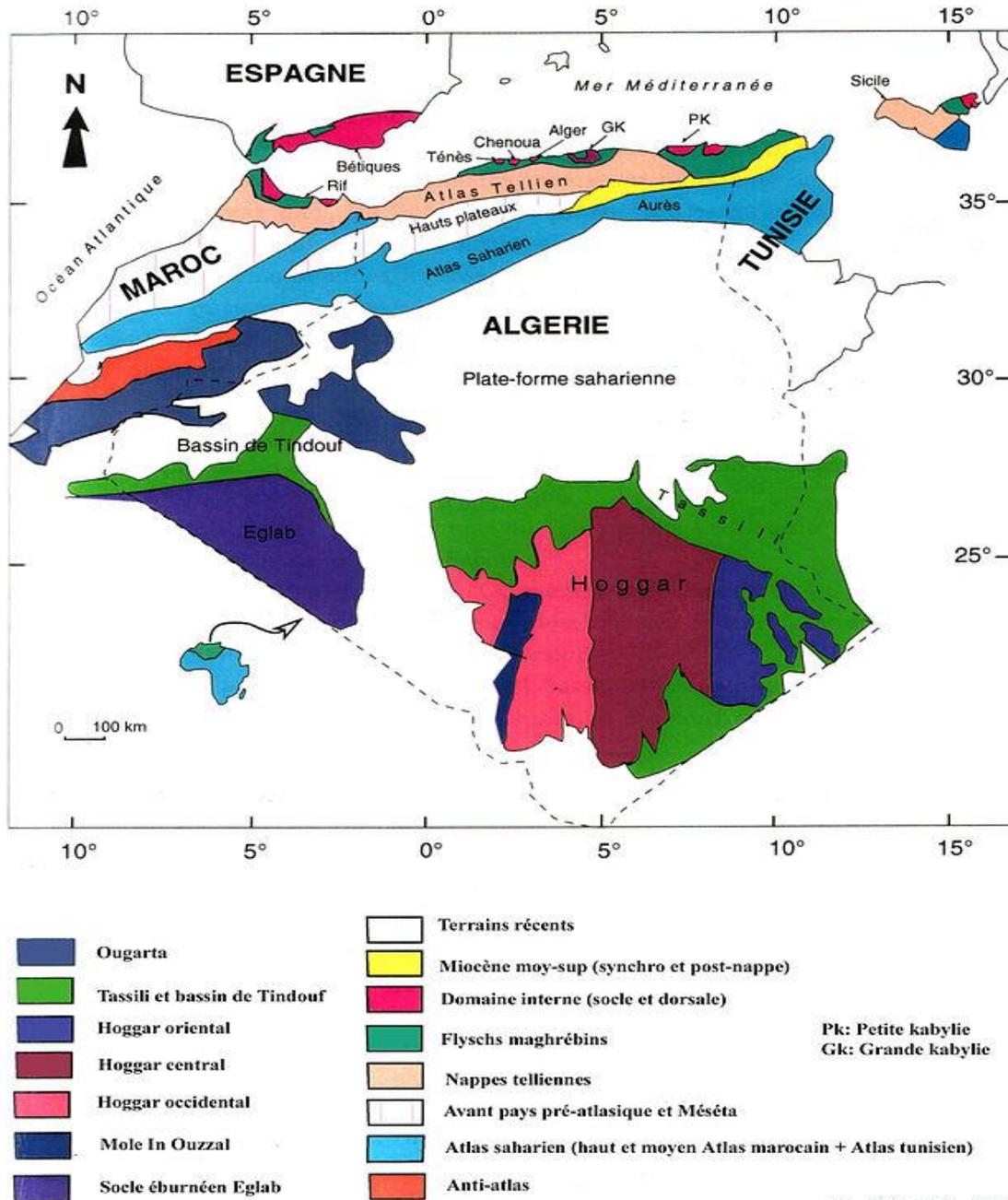
Le Tell

C'est un ensemble géographique complexe qui regroupe des bassins sédimentaires, des massifs autochtones allant du paléozoïque au cénozoïque et des terrains allochtones constitués essentiellement de sédiments crétacés et paléogènes.

Cette région du Nord de l'Algérie fait partie du système alpin qui de Gibraltar à l'Himalaya n'a pas encore terminé son évolution.

L'Algérie du Nord Est caractérisée par la complexité et la diversité des structures. On y rencontre des structures compliquées de tectonique tangentielle se traduisant par des écaillages et des nappes de charriage au Nord évoluant vers une tectonique plus simple et plus souple au Sud.

L'âge des formations rencontrées varie du Précambrien jusqu'au plio-quaternaire avec prédominance de formations Méso et Cénozoïques.



2- Coupe Nord-Sud de l'Algérie

L'organisation de l'édifice structural, permet de distinguer du Nord au Sud de l'Algérie de nombreuses unités empilées au cours de phases tectoniques successives. Elles sont caractérisées par la complexité et la diversité des styles mais aussi par la nature différenciée des matériaux qui les composent (figure ci-dessous).

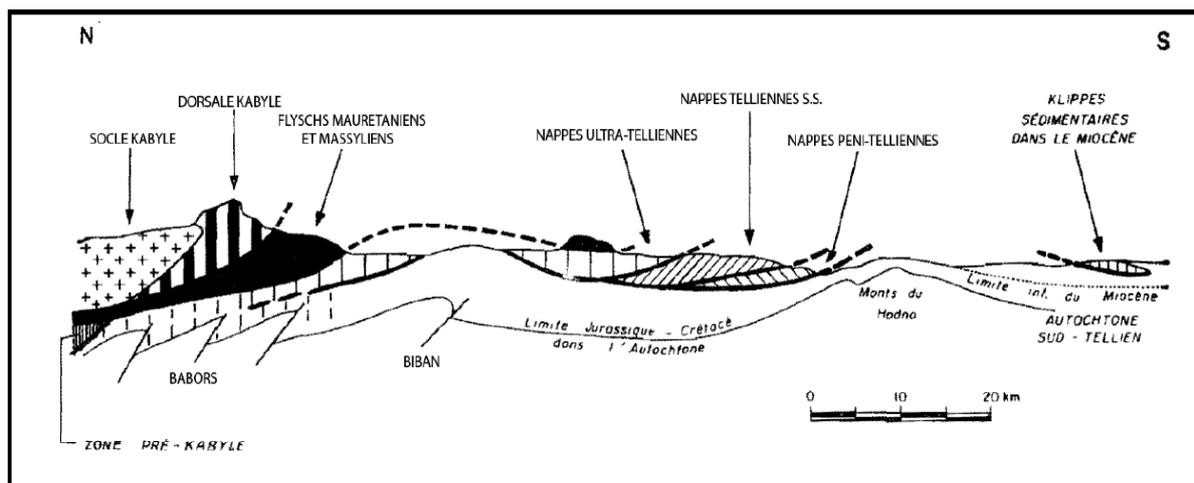
L'Algérie comprend les ensembles structuraux, présentés de façon schématique comme suit :

- L'ensemble kabyle ou « domaine interne » ;

- Le domaine des nappes des flyschs ;
- L'Atlas tellien ou « domaine externe » ;
- L'avant- pays allochtone ;
- L'avant pays Autochtones et Parautochtones ;
- L'Atlas saharien formant une longue suite de reliefs orientés NE-SO ;
- La plate-forme saharienne

2-1-Le socle kabyle et les séries de la chaîne calcaire

Appelé aussi socle kabyle ou Kabylide, est composé de massifs cristallophylliens métamorphiques (gneiss, marbres, amphibolites, micaschistes et schistes) et d'un ensemble sédimentaire paléozoïque (Ordovicien à Carbonifère) peu métamorphique. Ce socle affleure d'Ouest en Est dans les massifs du Chenoua (à l'ouest d'Alger), d'Alger, le socle kabyle développé surtout en grande et petite Kabylie (entre Jijel et Skikda) (Roubaut, 1934 ; Durant Delga, 1955) comporte à sa base des formations gneissiques présentant le faciès des granulites ; à ces kinzigites sont associées (Bouillin et Kornprobst, 1974 ; Bouillin, 1977) les péridotites de type alpin du Cap Bougaroun. Au-dessus se développe une série de gneiss, de marbre et de micaschistes recouverte par des phyllades antérieures au Cambrien supérieur (Baudelot et Géry, 1979). Ce dernier, avec 120 km de long et 30 km de large, constitue le plus large affleurement du socle kabyle en Algérie.



Rapports structuraux entre les différentes unités de la chaîne des Maghrébides (modifiés d'après Durand-Delga, 1969, les Bibans et les Babors qui étaient considérés comme étant de l'Autochtone font également partie des nappes telliennes)

Le socle est par endroits recouvert en discordance par des dépôts détritiques (principalement des molasses conglomératiques) d'âge Oligocène supérieur Miocène inférieur, appelés Oligo-Miocène Kabyle. Les massifs internes des Maghrébides ont donc constitué une zone haute de la fin du Paléozoïque à l'Oligocène supérieur. Le socle kabyle est bordé au sud par les unités mésozoïques et cénozoïques de la Dorsale Kabyle appelée parfois « chaîne calcaire » à cause de l'importance du Jurassique inférieur calcaire. Ce domaine est exceptionnellement étroit et ne dépasse jamais quelques km de largeur. Le premier affleurement de la dorsale kabyle en Algérie est situé au cap Ténès. On la retrouve ensuite dans le massif du Chenoua puis au Sud Est d'Alger où elle constitue d'importants reliefs sur plus de 125 km de long (massifs de Larba, du Bou Zegza et du Djurdjura). Elle apparaît ensuite au Nord de Constantine (Dj. Sidi Dris) et on la suit sur 90 km jusqu'au Sud d'Annaba (Zit Emba). La dorsale kabyle se présente sous forme d'écaillés d'âge permo-triasiques à Eocène moyen. Du point de vue lithologique, ces formations comprennent des calcaires du Lias et de l'Eocène, des dolomies du Trias au Lias inférieur et des grès du Permo-Trias. La dorsale kabyle a été subdivisée du Nord au Sud en trois unités qui se différencient par le faciès et l'épaisseur des calcaires : dorsale interne, médiane et externe.

2-1-1-La Dorsale interne

Les séries internes ont été analysées par J.F.Raoult elles occupent une place importante dans l'évolution tectono-sédimentaire, présentent une grande homogénéité, elle est considérée comme une paléo-plate forme littorale kabyle.

Elle est très souvent condensée et montre nettement du sud au Nord un amincissement de ces séries ou lacunes entre le Lias supérieur et le Paléocène transgressif.

La dénomination (chaîne calcaire), par suite de la prédominance des affleurements de calcaires massifs du Lias et du Tertiaire.

2-1-2-La Dorsale médiane

C'est la plus développée de la dorsale kabyle (flandrin ; J 1952) et occupe une position centrale dans le dispositif structural du Djurdjura. Elle est particulièrement déformée et limitée au Nord par le socle cristallin et les terrains primaires de la dorsale interne par l'intermédiaire d'une *zone tectonique importante*. Au sud elle chevauche les formations de la dorsale externe.

Les séries définissant la dorsale médiane ont été analysées par J.-F. Raoult, (1974). Elles montrent des niveaux allant du Permo- Trias au Lutétien supérieur.

a)- Du Permo- Trias au Néocomien – Barrémien. Leur série est sensiblement identique aux séries internes de la chaîne calcaire.

- b)- Du Turonien au Lutétien, se développe une série originale de faible épaisseur caractérisée par des biomicrites ou des niveaux à microfaune pélagique très abondante (Vila, 1966 ; Raoult, 1971).
- c)- Au Nummulitique, les niveaux marneux à nummulites sont fréquents.

2-1-3-La Dorsale externe

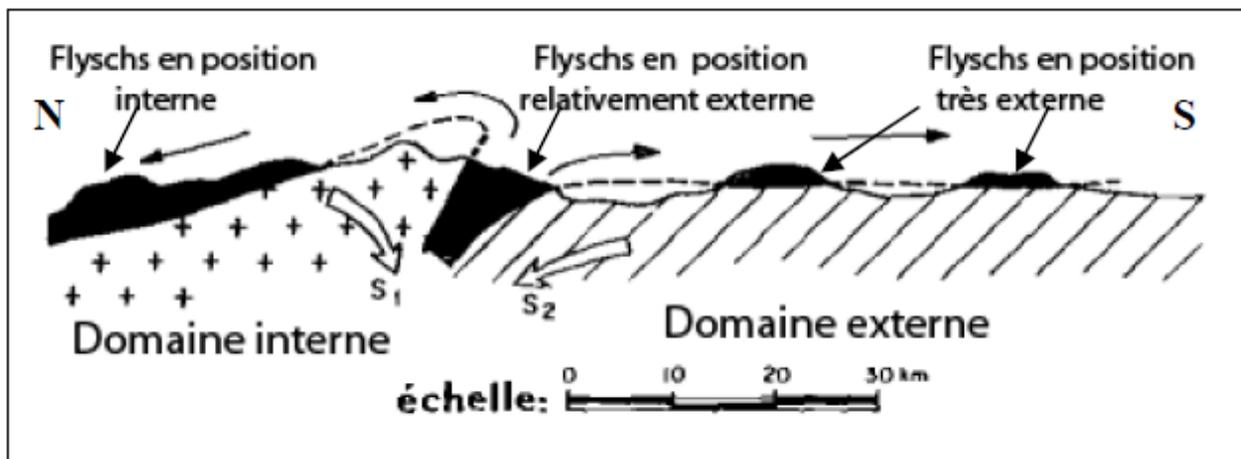
Elle est chevauchée par les formations de la dorsale médiane. Elle se caractérise par une série, du Crétacé à l'Eocène, détritique et lacuneuse avec un faciès intermédiaire entre la dorsale interne et médiane.

En général, les faciès traduisent des conditions de sédimentation de plus en plus profondes lorsque l'on passe des formations de la dorsale interne (dépôts littoraux ou épicontinentaux) à celles de la dorsale médiane (dépôts marneux et plus profonds du Crétacé à l'Eocène) puis aux formations de la dorsale externe (qui montrent souvent des radiolarites). Du côté sud, un contact anormal sépare la Dorsale kabyle du domaine des flysch. Les formations du domaine interne chevauchent le domaine des flysch et le domaine externe tellien.

2-2-Domaine des Flyschs

La complexité structurale de la zone des flyschs ainsi que la pauvreté de celle-ci en fossiles, ils ont été pendant longtemps mal connus. J .F. Raoult (1969).

Le domaine des flyschs : est constitué par des nappes de flyschs crétacés-paléogènes qui affleurent dans les zones littorales sur 800 km de long, entre Mostaganem et Bizerte (Tunisie). Il s'agit essentiellement de dépôts de mer profonde mis en place par des courants de turbidités. On distingue du Nord au Sud deux grands groupes de flyschs, les flyschs maurétaniens et les flyschs massyliens auxquels s'ajoutent un troisième groupe de flyschs plus récent, les flyschs numidiens d'âge Oligocène supérieur – Burdigalien inférieur.



2.2.1. Les flyschs maurétaniens :

Sont relativement épais et occupent une position interne dans le domaine des flyschs. Ils sont composés d'alternances de bancs argileux, calcaires et gréseux. La série débute par des radiolarites rouges du Dogger-Malm et se termine par des niveaux conglomératiques du Paléocène.

2.2.2. Les flyschs massyliens :

Occupent une position externe dans le domaine des flyschs et comportent une série péliito-quartzitique d'âge Crétacé inférieur surmontée par une série péliito-micro-bréchiq ue d'âge Crétacé supérieur.

2.2.3. Les flyschs numidiens :

Ils constituent une nappe indépendante d'âge Oligocène supérieur à Miocène inférieur et recouvrent indifféremment toutes les unités de cet édifice, constitués de niveaux gréseux d'âge Oligocène terminal–Aquitani en épais de plusieurs centaines de mètres qui reposent sur des argilites versicolores oligocènes. Ces flyschs reposent *anormalement à la fois sur les zones internes et sur les zones externes*.

2-3- Les nappes telliennes ou « domaine externe »

Il s'agit des masses allochtones caractérisées par le développement de faciès marno-calcaires Pélagiques au Nord et devenant progressivement pélagiques (néritiques) vers le Sud.

La chaîne plissée et accidentée de *l'Atlas tellien* se caractérise par sa structure complexe et par sa jeunesse : elle a été plissée et charriée au cours du Tertiaire, son volume montagneux mis en place par des mouvements tectoniques au Plio-Quaternaire et son orogène se poursuit jusqu'à ce jour (manifestation de mouvements sismiques).

Les nappes charriées, empilées les unes sur les autres et constituées généralement de terrains meubles, favorisant une érosion intense.

D'importantes variations de faciès ont permis de distinguer trois unités :

a- Les unités ultra-telliennes

Formées par les marno-calcaires clairs (formations typiques du Crétacé inférieur) et une série plus détritique au Sénonien et à l'Eocène. Elles n'affleurent que dans l'Est algérien et en Tunisie. Elles présentent des caractères proches de ceux du flysch massylien.

b- Les unités telliennes sensu-stricto

Formées de Lias de plate-forme surmonté de Jurassique plus marneux, puis par le Crétacé qui, détritique, devient marneux à argilo-calcaire et enfin, l'Eocène aux marnes épaisses.

c- ***Les unités péni-telliennes et unités méridionales à nummulites***

à faciès néritique prépondérant, carbonatés et marneux d'âge Crétacé supérieur à Eocène. Ces séries définies dans l'Est algérien, présentent des caractères proches de ceux du néritique constantinois.

Dans le domaine externe existe des unités encore plus externes et d'allochtonie notable, mais moindre, structurées au Miocène moyen qu'on appelle séries de *l'avant-pays allochtone* ou tellien et se placent entre les nappes telliens au Nord et l'autochtone ou para-autochtone atlasique au Sud.

2.4. L'avant- pays allochtone :

D'Ouest en Est, l'avant- pays allochtone présente plusieurs types de séries différenciées, du Trias supérieur au Crétacé ou à l'Eocène, en trois familles :

2.4.1- L'organisation Sétifienne :

Les unités sud sétifienne sont caractérisées par des séries mésozoïques de plateforme qui admettent des intercalations pélagiques. Ces unités apparaissent en fenêtre sous les nappes telliennes au Nord (Guergour et Anini) ou en demi-fenêtre à l'Ouest, au contact avec le massif des Bibans ; à l'Est, s'intercalent l'unité néritique constantinoise et les écailles préatlasiques de Sellaoua.

2.4.2- L'organisation constantinoise :

Les séries de l'avant- pays allochtone Constantinois présentent une différenciation remarquable : les séries néritiques Constantinoises au Nord et les séries de type Sellaoua au sud.

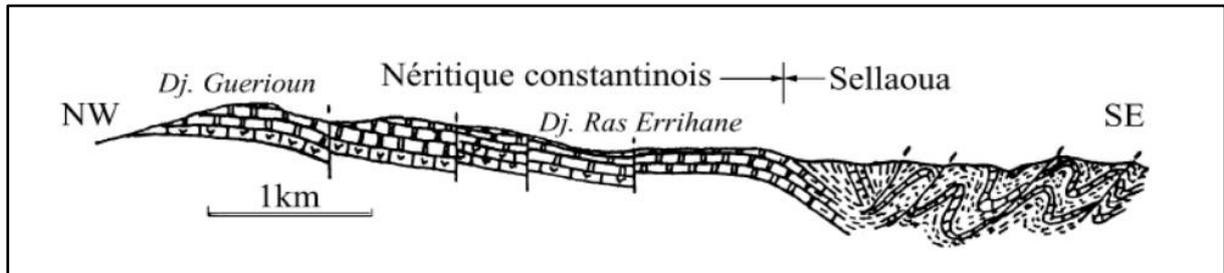
a- Les séries néritiques Constantinoises

Constituent l'essentiel des reliefs calcaires des monts de Tadjenanet, d'Oued Athménia, de Constantine, d'Ain M'lila, d'Hammam Meskoutine et de Guelma, sur 160 Km d'Ouest en Est et sur 80 Km du Nord au Sud.

C'est un ensemble de formations carbonatées du Mésozoïque, chevauchant les écailles de Sellaoua et les unités Sud-sétifienne (J.M. Vila, 1980). Seules des cassures et des plissements à grand rayon de courbure ont caractérisés les déformations de ces reliefs calcaires lors des phases tectoniques alpines.

b- Les séries de type Sellaoua

Elles forment un ensemble de formation sédimentaire allant du Valanginien à la fin du Maestrichtien, les faciès sont uniformément constitués de marnes et de marno-calcaire micritiques en groupements variés.



Coupe géologique schématique expliquant les relations structurales et sédimentaires entre le Néritique et les Sellaoua (Chadi et al. 1999)

2.5. L'avant pays Autochtones et Parautochtones :

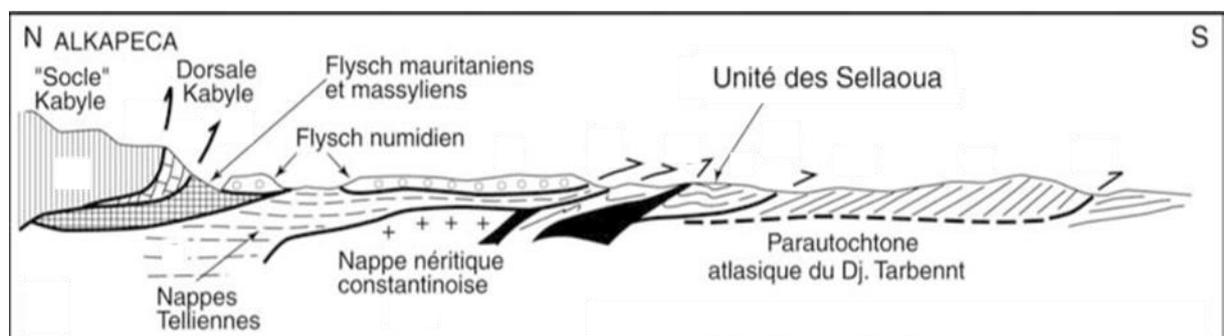
L'avant pays autochtone comprend au-delà de la flexure Nord saharienne, du Sud vers le Nord : le massif de l'Aurès et les monts de Batna-Bellezma.

a. Le massif de l'Aurès :

Il se caractérise par de vastes plis plus ou moins réguliers orientés NE-SW, esquissés lors d'une phase tectonique post-lutétienne ayant abouti à l'émergence de ce massif.

b. Les monts de Batna-Bellezma :

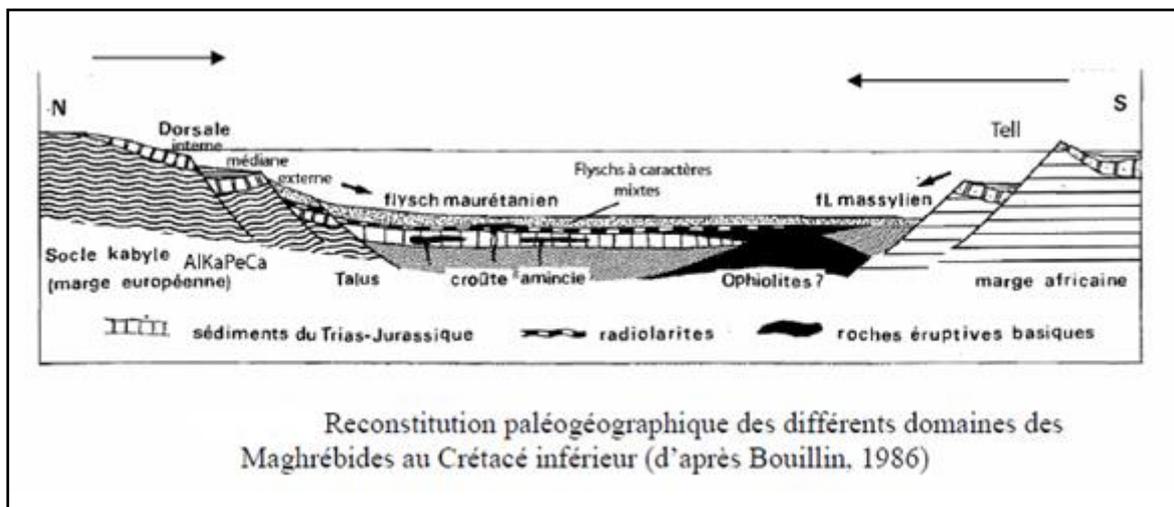
Ce sont de vastes plis anticlinaux dont les flancs Sud sont très redressés, tandis que les flancs Nord présentent des pentages plus faibles.



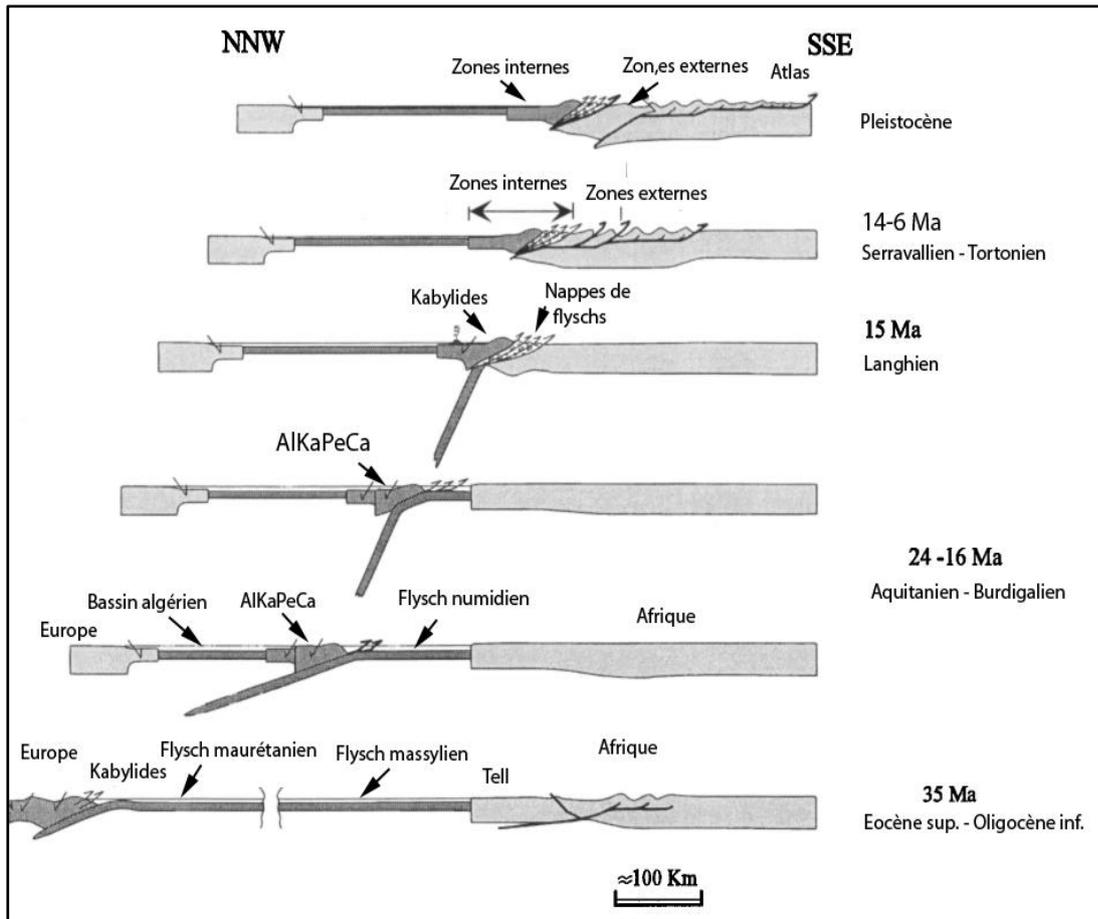
On n'admet que le domaine interne de la chaîne des Maghrébides

Faisait autrefois partie d'un microcontinent appelé AlKaPeCa (La Kabylie faisait partie du même bloc que la Sardaigne et la Sicile : l'AlKaPeCa

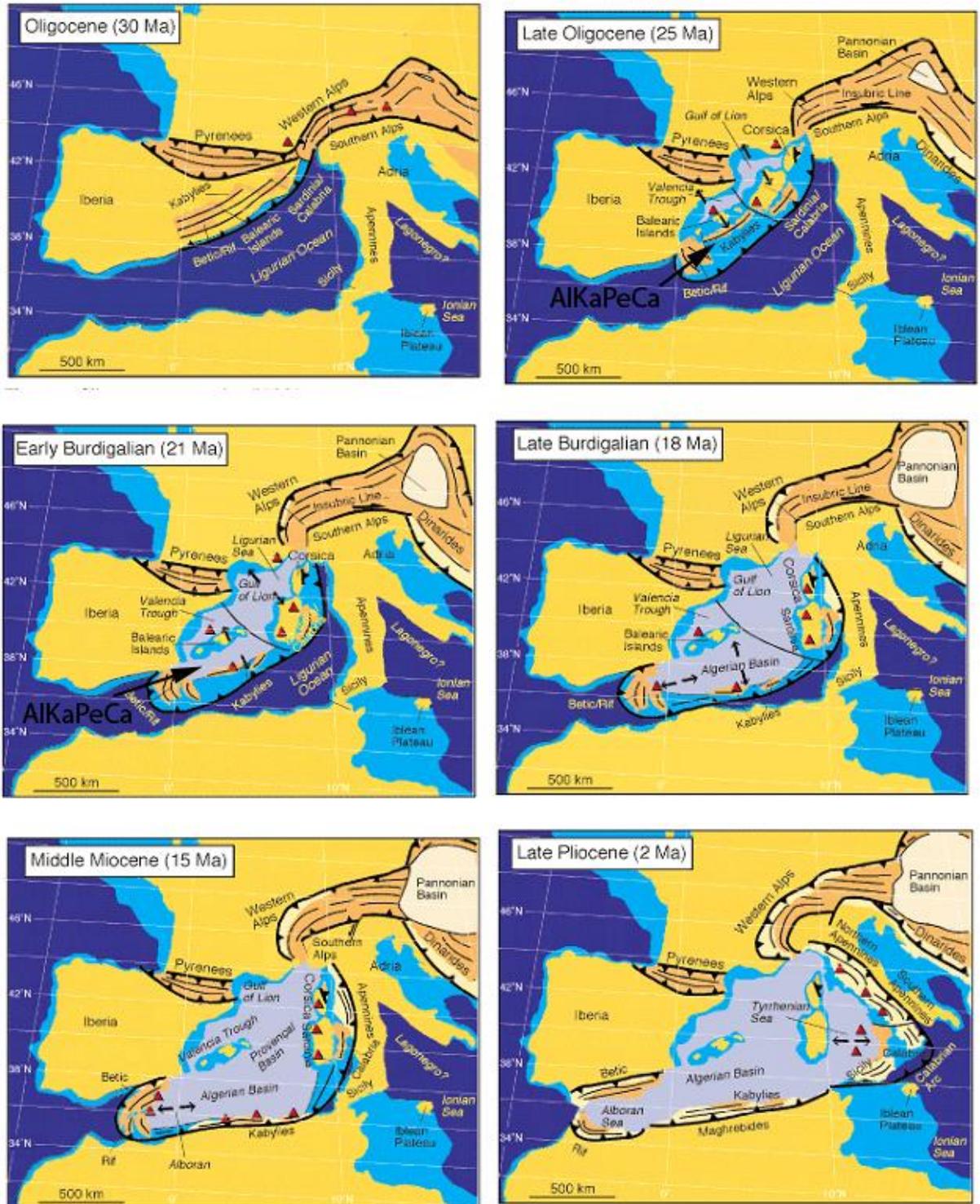
Il y a 10 millions d'années, l'île de Kabylie se trouvait à 250 Km des côtes algériennes pour Alboran, Kabylies, Paloritain et Calabre qui sont les différents massifs internes de l'orogène péri-méditerranéen) qui était situé beaucoup plus au Nord et appartenait à la marge européenne. La dorsale kabyle constituait la marge méridionale et le talus continental de ce bloc. Les flyschs se sont déposés dans le bassin océanique profond qui séparait la marge européenne (ou le bloc AlKaPeCa) et la marge africaine. Les flyschs maurétaniens se sont déposés au pied de la dorsale kabyle et sont alimentés par les zones internes. Les flyschs massyliens se sont déposés au pied de la marge africaine et sont alimentés par les zones externes. Certains flyschs, tels ceux de Ziane ou de Tamalous présentent des caractères mixtes où s'intriquent verticalement tous les faciès caractéristiques de l'une ou l'autre des deux séries de flyschs, ce qui indique qu'ils se sont probablement déposés dans une zone de milieu de bassin, recevant aussi bien du matériel d'origine méridionale que d'origine septentrionale. Les nappes telliennes correspondent à la couverture sédimentaire qui s'est déposée sur la marge nord de la plaque africaine.



Les deux domaines externe et interne se sont affrontés suite au rapprochement des plaques africaine et européenne. Ceci a conduit à la fermeture du bassin des flyschs, et celle du sillon tellien, l'écaillage de la dorsale kabyle et le déplacement des flyschs et des unités telliennes en nappes pelliculaires loin vers le sud.

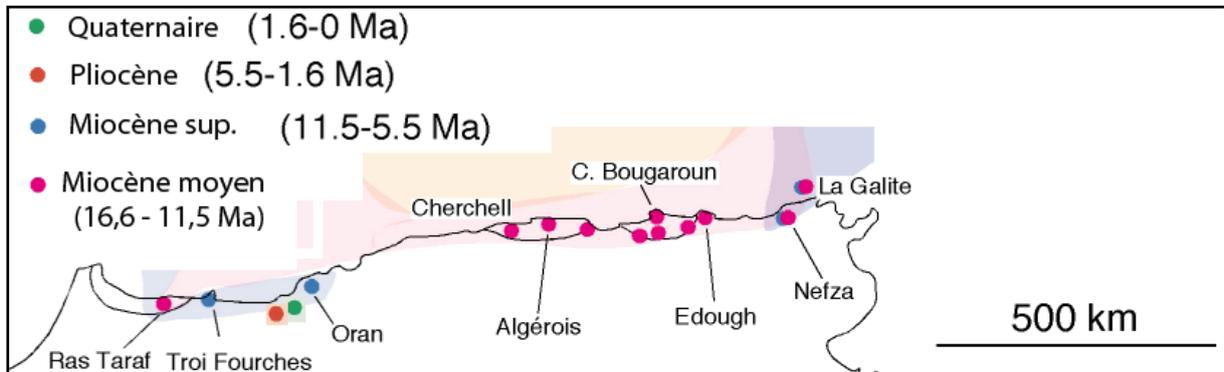


Scénario d'évolution de la Méditerranée Occidentale sur un transect NNO/SSE allant des Baléares à la plate-forme saharienne (Frizon de Lamotte et al., 2000).



Enfin, signalons que des formations sédimentaires du Miocène au Quaternaire recouvrent en discordance les différentes unités précédentes, et sont déposées postérieurement aux grands chevauchements des zones internes, des nappes de flyschs et des nappes telliennes formant de grands bassins « post-nappes » tels que la Mitidja et le bassin du Cheliff, orientés OSO-ENE et les bassins de Constantine et de la Soummam. Au sein des bassins « post-nappes » littoraux, s'est mis en place un magmatisme calco-alcalin et alcalin d'âge miocène et quaternaire. Ces

roches magmatiques sont présentes dans les zones côtières à l'ouest d'Oran, dans l'algérois (régions de Cherchell, Dellys et Thénia), autour de la baie de Bejaia, dans le massif de Collo, et entre Skikda et Annaba.



2 -L'Atlas saharien formant une longue suite de reliefs orientés NE-SO

Au Sud, l'Atlas saharien est né d'un long sillon subsident compris entre les hauts plateaux et la plate-forme saharienne. Au Mésozoïque, ce sillon fut comblé par une puissante série sédimentaire (7000 à 9000m.). Durant le Tertiaire, une tectonique compressive réactive les structures extensives antérieures en failles et structures inverses aboutissant à la formation de cette chaîne montagneuse.

Cette chaîne est limitée au Nord par l'accident Nord atlasique et au sud par l'accident sud atlasique.

Deux grandes phases orogéniques sont responsables de la structure rencontrée dans la région.

Les réponses aux efforts tectoniques sont conditionnées par la présence de :

- séries compétentes : calcaires, dolomies qui ont joué le rôle de formations résistantes. Ce qui a pour conséquence une tectonique cassante marquée par la présence de horsts et zones d'effondrements
- séries incompétentes : ces séries en majorité marneuses qui ont joué de façon souple donnant des plis et des bombements anticlinaux à faible rayon de courbure.

2.1. La plate-forme saharienne

Elle est située au sud de l'Algérie alpine et appartient au craton Nord-africain. Cette plate-forme saharienne est limitée au sud par les bordures du bouclier Targui et Reguibat et au nord

par la région alpine plissée de l'Atlas. La limite entre la zone tectoniquement calme de la plate-forme saharienne et la zone plissée de l'Atlas saharien est marquée par l'accident sud atlasique matérialisé par des flexures et des failles.

La plate-forme saharienne comprend un socle précambrien sur lequel repose en discordance une puissante couverture sédimentaire, structurée au Paléozoïque en plusieurs bassins sédimentaires. Ces derniers sont délimités par différents éléments tectoniques et dans lesquels la lithostratigraphie est plus ou moins complète.

On distingue d'ouest en est :

- Les bassins de Tindouf et de Reggane situés sur les bordures Nord et Nord-Est du bouclier Reguibat. La couverture sédimentaire atteindrait de 8000m à Tindouf et 6500m dans celui de Reggane.
- Le bassin de Béchar limité au Nord par le Haut Atlas, au Sud et l'Ouest par la chaîne d'Ougarta. sa couverture sédimentaire atteindrait 8000m.
- Le bassin de l'Ahnet-Timimoun limité au Nord par le haut fond d'Oued Namous, à l'Ouest par la chaîne d'Ougarta. Au Sud par le bouclier Touareg et à l'Est par la dorsale d'Idjerane-M'zab. La couverture serait en moyenne de 4000m.
- Les bassins Mouydir et de l'Aguemour-Oued Mya sont limités à l'Ouest par la dorsale d'Idjerane-M'zab et à l'Est par la dorsale Amguid-El-Biod. Au Sud, les sédiments paléozoïques affleurent dans le Mouydir. Au Nord, dans la dépression d'Aguemour-Oued Mya, comblée par une puissante série paléozoïque et meso-cénozoïque (5000m à Oued Mya).
- La synclise d'Illizi-Ghadamès est limitée à l'Ouest par la dorsale d'Amguid-El-Biod et l'Est par le môle de Tihemboka et les confins tuniso-libyens. Dans le bassin de Ghadamès, la couverture sédimentaire (supérieur à 6000m).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Alain Foucault, Jean-François Raoult. (2010). Dictionnaire de géologie. Dunod. 416 pages.

Bles J-L Feuga B : la fracturation des roches, manuels et méthodes BRGM n°1, 124 p ,1981

Bouillin J.P. (1986). Le « bassin maghrébin » : une ancienne limite entre l'Europe et l'Afrique à l'ouest des Alpes. Bull. Soc. Géol. France, 8(2) 547-558.

Durand-Delga M. (1969). Mise au point sur la structure du Nord-Est de la Berbérie. Publ. Serv. Géol. Algérie, n°39, 89-131.

Jean Aubouin , Précis de géologie...Tome1, Bordas Editions (1 mars 1993), (ISBN-13 : 978-2040164621)

Louis- Lliboutry. Géophysique et géologie, Éditeur Dunod (1998) ISBN 978-2-225-82922-2

G. Gohau, *Une histoire de la géologie*, Collection « Points – Sciences », No. S66, Éditions du Seuil, Paris, 1990 ([ISBN 2-02-012347-9](#))

P.ch.Levèque .Géologie appliquée au génie civil, au génie nucléaire et à l'environnement : Tome 1 géologie coefficient de sécurité mécanique des terrains de fondation, Editeur technique et documentation (1984) ISBN **978-2-85206-222-1**

Roger, Jean. « **La Documentation en géologie** ». *Bulletin des bibliothèques de France (BBF)*, 1961, n° 1, p. 5-15. Disponible en ligne : <<http://bbf.enssib.fr/consulter/bbf-1961-01-0005-001>>. ISSN 1292-8399.

Villa J.M. (1980). La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens. Thèse Docteur ès Sciences. Paris VI, 3 vol, 663 p.,. 199 fig., 40 pl., 7 pl.

Les sites internet

<http://www.elements-geologie.com/>

<http://www.geologie.uhp-nancy.fr/>

<https://www.brgm.fr/mediatheque/liste-sites-web>

<https://www.les-mineraux.fr/sites-amis/>

<http://www.cite-sciences.fr/fr/ressources/bibliotheque-en-ligne/ailleurs-sur-le-web/sites-internet/sciences-de-la-terre/>

TABLE DES MATIERES

CHAPITRE 1:LES MATERIAUX DE L'ECORCE TERRESTRE	3
1.1. Les minéraux	3
1.1.1. Notions de cristallographie	3
1. Les systèmes de Cristallisation	4
A. Les éléments de symétrie	4
B - Les centres et les plans de symétrie	4
1.1.1. Minéralogie	5
A. L'origine des minéraux	5
1.2. Les roches	8
1.2.1. Les roches sédimentaires	8
1-Les différents types de sédimentation	9
2. Etapes de formation d'une roche sédimentaire.	9
a- L'érosion.....	9
b- Le transport :	9
c- Le dépôt :	9
d- La diagenèse:.....	10
3. Les roches sédimentaires détritiques (ou clastiques)	10
4. Les roches sédimentaires d'origine chimique et biochimique	11
A. Les roches carbonatées	11
B. Les roches siliceuses	12
C. Les roches salines ou évaporites	12
D. Les roches carbonées	12
1.2.2. Les roches ignées (ou éruptives)	12
1. Les paramètres de classification	13
A- La granulométrie (ou texture) de la roche.....	13
□ les roches à texture grenue	13
□ les roches à texture microgrenue	13
□ les roches à texture vitreuse	13
B -Composition minéralogique	14
C- Composition chimique des roches magmatiques	15
2. Origines des magmas	15

3. Classification des roches magmatiques	15
1.2.3. Les roches métamorphiques	16
1. Les types de métamorphismes	17
1.1. Le métamorphisme de contact.....	17
1.2. Le métamorphisme régional.....	18
1.3. Le métamorphisme de choc.....	18
2. Classification des roches métamorphiques	18
A. Les roches orientées	19
- La schistosité	19
- La foliation	19
B. Les roches non orientées	19
1.2.4. Le cycle des roches	20
CHAPITRE 2 : GEODYNAMIQUE EXTERNE	22
1. Agents de la géodynamique externe	22
1.1 L'eau	22
1.1.1 Les étapes du cycle de l'eau :	23
A. Evaporation et transpiration des végétaux :	23
B. La condensation et les précipitations	23
C. Le ruissellement et l'infiltration	23
1.2. Réseaux hydrographiques	24
1.3. Ruissellement et érosion du sol.....	25
1.3.1. Les facteurs naturels agissant sur le ruissellement.....	25
A- Facteurs climatiques	25
B- Facteurs pédologiques	25
C- Facteurs topographiques	25
D- Couvert végétal.....	26
1.3.2. Les dégâts causés par l'érosion des sols	26
1.4. L'ACTION DU VENT (EROSION EOLIENNE)	26
CHAPITRE 3 : GEOLOGIE HISTORIQUE	27
1-Les principes de la stratigraphie.....	27
A- Le principe de continuité	27
B-Le principe de superposition.....	27
D-Le principe d'horizontalité	28

E-Le principe de recouplement	28
F-Le principe d'inclusion	29
I- Le principe d'identité paléontologique	29
Principe d'identité paléontologique	29
G-Le principe d'uniformitarisme ou actualisme	30
2- Discordances et lacunes stratigraphiques	30
A-Concordance	30
B- Discordance.....	30
C- Lacune.....	31
D-Transgression et régression.....	31
3. Le temps en géologie	31
3.1. Datations relatives.....	32
A- Les méthodes stratigraphiques	32
La lithostratigraphie :.....	32
□ La biostratigraphie.....	33
□ La chronostratigraphie.....	33
B-Les unités chronostratigraphiques (Géochronologie)	34
3.2. Datations absolues	34
4-L'échelle stratigraphique.....	35
2 - Les Eres (= Erathèmes).....	36
3 - Les périodes (=Systèmes)	36
4 - Les époques (=Séries)	37
5 - Les étages (=Ages).....	37
CHAPITRE 4 : LES GRANDS TRAITES STRUCTURAUX.....	39
DE L'ALGERIE.....	39
I- Les grands ensembles géologiques de l'Algérie.....	39
1.1.Aspects structuraux	40
2- Coupe Nord-Sud de l'Algérie	41
2-1-Le socle kabyle et les séries de la chaîne calcaire.....	42
2-1-1-La Dorsale interne	43
2-1-2-La Dorsale médiane.....	43
2-1-3-La Dorsale externe	44
2-2-Domaine des Flyschs.....	44

2.2.1. Les flyschs maurétaniens	45
2.2.2. Les flyschs massyliens :	45
2.2.3. Les flyschs numidiens :	45
2-3- Les nappes telliennes ou « domaine externe »	45
a- Les unités ultra-telliennes	45
b- Les unités telliennes sensu-stricto.....	45
c- Les unités péni-telliennes et unités méridionales à nummulites	46
2.4. L'avant- pays allochtone :	46
2.4.1- L'organisation Sétifienne :	46
2.4.2- L'organisation constantinoise :	46
a-Les séries néritiques Constantinoises	46
b-Les séries de type Sellaoua.....	47
2.5. L'avant pays Autochtones et Parautochtones :	47
2 -L'Atlas saharien formant une longue suite de reliefs orientés NE-SO	51
2.1. La plate-forme saharienne.....	51
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	54