



Université Sultan Moulay Slimane
Faculté des Sciences et Techniques
Département des Sciences de la Terre
Laboratoire Géoressources et Environnement



Cours de Géologie

1ère Partie

Parcours BCG - Semestre 3-

Mr A. Barakat

Responsable de la licence LST “Géoressources”

Plan du cours

I. Notions de Sédimentologie

1. Origine des sédiments et Milieux de dépôts : rappels
2. Altération : rappels
3. Milieux de dépôts : rappels
4. Diagenèse
5. Produits de la diagenèse

II. Notions de stratigraphie

1. Géochronologie relative
2. Changements sédimentaires

III. Éléments de tectonique

1. Définitions
2. Niveaux structuraux
3. Éléments de tectonique

Références

Éléments de Géologie : Ch. Pomerol et M. Renard, édition Armand Colin

Géologie, Objets et méthodes : J. Dercourt et J; paquet , édition Dunod

<http://geologie.free.fr/cours.html>

<http://www.u-picardie.fr/beauchamp/cours-sed/sed-3.htm>

http://www-geol.unine.ch/cours/cours_burkhard.html

http://www.geologie.uhp-nancy.fr/pdf/structures_sedimentaires.pdf

<http://homepage.mac.com/ltbo/geol/sedim13.htm>

<http://christian.nicollet.free.fr/page/enseignement/COURSTECTO.html>

http://www.ulaval.ca/planete_terre.html

Chapitre I

Notions de sédimentologie et roches sédimentaires

Parcours BCG –Semestre 3-

DEFINITIONS

La sédimentologie (ou pétrologie sédimentaire) :
est une branche de la géologie qui étudie les processus de formation des roches sédimentaires.

La sédimentologie possède des applications en géologie pétrolière et pour la recherche et l'exploitation de substances utiles (mines de potasse, de bauxite, de halite, de gypse, ...).

1. Origine des sédiments : rappels

Les roches des continents subissent au contact de l'atmosphère et de l'hydrosphère, une altération. Cette altération par désagrégation chimique et/ou mécanique conduit à la formation d'éléments dissociés par les agents d'érosion.

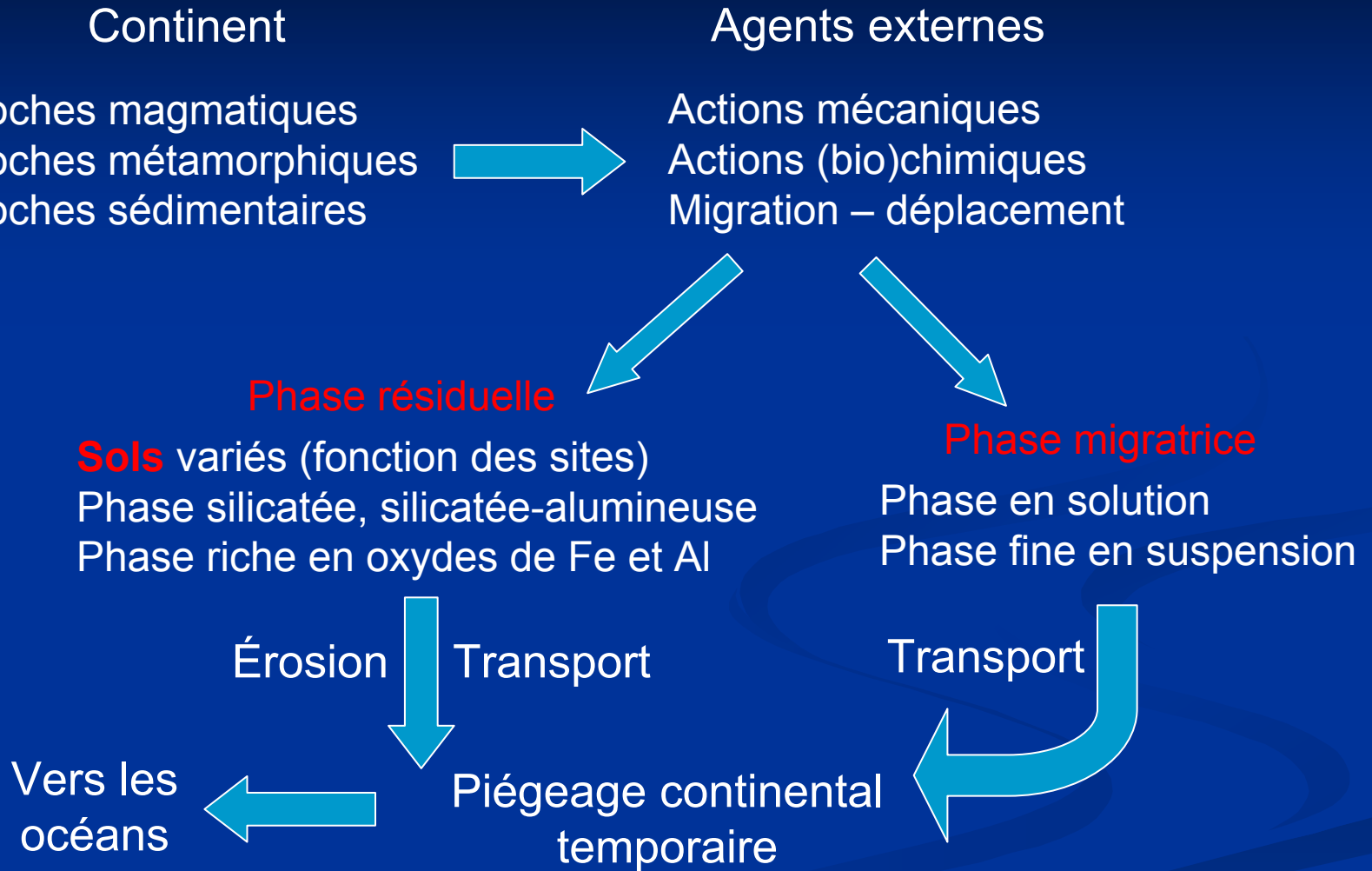
Le transport s'effectue par l'atmosphère ou par l'hydrosphère.

La sédimentation se fait la plupart du temps dans un milieu aqueux.

Le dépôt des particules procède :

1. de la sédimentation de matériaux détritiques ;
2. de la précipitation chimique à partir de solutions ;
3. de l'accumulation biologique d'organismes.

Principe



2. Altération : rappels

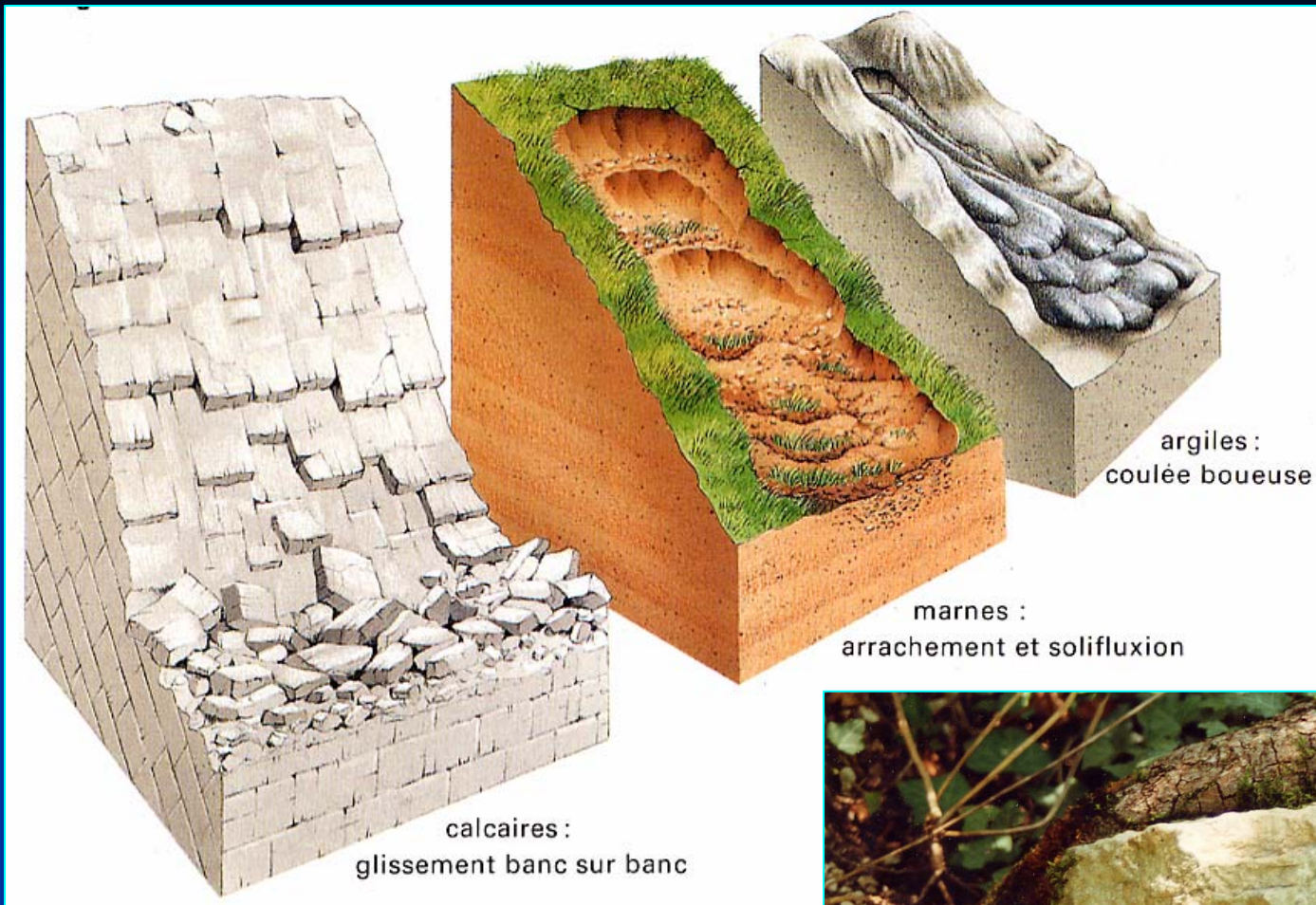
L'altération (désagrégation) mécanique dégrade la roche en petits fragments (débris).

La désagrégation chimique dégrade les roches et minéraux instables en sous-produits stables par l'intermédiaire de réactions chimiques.

Facteurs importants dans la désagrégation mécanique des roches



Exemples de désagrégation mécanique des roches



Bloc de roche dans
un tronc d'arbre



Altération chimique des roches

→ Comportement chimique des roches vis à vis de l'atmosphère et de l'hydrosphère, conditionné par les espèces chimiques présentes :

N_2 => inerte, ne participe guère aux réactions

O_2 => oxydation

CO_2 => \pm inerte comme gaz, mais très corrosif dans l'eau :

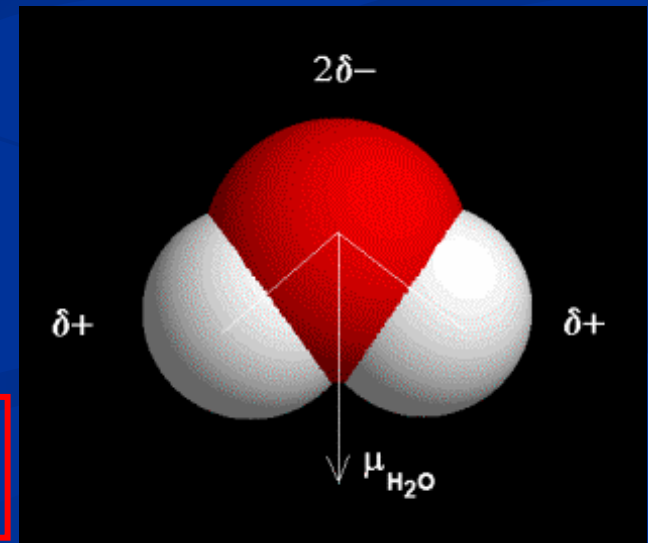
formation d'un acide "faible" : $H_2O + CO_2 \rightarrow HCO_3^- + H^+$

H_2O => détermine tout !

S_2 , H_2 , ... très corrosifs, surtout dissouts dans l'eau

→ Roches (silicatées et carbonatées surtout) sont toutes exposées à ces molécules, l'altération chimique est très largement déterminée par la teneur en H_2O ; les autres composés corrosifs CO_2 , H_2S , H_2SO_4 résultent quasi-tous d'une réaction avec l'eau ...

L'eau se comporte
comme un dipôle

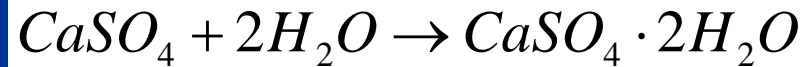


Exemples d'altération chimique des roches

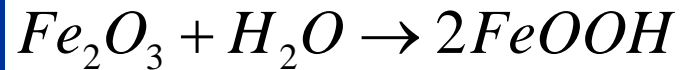
Hydratation :

- c'est le phénomène inverse de la déshydratation

Exemples d'hydratation :



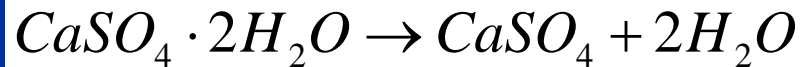
Anhydrite Eau Gypse



Hématite Eau Goethite

} Gonflement

Exemple de déshydratation :



Gypse Anhydrite Eau

Dissolution :

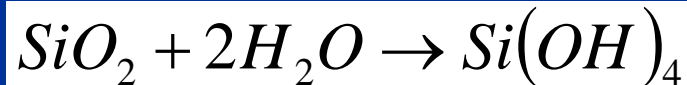
Tout minéral est soluble dans l'eau ou un acide.

Exemples de dissolution :

* Sel gemme et autres évaporites sont fortement solubles :



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



Silice ou quartz

Eau

Silice monomère

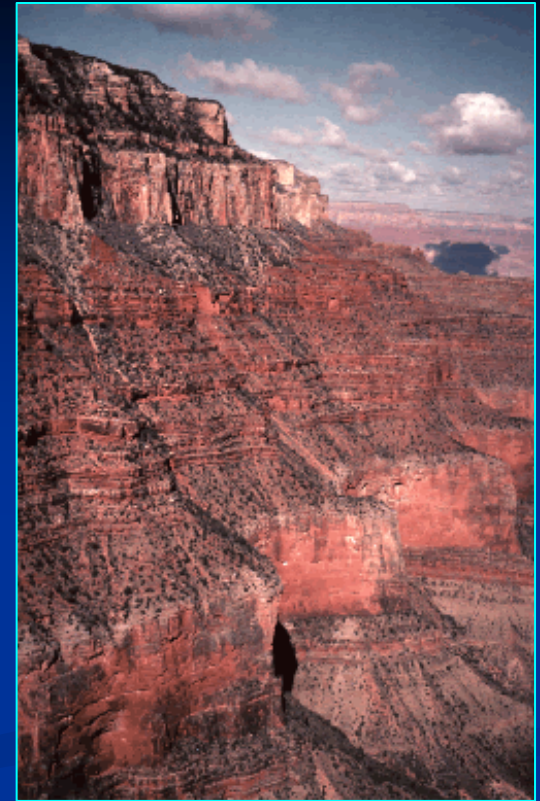
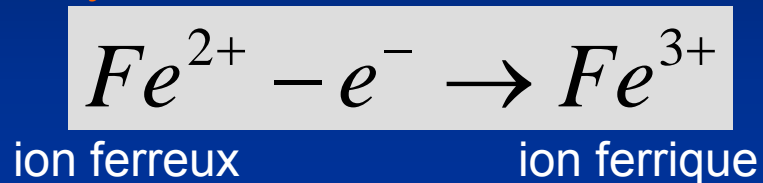
* Carbonates : plus solubles. L'eau de pluie chargée en CO_2 agit comme un acide faible lors de sa mise en contact avec la calcite, selon les réactions suivantes :



Oxydation

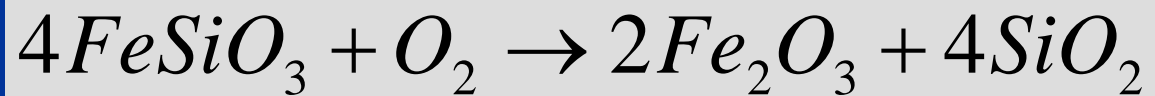
Est importante pour les minéraux contenant du fer.

Oxydation \longrightarrow Perte d'un électron



Fe-silicate + H₂O + oxygène (dissout) \Rightarrow argile + Goethite (FeO(OH))

Exemple



Hyperstène ferrifère
(Pyroxène)

Oxygène

Hématite

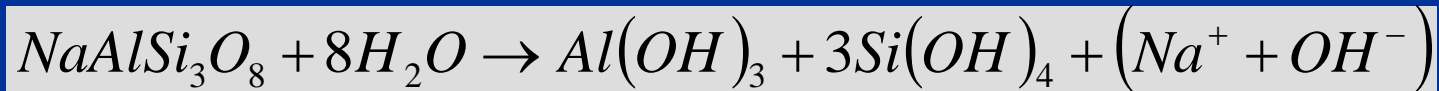
Silice

Hydrolyse :

C'est le processus par lequel un cation d'un minéral est remplacé par le H⁺ d'une solution acide ou de l'eau.



Totale :



Albite
(Plagioclase)

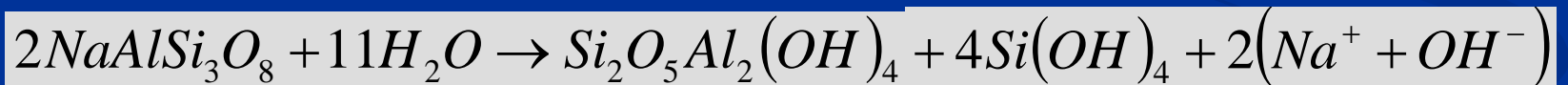
Eau

Gibbsite

Silice

Ions en solution

Incomplète :



Albite

Eau

Kaolinite
(argile)

Silice

Ions en solution

Résumé sur l'altération de différentes roches

(les minéraux résiduels sont stables aux conditions de surface de la Terre)

Roche	Minéraux primaires	Minéraux résiduels	Ions lixiviés
Granite	Feldspaths	Argiles	Na^+, K^+
	Micas	Argiles	K^+
	Quartz	Quartz	---
	Minéraux Fe-Mg	Argiles + Hématite + Goethite	Mg^{2+}
Basalte	Feldspaths	Argiles	$\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}$
	Minéraux Fe-Mg	Argiles	Mg^{+2}
	Magnétite	Hématite, Goethite	---
Calcaire	Calcite	Traces	$\text{Ca}^{2+}, \text{CO}_3^{2-}$

3. Milieux de dépôt : rappels

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

Un milieu de sédimentation est un bassin (dépression) où règne un ensemble de facteurs physiques, chimiques et biologiques suffisamment constants pour former un dépôt caractéristique ; exemples : milieu fluvial, milieu lacustre, milieu deltaïque, milieu marin.

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

La reconnaissance et la répartition des milieux anciens de sédimentation constituent une des bases de la paléogéographie.

Principaux milieux de sédimentation

a- Les milieux continentaux

- **pent**es : éboulis, coulées de solifluxion (=terrains gorgés d'eau)
- **vallées torrentielles**¹ : alluvions
- **milieux glaciaires** : moraines
- **dépôts éoliens** : quand l'énergie du vent diminue, les particules transportées se déposent donnant naissance à des dunes de sables², des loess² et des cendres volcaniques.
- **plaines alluviales**⁴ : (grandes rivières permanentes): granulats (sables, graviers et galets)
- **lacs et marécages** : reçoivent les matériaux apportés par les rivières.
 - * les sédiments détritiques sont des sables, des galets et des vases
 - * les sédiments chimiques sont surtout des dépôts salins tels que le gypse, l'halite, la sylbite, ... Les dépôts calcaires sont rares.
 - * Les sédiments organiques végétaux et animaux donnent naissance à des roches carbonées (charbon, hydrocarbure), des diatomites, ...

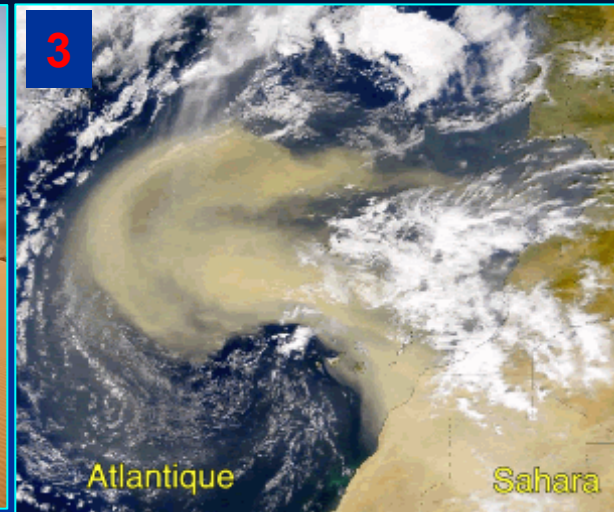
1



2



3



4



b- Les milieux intermédiaires

Ils sont situés aux limites du domaine marin et du domaine continental et présentent des caractères mixtes.

* **estuaires** : influence de la mer prépondérante : dépôt essentiel est la vase formée de sable quartzeux ou calcaire ;

* **deltas** : le fleuve a une action dominante; sédimentation abondante : dépôts formés de séquences de corps sableux surmontés par des argiles.

c- Les milieux marins

c1- milieux littoraux (plage et plate-forme littorale) :

- sédimentation à dominance silico-clastique quand l'apport détritique est fort
- sédimentation à dominance carbonatée là où l'apport détritique est faible et le climat favorable au développement des organismes constructeurs.

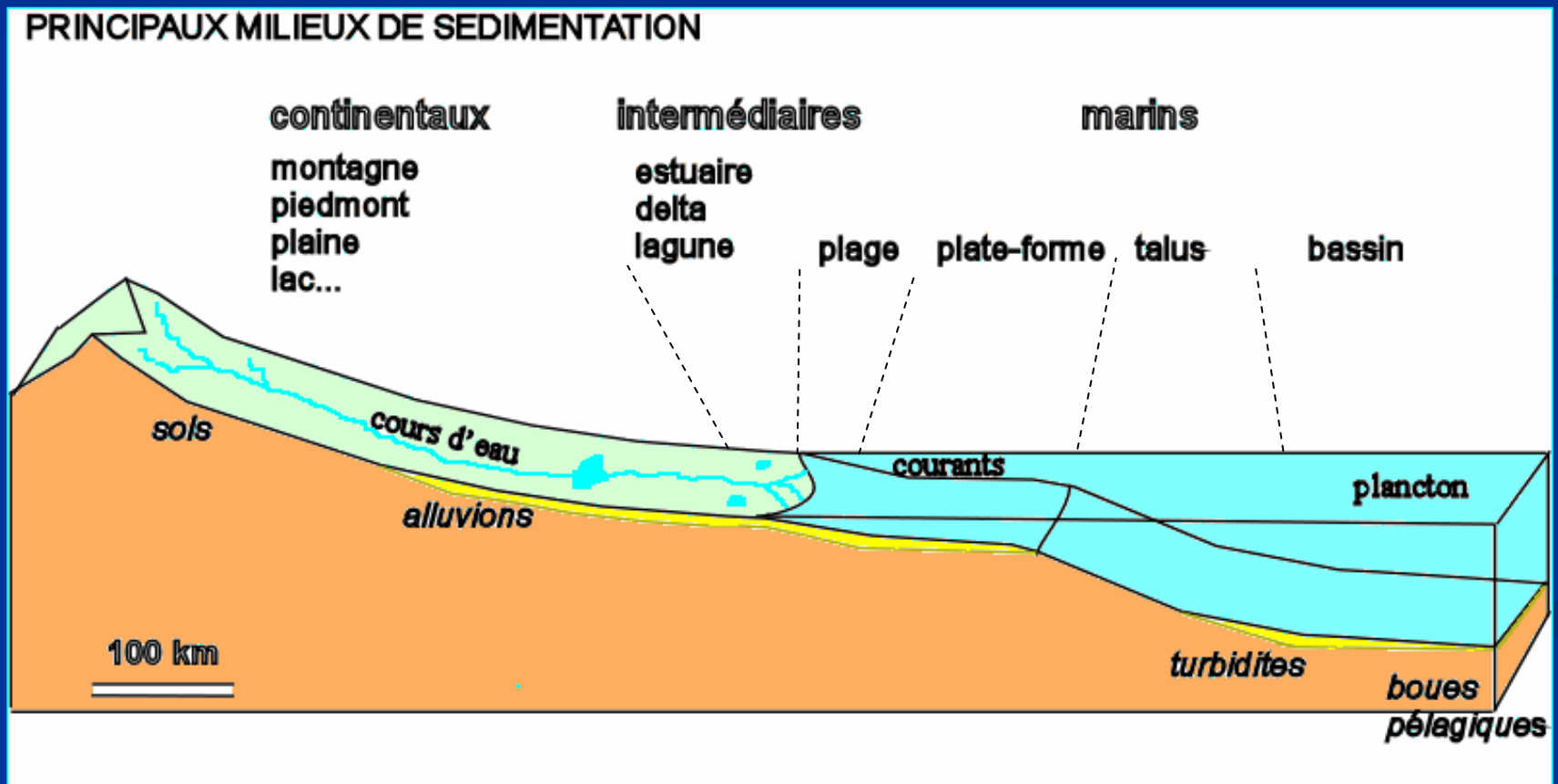
c2- milieux de talus sous-marin :

sédiments détritiques rythmés mis en place en bas du talus par les courants de turbidité

c3- bassin et fosse océaniques :

c3- bassin et fosse océaniques :

détritiques fins venant du talus auxquels s'ajoutent les particules fines tombant de la surface: débris planctoniques, poussières volcaniques...dépôt de boues pélagiques ou héli-pélagiques. Le long des marges actives, un prisme sédimentaire souligne la position de la subduction.



4. Diagenèse

Sédiments généralement meubles et riches en eau.

Diagenèse consiste en leur transformation physico-chimique et biochimique en roches sédimentaires compactes.

Cette transformation se fait, à faible profondeur (conditions P-T peu élevées), en plusieurs étapes, \pm respectées selon la nature du sédiment.

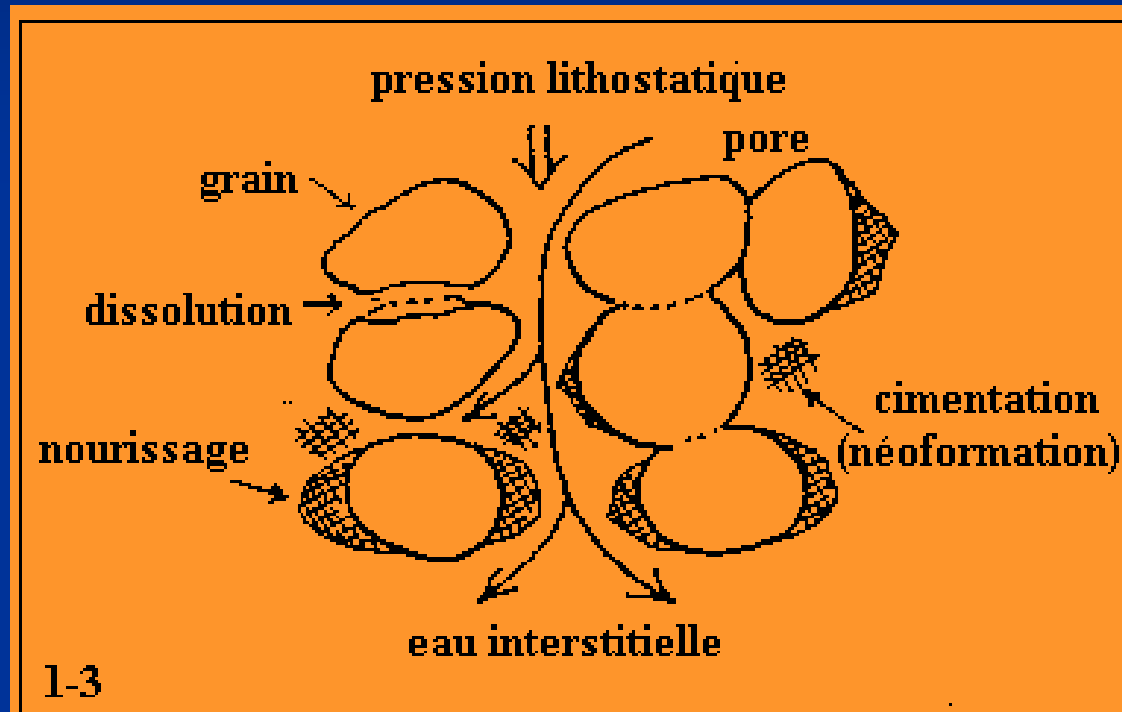
En surface, on assiste à :

- l'**action des êtres vivants** : les animaux fouisseurs favorisent le mélange des sédiments fins, et les bactéries interviennent dans la formation des phosphates, de la pyrite, du pétrole, des charbons ;

- la **pédogenèse** (naissance des sols), qui intervient dans la formation de roches meubles (argile à silex, latérites) et de roches dures (grès) ; par exemple, la silice dissoute sous climat humide peut cimenter les sables en grès lors des saisons plus sèches .

- la **dissolution**, qui concerne les sédiments émergés : les parties superficielles du sédiment sont dissoutes par action de l'eau et entraînées en profondeur ; ...

Dissolution et recristallisation



- la **déshydratation** : lorsqu'un sédiment aquatique est asséché, il y a durcissement et modification de ses propriétés physiques.

En profondeur, on assiste à :

- la **cimentation** : a pour conséquence la disparition progressive de la porosité. Les éléments dissous par l'eau peuvent, en précipitant, cimenter les particules de sédiment entre elles ; on parle aussi de **lithification**.

Le ciment provient souvent de la roche mère mais peut être fourni par des roches voisines.

*** Cimentation par la calcite**

Les eaux interstitielles sont enrichies en CaCO_3 par :

- dissolution des coquilles aragonitiques ;
- activité bactérienne suite aux réactions suivantes :

Les bactéries utilisent des sulfates (CaSO_4) lors de l'oxydation de la matière organique
 $(\text{CaSO}_4 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{SO}_4^{2-})$



- réactions faisant intervenir le CH_4 : $\text{CH}_4 + \text{O}_2 + \text{Ca}^{2+} \rightarrow \text{CaCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$.

La calcite ainsi précipite et cimente le sédiment.

* Cimentation par la silice

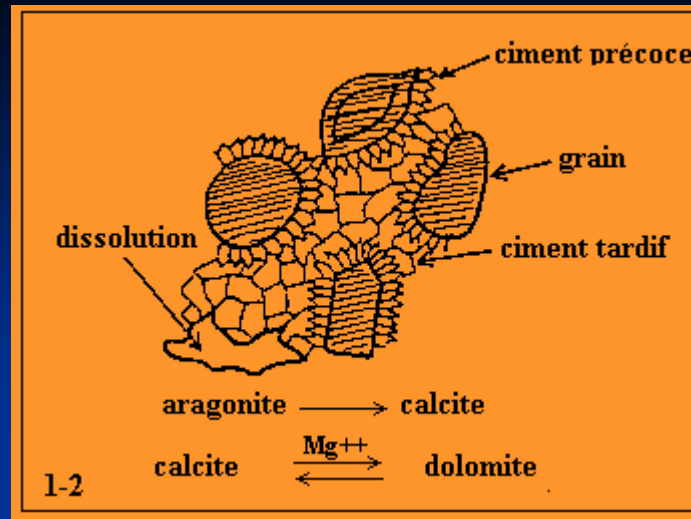
La solubilité du quartz comprise entre 6 et 10 ppm à T° ordinaire et pH neutre. Elle croît avec l'augmentation de la température.

L'eau douce contient ≈ 13 ppm de SiO_2 dissout, donc légèrement sursaturée en quartz ; dans le sédiment, la concentration peut atteindre 80 ppm et permettre la précipitation de quartz entre les grains du sédiment.

Ainsi, le volume de sable cimenté est plus épais dans les anciens lits des fleuves, où la circulation des eaux est importante, que sur les berges.

L'eau de mer sous-saturée en SiO_2 (≈ 4 ppm) ; dans les sédiments, les tests siliceux d'organismes (radiolaires et diatomées) sont dissouts, d'où la rareté des fossiles siliceux marins hors des zones de très grande production planctonique.

Cependant, les minéraux argileux évoluent (smectite transformé en illite) libérant de la silice. L'eau peut devenir sursaturée et la silice précipite.



Cimentation

- la **recristallisation** (=épigénie) et le **remplacement** (=métasomatose) :

* Recristallisation = la transformation d'un minéral préexistant en un autre de même composition ; il s'agit souvent d'un changement dans la structure du minéral : par exemple, l'aragonite des restes calcaires d'organismes, se transforme en calcite ;

* Remplacement = la substitution d'un minéral par un autre sans changement de volume : cas de la calcite parfois remplacé par du sulfate de fer ;

- la **compaction** : sous l'effet de la pression des sédiments sus-jacents, il y a départ d'eau et les grains qui se réarrangent et se tassent (=tassement).

5. Produits de la diagenèse

En se basant sur la nature chimique des différents éléments de la roche, la taille des grains et la cristallinité du ciment, les roches sédimentaires appartiennent à cinq classes principales:

- I. Les roches carbonatées.
- II. Les roches carbonées.
- III. Les roches terrigènes.
- IV. Les roches authigènes, groupe artificiel ou sont réunies les roches magnésiennes, ferrifères, les sels...

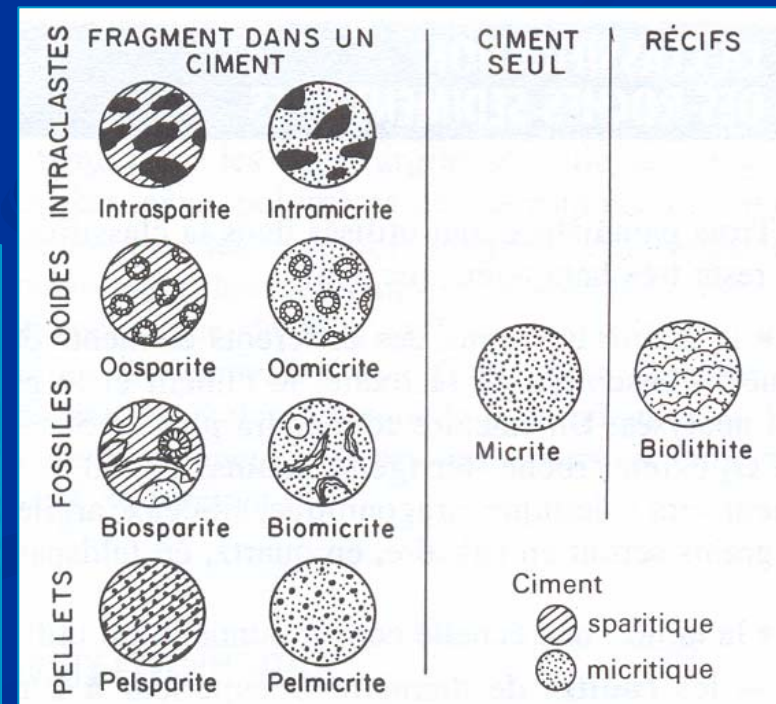
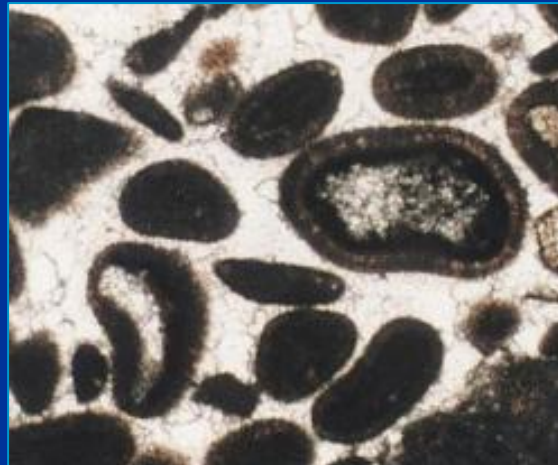
5.1. les roches carbonatées

→ Représentent 20 % des roches sédimentaires.

→ Pour la classification de Folk, deux éléments sont pris en considération :

- a) le ciment: microgranulaire (= micritique)
macrogranulaire (sparitique)
- b) les éléments: débris (= clastes ou intraclastes)
sphérules (= ooïdes)
fossiles (= bio...)
pelotes fécales (= pellets)

→ Des calcaires peuvent être constitués exclusivement de ciment par évolution complète du dépôt originel ou résulter de la recristallisation de colonies récifales.



5.2. les roches carbonées

Charbons : Accumulation de débris végétaux qui sous l'action de micro-organismes anaérobies et de la diagenèse, s'enrichissent en carbone (destruction de cellulose).

Pétroles : Après l'accumulation de débris organiques en milieu aquatique plus ou moins confiné, il y a transformation des lipides et protéines en hydrocarbures.

Bitumes : s'agit d'une forme plus ou moins solide d'hydrocarbure, liée soit à des calcaires soit à des schistes. Ces hydrocarbures peuvent, après traitement, fournir du pétrole exploitable.

Mine de charbon montrant
des troncs en place



5.3. les roches terrigènes

Principales subdivisions tiennent à la **taille des éléments** :

2 mm 0,063-0,05 0	Classe	Roches meubles		Roches consolidées
	Rudites	blocs (anguleux) galets (arrondis) graviers (2 mm à 2 cm)		conglomérats
	Arénites	sables sablon		grès
	Lutites	0,002	silts = aleurites	siltites = pélites
			argiles	argilites shales

5.3. les roches terrigènes

- a) **Lutites** ou **pélites** : les particules sont des minéraux argileux de taille est inférieure à $63\text{ }\mu\text{m}$.
- b) **Siltites** : aux minéraux argileux, sont associés des petits grains de quartz et rarement des feldspaths.

N.B. : - On emploie souvent le terme de « **shales** » pour réunir les lutites et les siltites.

- Se précipitent dans les eaux très tranquilles : Lacs, lagunes et fonds océaniques.

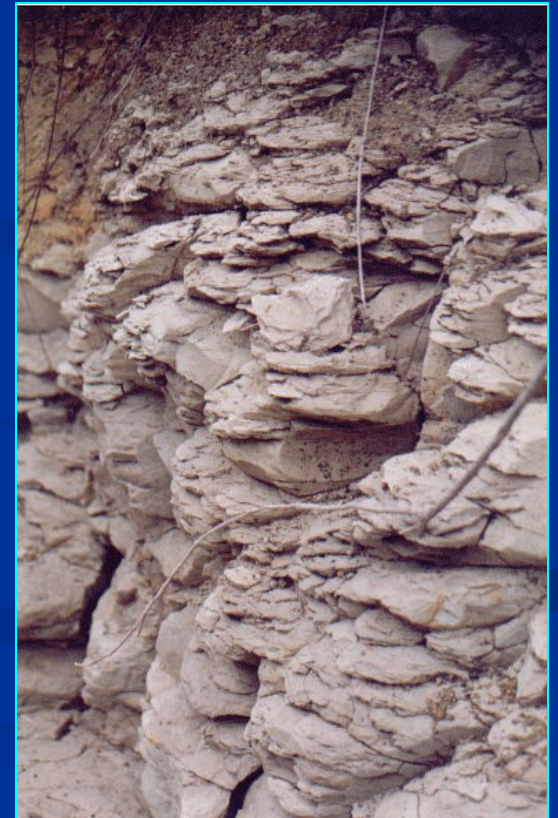
- Leur couleur est variable en fonction du milieu de dépôt

- * Noir = grand contenu organique et faible teneur en oxygène

- * Rouge = environnement oxydant (continental)

- * Vert = environnement réducteur (marins avec faible

O₂)



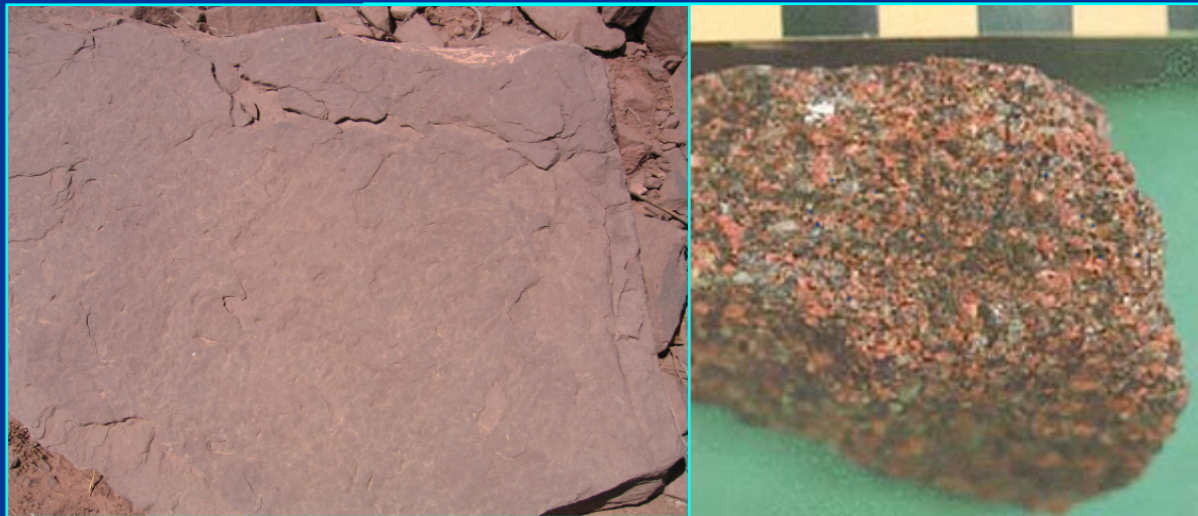
5.3. les roches terrigènes

c) **Arénites** ou **grès** : taille des grains (quartz dominant, feldspath, rares fragments de roches) comprise entre 0,063 et 2 mm.

* Arkoses = grès à plus de 25 % de feldspaths

* Grauwackes = grès ayant une grande abondance d'autres roches (débris de roches métamorphiques ou de laves).

Quand la matière argileuse dépasse 15 % du volume, on le précise dans la nomenclature. Exple. grès feldspathique, argileux, etc....



5.3. les roches terrigènes

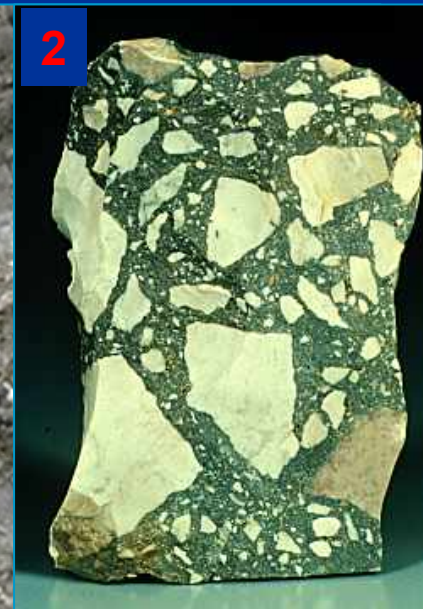
d) Rudites ou **conglomérats** : les blocs sont de taille $> 2\text{mm}$, et noyés dans des ciments de nature variée.

- * Poudingues¹ formés d'éléments arrondis \Rightarrow faible altération et érosion.

- * Brèches² formés d'éléments anguleux \Rightarrow grande altération et érosion.

- Si les blocs sont tous de même nature, on précise oligomictique ou homogène ;

- S'ils sont de nature différente \Rightarrow polymictique ou hétérogène.



5.4. les roches authigènes

Simplement les principaux types sont :

- **Cherts**¹ (= silex, jaspes), proviennent de la cimentation des roches souvent volcaniques ou de la précipitation de restes d'organismes siliceux (éponge, radiolaires, diatomées).
- **Evaporites**, déposées généralement par évaporation d'une eau saline, ayant une importance géologique et économique considérable:
 - le sel gemme ou halite² (NaCl),
 - le gypse³ ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) et l'anhydrite (CaSO_4),
 - le sel de potasse ou sylbite (KCl) et le sel double de magnésium et potassium (MgCl , KCl).



5.4. les roches authigènes

- **Phosphates**, constitués d'un minéral apatite et le plus souvent d'un carbonate: fluorapatite $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{CO}_3)$. Ils proviennent généralement de fragments organiques (os, pelotes fécales, écailles...).
- **Roches ferrifères**, contiennent au moins 10 % d'oxyde de fer d'où leur coloration brune, rouge ou verte. Exemples : les latérites, certaines bauxites, grès ferrugineux, ... Certaines roches de ce type sont exploitées comme minéral.

Milieux, sédiments, et roches

Agent de transport
Milieu de dépôt

Sédiment

Roche

Gravité seule	Eboulis	Brèche
Gravité + eau	Coulée boueuse	Brèche
Torrent	Galets	Poudingue
Rivière	Sables	Grès
	Limons	Pélite
	Tuf calcaire	Travertin
Lac et marais	Sables	Grès
	Limons	Pélite
	Boue carbonatée	Calcaire lacustro-palustre
	Tuf calcaire	Travertin
Glace	Moraines	Tillites
Vent	Sables	Grès
	Poussières	Siltites, Loess

Chapitre II

Notions de Stratigraphie

1. Géochronologie relative
2. Changements sédimentaires

Définition

La **stratigraphie** : une discipline des Sciences de la Terre qui étudie la succession des différentes couches géologiques (=strates) et les évènements qu'elles ont enregistré dont le but de reconstituer l'histoire de l'écorce terrestre (transgression, régression, ...).

En se basant sur la reconnaissance des évènements géologiques, l'histoire de la terre est découpée en fonction des temps ayant une valeur mondiale.

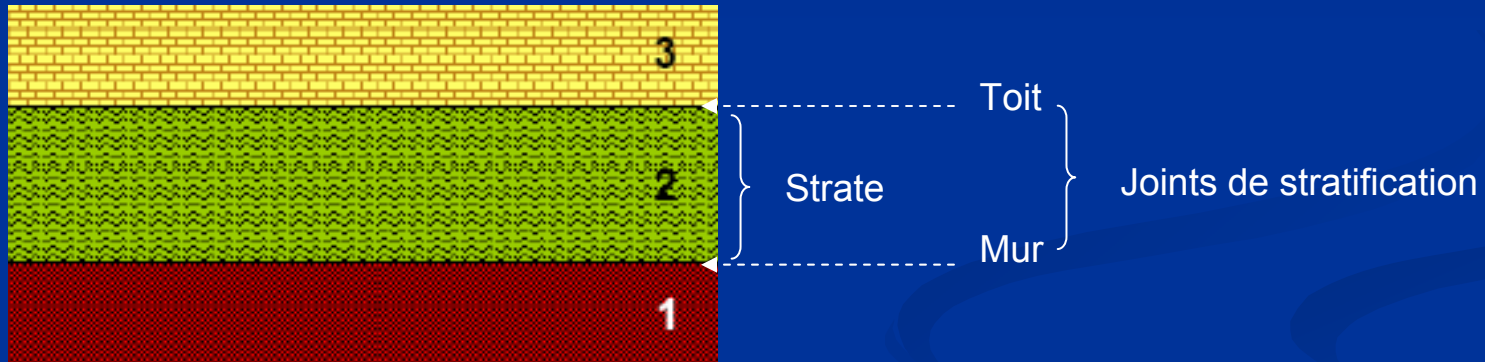
AGE (MA)	DUREES	ERES	PERIODES
	2 MA	Quaternaire	
2	63 MA	CENOZOÏQUE (TERTIAIRE)	Néogène
			Paléogène
65	180 MA	MESOZOÏQUE (SECONDAIRE)	Crétacé
			Jurassique
			Trias
245	275 MA	PALEOZOÏQUE (PRIMAIRE)	Permien
			Carbonifère
			Dévonien
			Silurien
			Ordovicien
			Cambrien
530	3970 MA	Paléozoïque	
4 500			

1. Géochronologie relative

- Deux méthodes utilisées pour l'établissement de l'échelle stratigraphique : **chronologie relative** et **chronologie absolue** (datation).
- **Chronologie relative** se base sur l'analyse lithologique des couches et des fossiles qu'elles contiennent.
- Elle se base sur différents principes dont le nombre variable selon les auteurs.
- Ces principes souffrent de nombreux contre-exemples et doivent être vérifiés par l'observation et l'analyse des relations géométriques entre les formations géologiques étudiées.

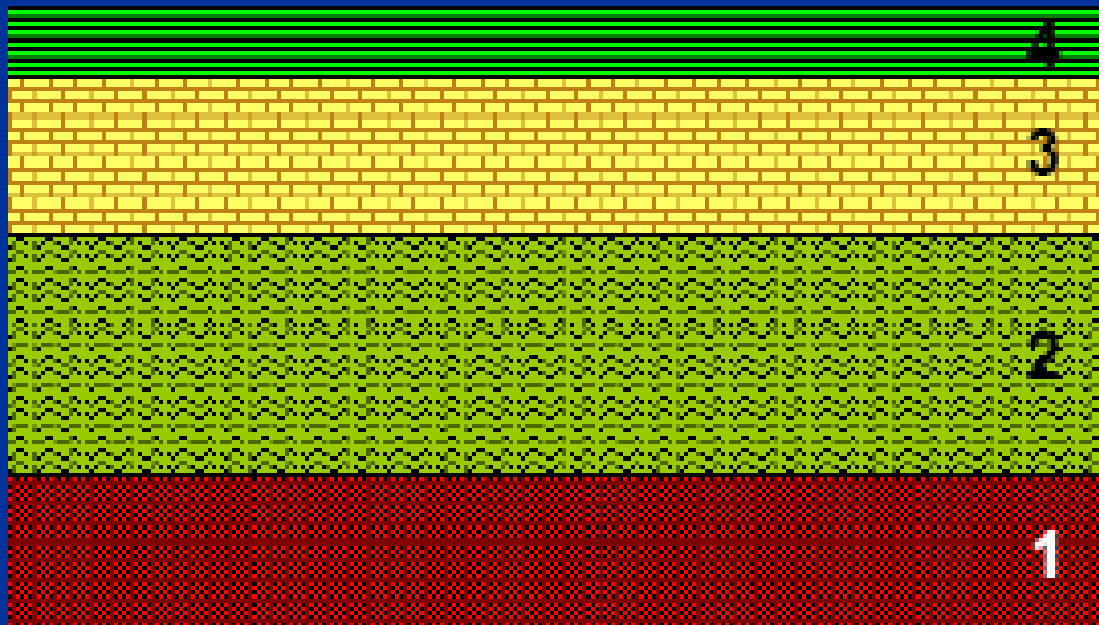
1.1. Principe d'horizontalité

- les couches sédimentaires se déposent horizontalement ; une séquence sédimentaire qui n'est pas en position horizontale a subi des déformations postérieures à son dépôt.



1.2. Principe de superposition

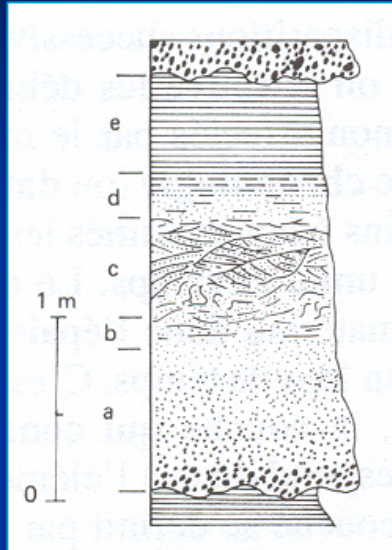
- En l'absence de dérangements structuraux, une couche est plus récente que celle qu'elle recouvre et plus ancienne que celle qui la recouvre.



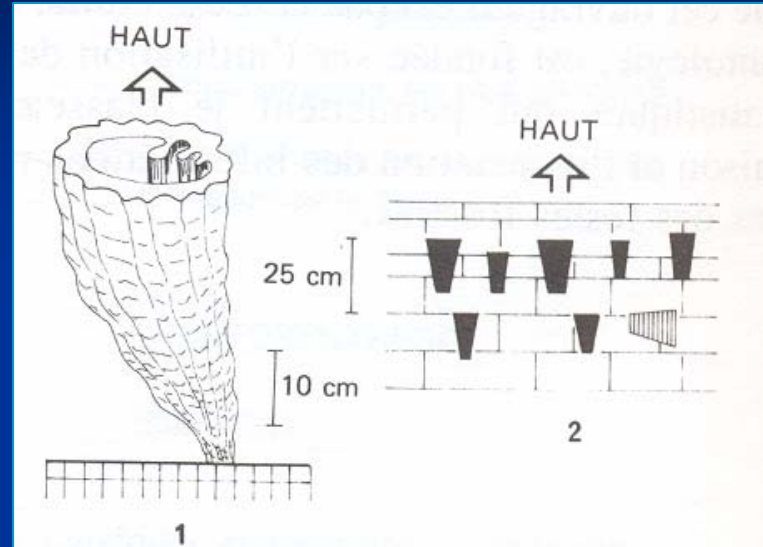
Strates de la plus
ancienne à la plus
récente

- Certaines critères de polarité sont utilisés pour déceler la position normale ou renversée des couches :

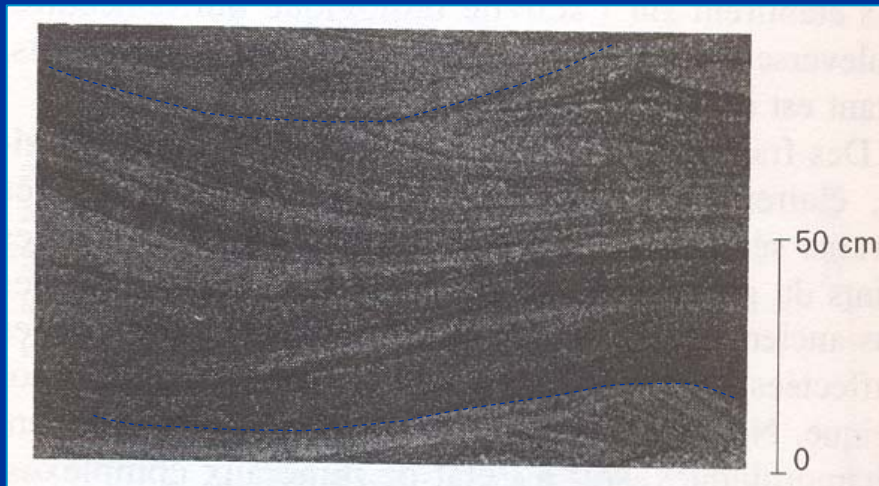
* Granoclassement vertical



* Fossiles (rudiste) en position de vie

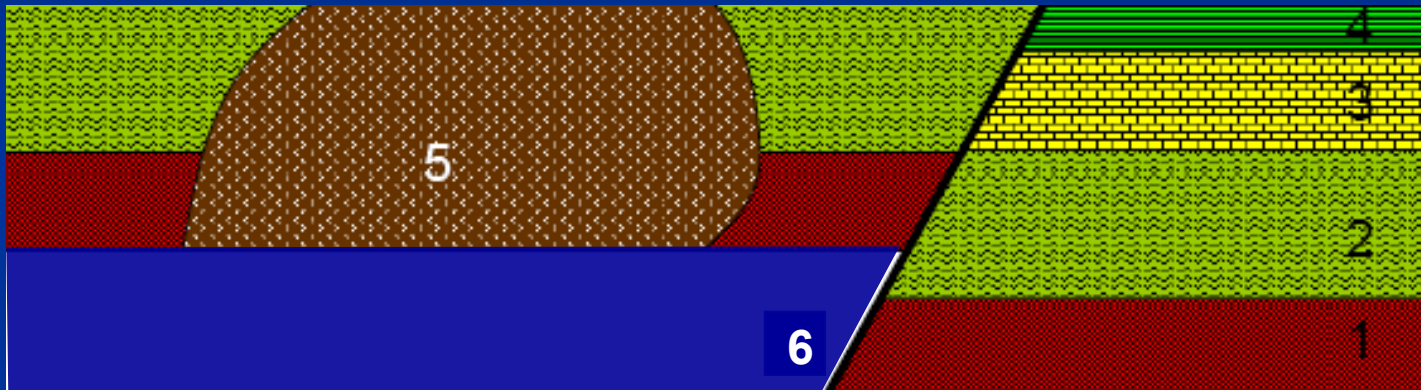


* Stratification entrecroisée (d'un grès)



1.3. Principe de recoupement

- les couches sédimentaires sont plus anciennes que les failles (6) ou les roches (5) qui les recoupent.



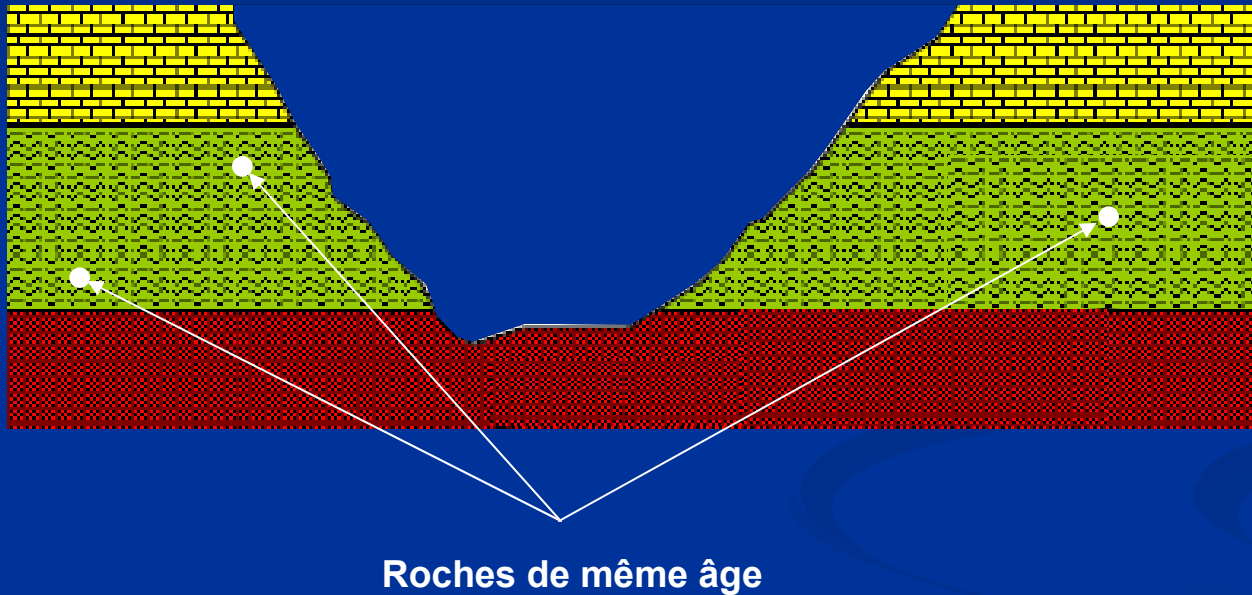
1, 2, 3, 4 : strates

5 : roche recoupant les couches 1 et 2

6 : faille recoupant les couches

1.4. Principe de continuité

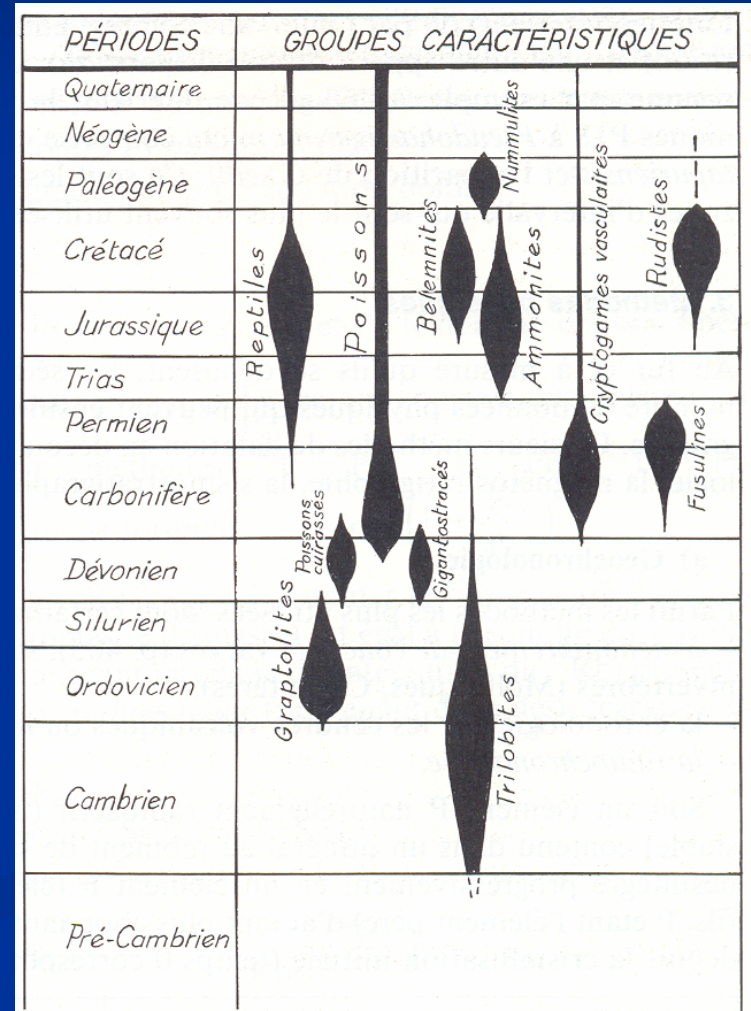
- une même couche sédimentaire est de même âge en tous ses points.



1.5. Principe d'identité paléontologique

- 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.
- Un fossile stratigraphique est caractérisé par :
 - * Une grande répartition géographique (en tout point du monde),
 - * une faible extension verticale (dans le temps) dans les dépôts.

Principaux groupes de fossiles stratigraphiques



1.6. Exceptions aux principes

- Pour chacun de ces principes on peut trouver des exceptions qui dépendent du mode de sédimentation et de l'échelle à laquelle on les observe :
 - * les terrasses fluviales.
 - * les dépôts fluviaux et deltaïques ne se déposent pas horizontalement, mais en sédimentation oblique.
 - * les sédimentations bio-construites ne sont pas obligatoirement horizontales (un récif corallien n'est pas horizontal par exemple).
 - * etc.

2. Changements sédimentaires

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

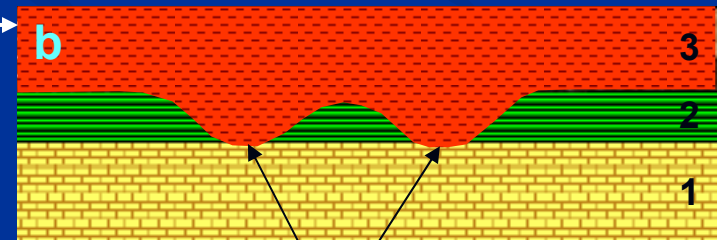
b- **discordance^a** : Lorsqu'il y a interruption de la sédimentation, suivie d'une déformation (failles ou plissement) et d'une érosion, il y a discordance entre les couches anciennes déformées et celles récentes, horizontales.



c- **Lacune** : Lorsqu'il n'y a pas de continuité chronologique entre deux couches.

c1- **Lacune d'érosion^b** : l'érosion a enlevé des couches, puis la

c2- **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.



Lacune de la couche
2

Chapitre III

Éléments de Tectonique

1. Définitions
2. Niveaux structuraux
3. Éléments de tectonique

1. Définitions

- a- **Tectonique** : appelée géologie structurale, est l'étude des déformations de l'écorce terrestre.

Elle décrit les différentes structures géologiques (failles, plis, schistosité, ...) afin de définir les différentes phases tectoniques et d'établir une chronologie entre elles.

- b- **Contrainte** : (Stress, σ) : la mobilité de l'écorce terrestre provoque des déformations intenses. Donc, chaque petite surface de l'écorce est constamment soumise à des forces.

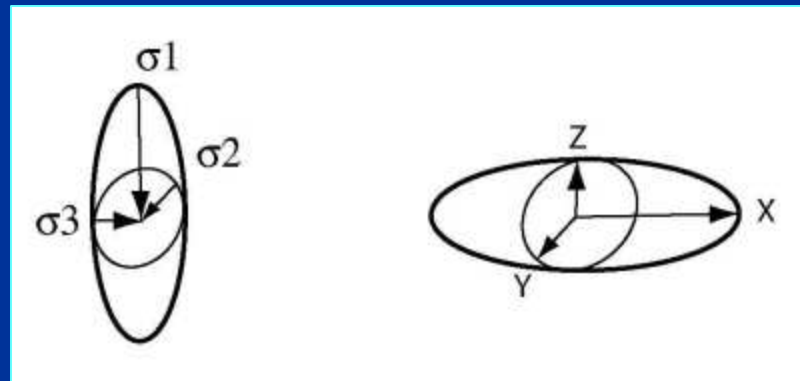
On appelle contrainte (σ), le rapport entre la force (F) et la surface (S):

$$\sigma = (dF/dS)$$

c- **Déformation** : (Strain, ϵ) : est le changement de forme ou le déplacement d'un solide sous l'influence de contrainte.

Exemples :

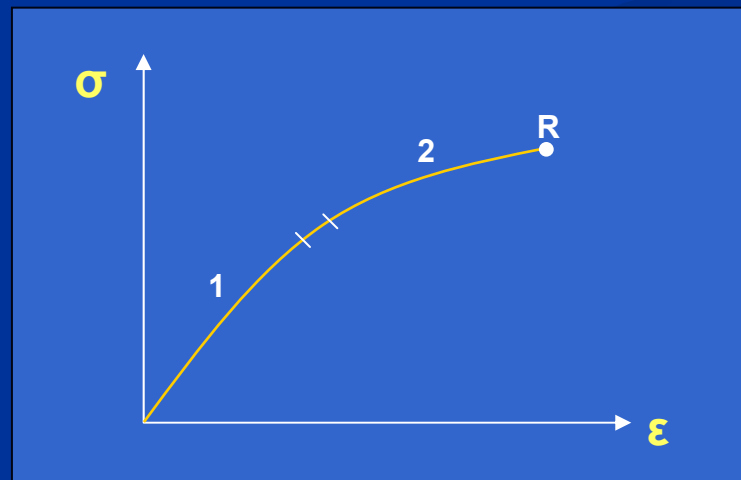
- un volume élémentaire de roches situé à une profondeur donné n'est soumis qu'à la contrainte de surcharge des roches sus-jacentes, appelée **contrainte lithostatique**.
- Lorsque les roches sont sollicitées par des mouvements tectoniques, s'ajoute à la contrainte lithostatique une contrainte tectonique dite **triaxiale**.



ellipsoïde des contraintes et ellipsoïde de déformation

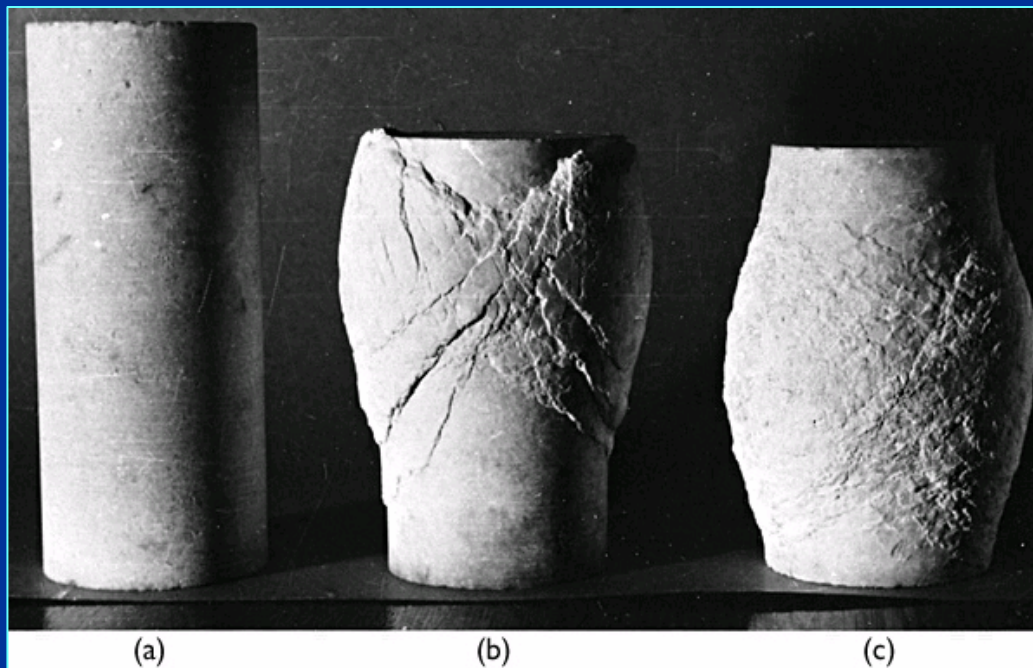
d- **Relation contrainte-déformation** : Un corps solide soumis à un essai triaxial montre les résultats suivants :

- **segment 1** de la courbe dont la déformation est peu importante, correspond au domaine d'élasticité ;
- **segment 2** à pente relativement faible, correspond au domaine de plasticité c.à.d la déformation est irréversible (permanente) (=déformation ductile).
- La courbe se termine par le **point de rupture** (=déformation cassante). Plus la valeur de la déformation est grande avant le point R, plus la roche est dite compétente.



En général, la déformation des roches est en fonction de la pression (contrainte) et de la température :

- Quand les conditions P-T sont faibles, les roches vont se déformer d'une façon cassante.
- Plus les conditions P-T augmentent, plus les roches vont se déformer d'une façon ductile.



*a) Echantillon
initiale*

*b) déformation à
faible pression*

*c) déformation
sous haute
pression*

2. Niveaux structuraux

L'ensemble des déformations, cassantes ou ductiles, sont étroitement liées à la nature de matériaux affectés et aux conditions P-T du milieu.

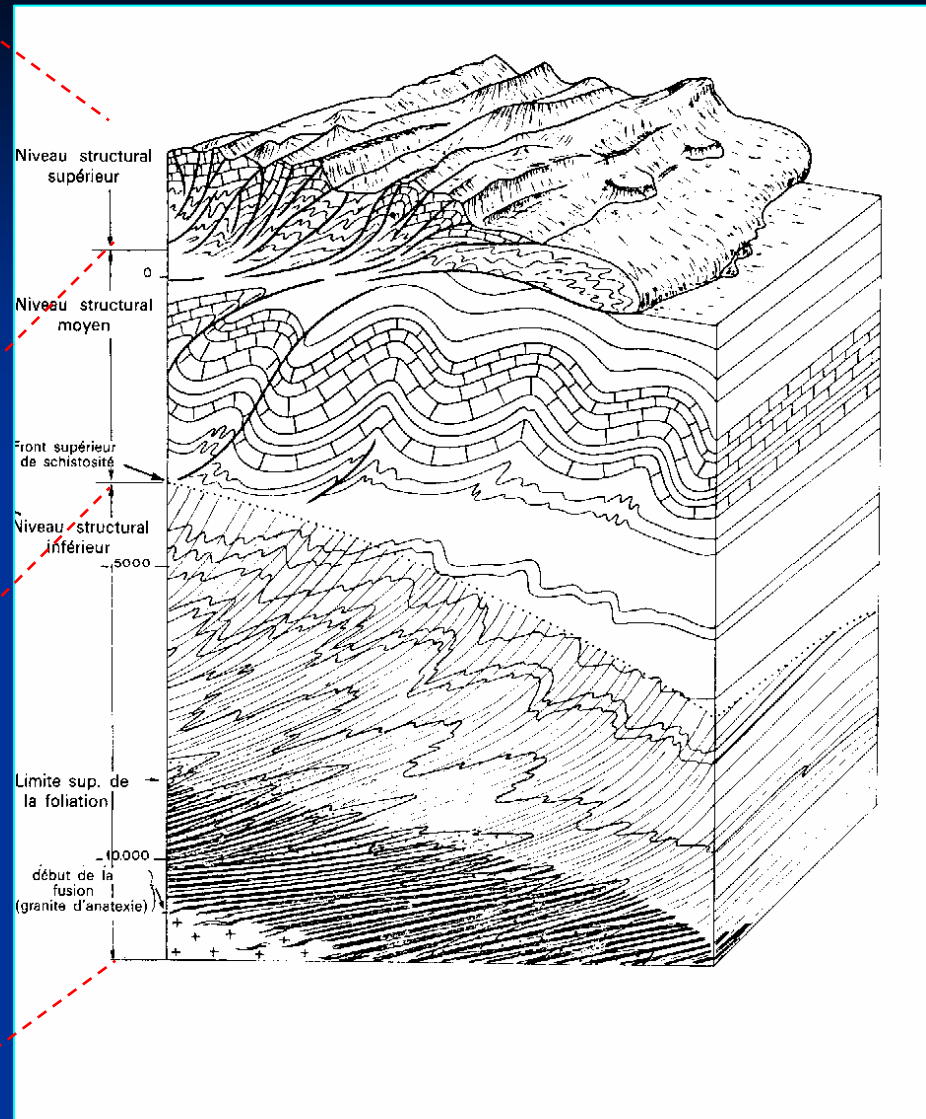
Ces conditions P-T augmentent avec la profondeur, d'où l'individualisation de différentes parties de l'écorce terrestre appelées niveaux structuraux, dont chacune est caractérisée par un type de déformation.

On peut néanmoins en distinguer trois :

1. niveau structural supérieur, pelliculaire, domaine des glissements superficiels localisés ou régionaux. Si les massifs sont rigides, les contraintes engendrent des ruptures ou failles ;

2. niveau structural moyen, caractérisé par des plis parallèles ainsi que par des fractures ;

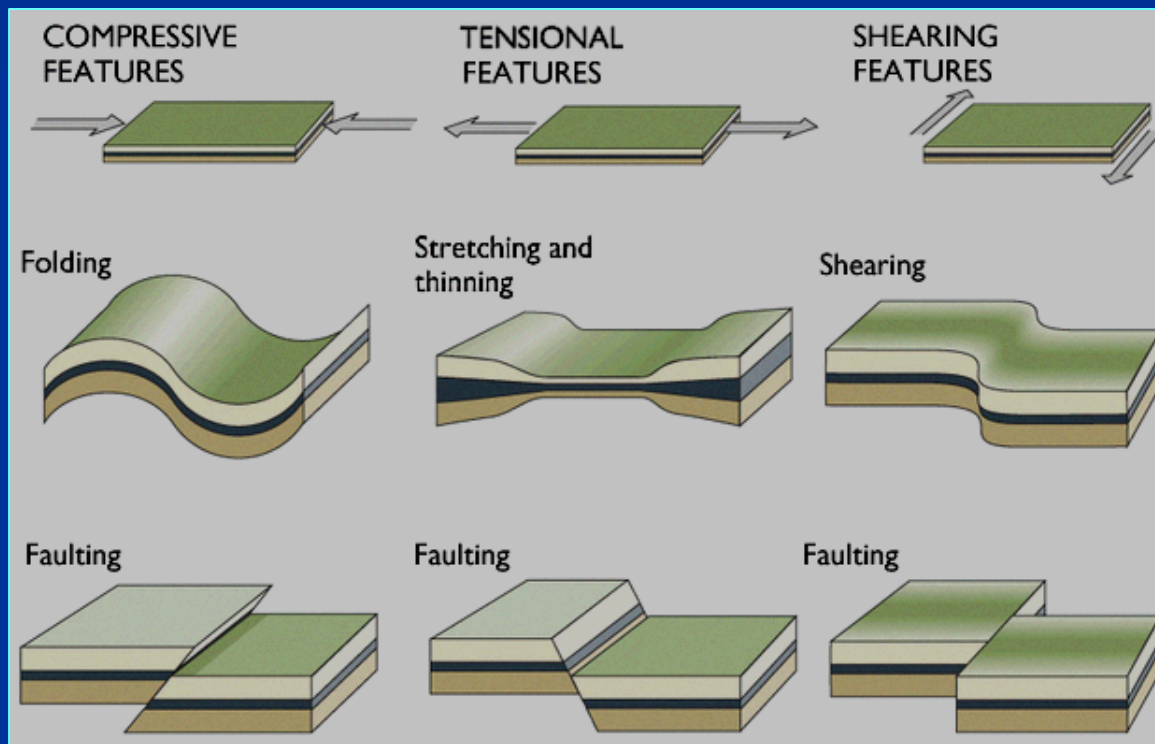
3. niveau structural inférieur, caractérisé par des plis semblables. La déformation plastique débute par la schistosité qui disparaît, en profondeur, en faveur de la foliation et des recristallisations métamorphiques.



N.B. La notion de niveaux structuraux n'est pas valable uniquement verticalement mais peut être observée horizontalement au niveau des chaînes de montagne.

3. Éléments de tectonique

Les déformation d'un massif rocheux peuvent être discontinues (failles, fractures, joints, diaclases) ou continues (plis).



■ *Directions des contraintes*

■ *plis*

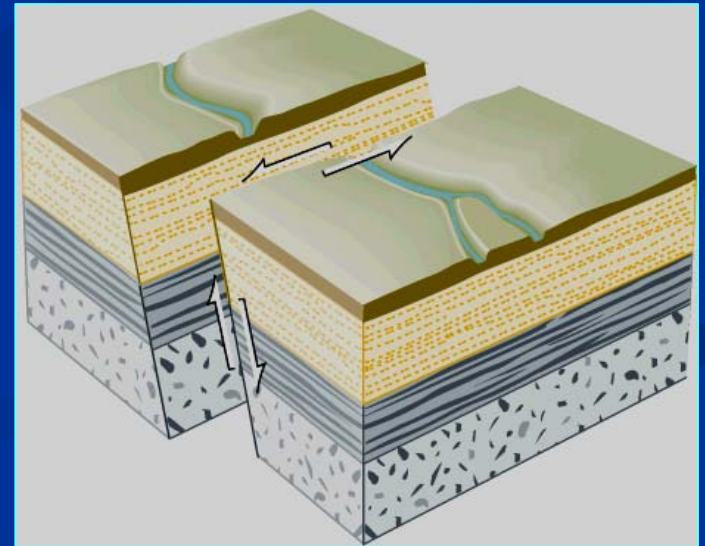
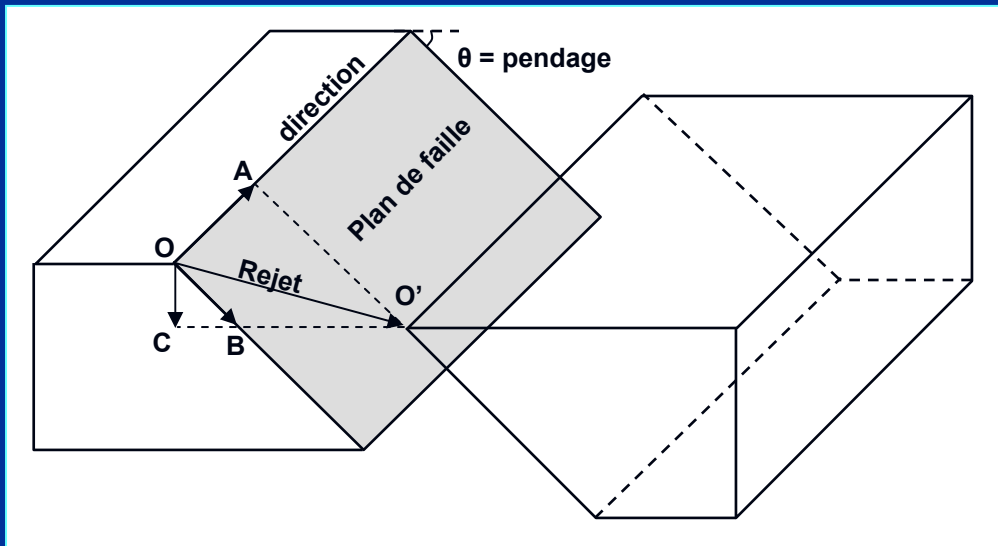
■ *failles*

3.1. Déformations discontinues

Faïlle : cassure dans des terrains, accompagnée d'un déplacement des blocs (compartiments) séparés.

Elle est définie par :

- Plan de faille défini par sa direction et par son pendage
- Rejets :
 - OA : rejet horizontal longitudinal (RHL)
 - CO' : rejet horizontal transversal (RHT)
 - OC : rejet vertical (RV)
 - OB : rejet pente (RP)



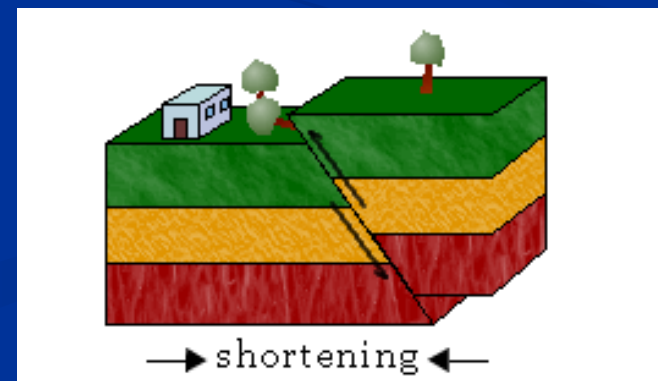
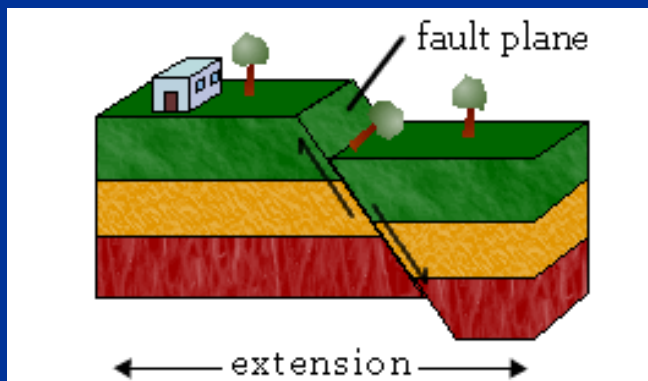
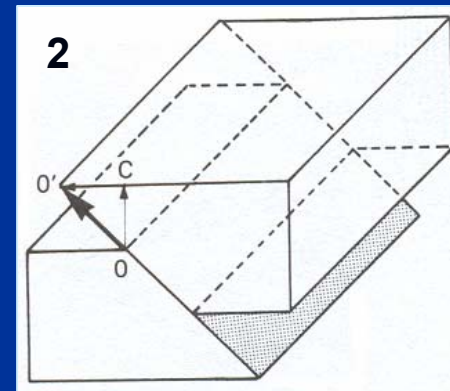
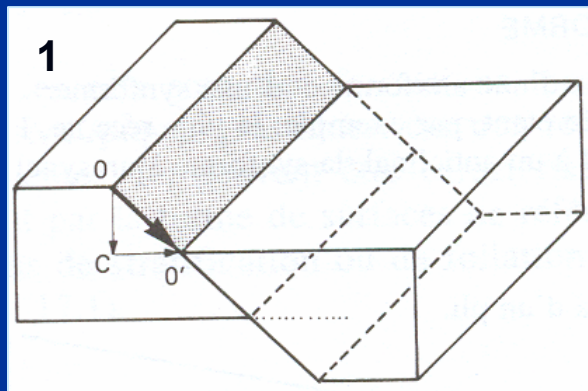
Types de failles :

En fonction des valeurs des rejets et du pendage de la faille, différents types se distinguent :

→ Quand $RHL = OA = 0$: s'il y a distension => **faille normale**¹

s'il y a compression => **faille inverse**²

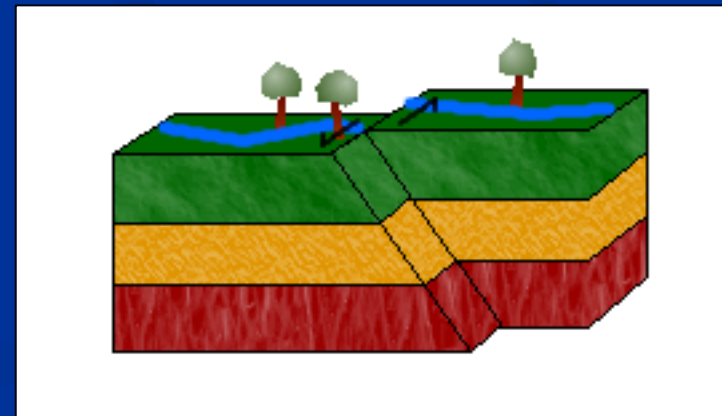
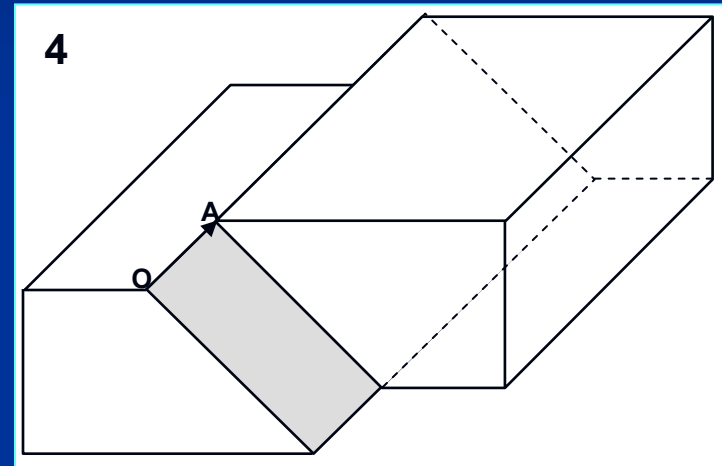
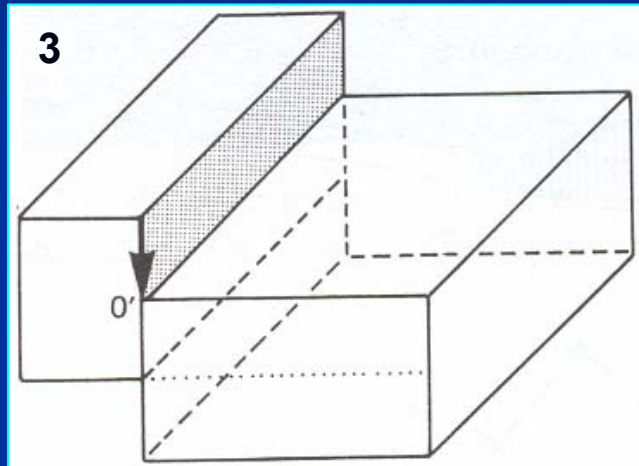
Quand la plan d'une faille inverse devient subhorizontal => **chevauchement**



Types de failles :

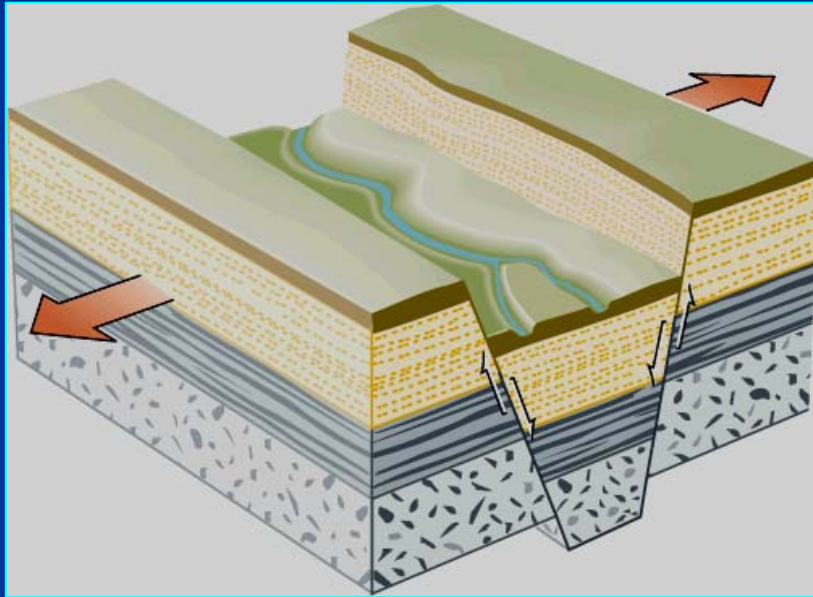
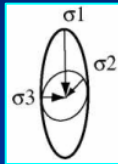
→ Quand $RHL = OA = 0$ et le pendage vertical \Rightarrow **faille verticale**³

→ Quand $RHL = OA$ n'est pas nul et $RV = 0 \Rightarrow$ **décrochement**⁴

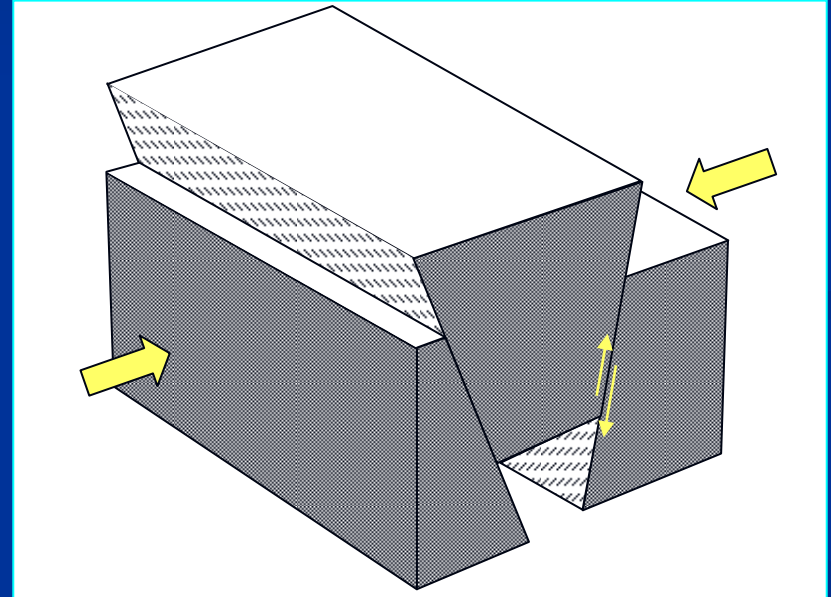
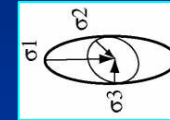


Failles conjuguées :

→ est un groupement d'au moins 2 failles à sens de pendage opposés.

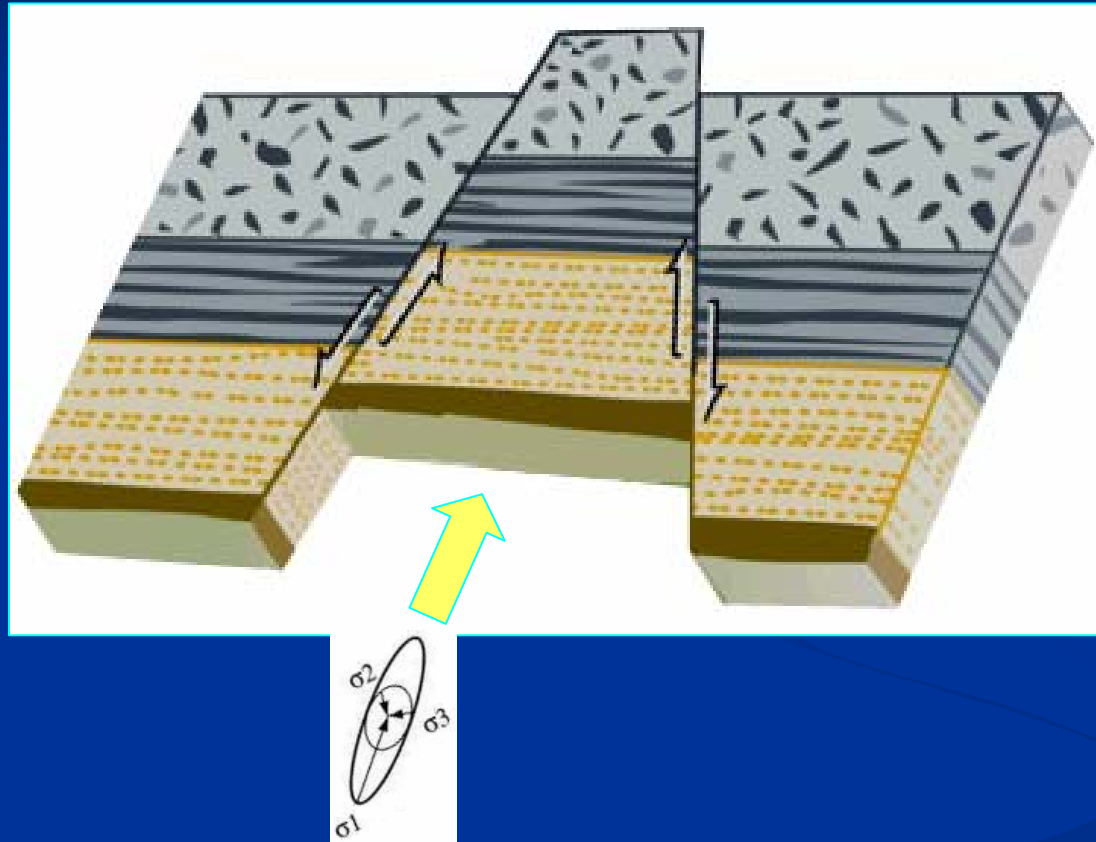


Graben (=failles normales conjuguées)



Horst (=failles inverses conjuguées)

Décrochement conjuguée



FN



FI



Microstructures cassantes :

Diaclases : cassures ne montrant pas de traces de mouvement.

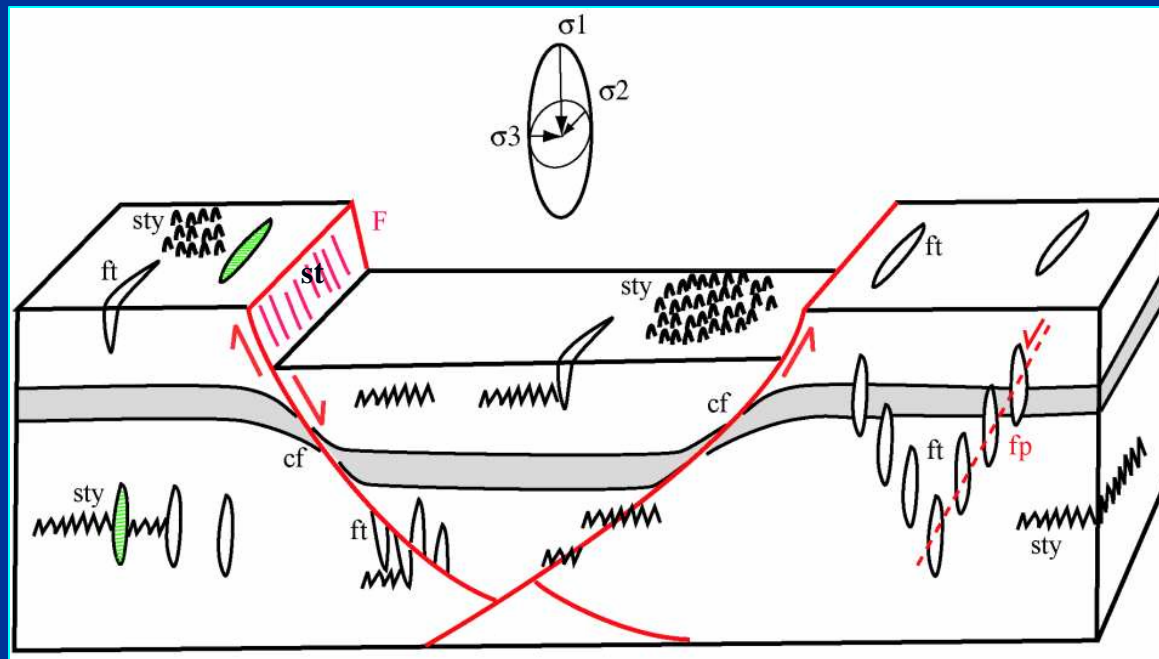
Fentes de tension (ft)¹ : fractures en forme de fentes (lentilles), remplies de minéraux néoformés (calcite, quartz) et correspondant à une extension de la matière.

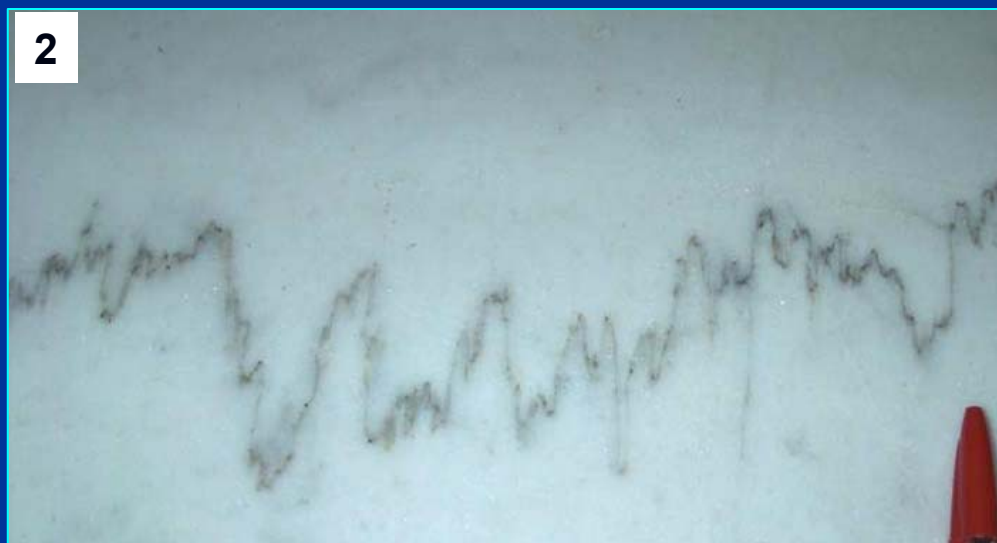
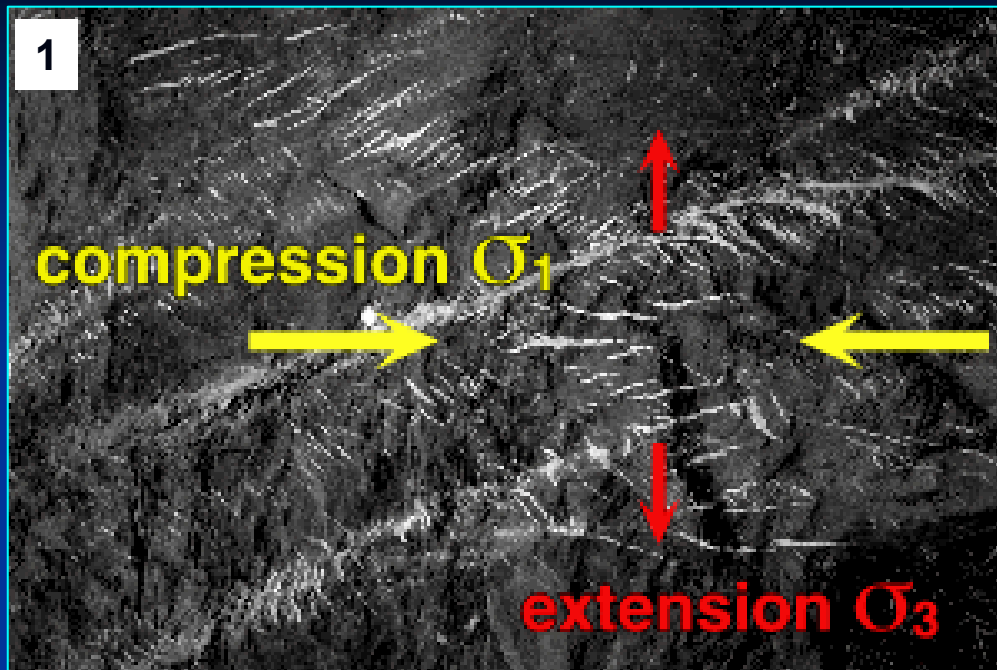
- * Fentes en échelon

- * Fentes en échelon conjuguées

Stylolites (sty)² : discontinuités irrégulières faites de pics et de creux, et correspondent à la dissolution de la matière liée à un raccourcissement tectonique.

Stries de faille (st)³ : générées sur le plan de faille par le frottement entre les 2 blocs de part et d'autre de la faille. Elles marquent la direction de déplacement relatif des 2 plans.



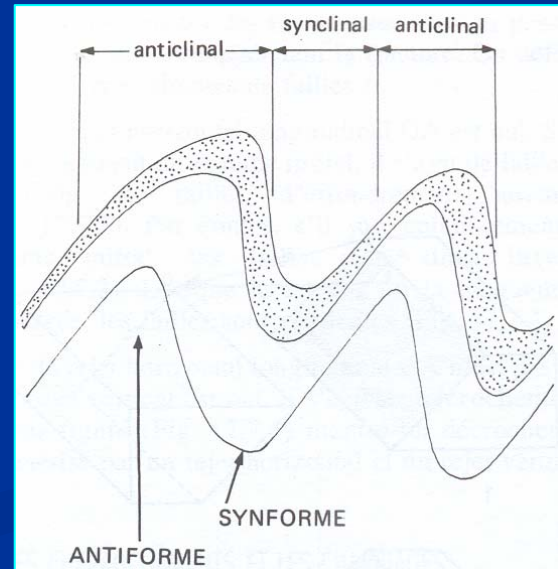
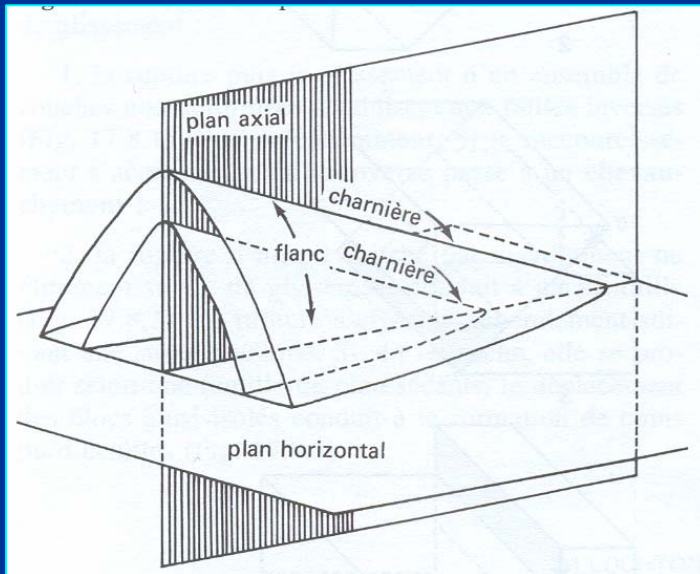


3.2. Déformations continues

Plis : sont des déformations (courbures) plastiques permanentes des terrains.

Il est défini par :

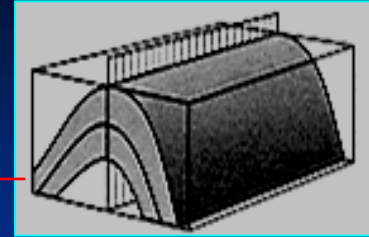
- **Charnière** : est la zone de courbure maximale
- **Flanc** : surface de couches de part et d'autre de la charnière.
- **Plan axial** : surface qui passe au niveau de toute les charnières
- **Axe** : ligne qui joint les points de courbure maximale
- **point de flexion** : est l'endroit où la courbure change.



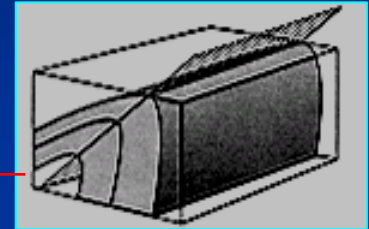
Types de plis :

En fonction du déversement du plan axial :

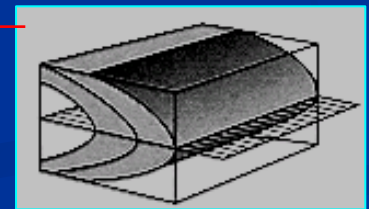
Pli droit : lorsque PA vertical et les pendages des flancs symétriques



Pli déjecté : PA est incliné et flanc à pendage inégale et à sens opposé.



Pli déversé : PA incliné et flanc à pendage de même sens



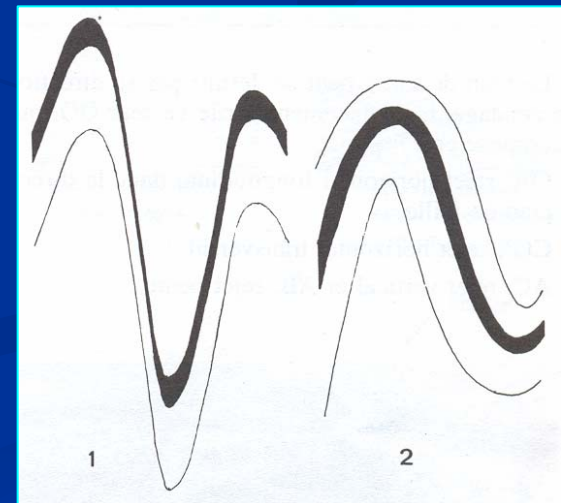
Pli isoclinal : 2 flancs parallèles avec même sens et valeur du pendage

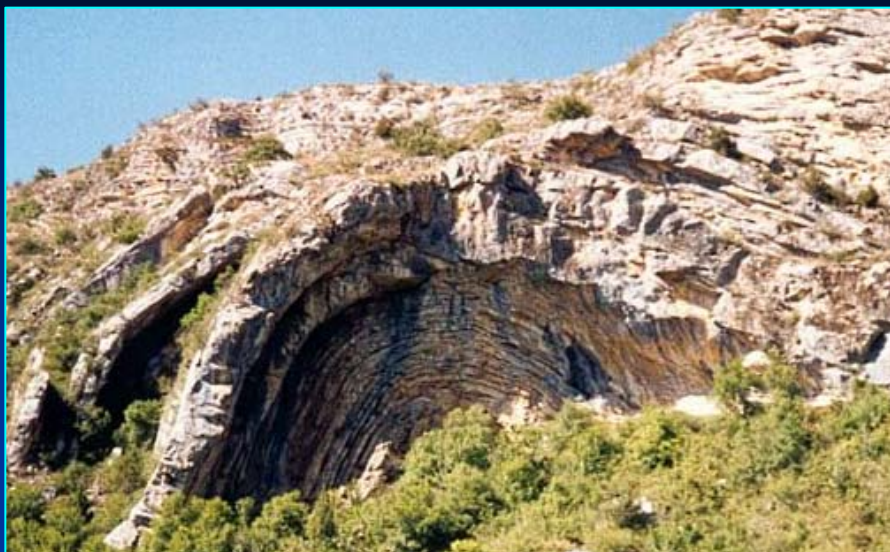
Pli couché

En fonction du mécanisme du plissement :

Pli semblable : sinuosités de tous les lits sont superposables

Pli parallèle ou isopaque : chaque couche offre une épaisseur constante



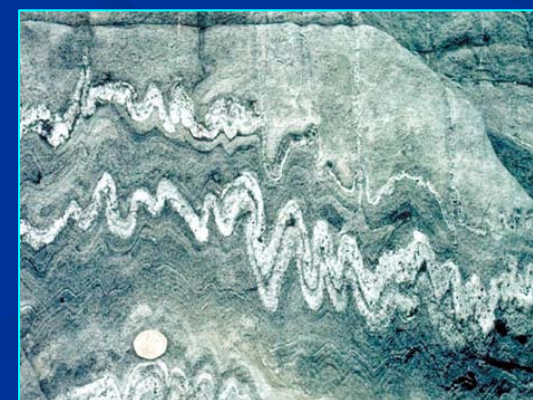


Pli isopaque

Pli couché



Pli king-band

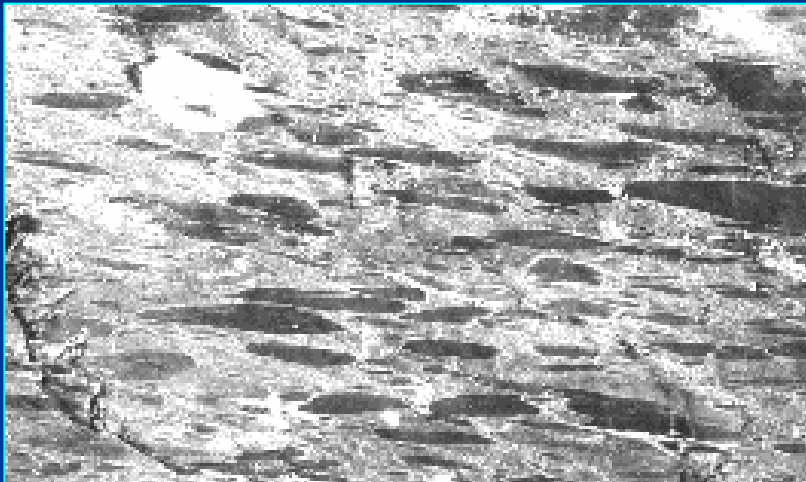


Pli semblable

Microstructures ductiles :

Schistosité :

Correspond à des plans d'aplatissement de la matière (roche) soulignés par des réorientation et recristallisation des minéraux.



Boudinage :

Une alternance de couches tendre et compétente, sous à une compression, les roches tendres s'aplatissent et s'étirent alors que les roches dures se cassent pour compenser l'étirement.



FIN

Bonne continuation