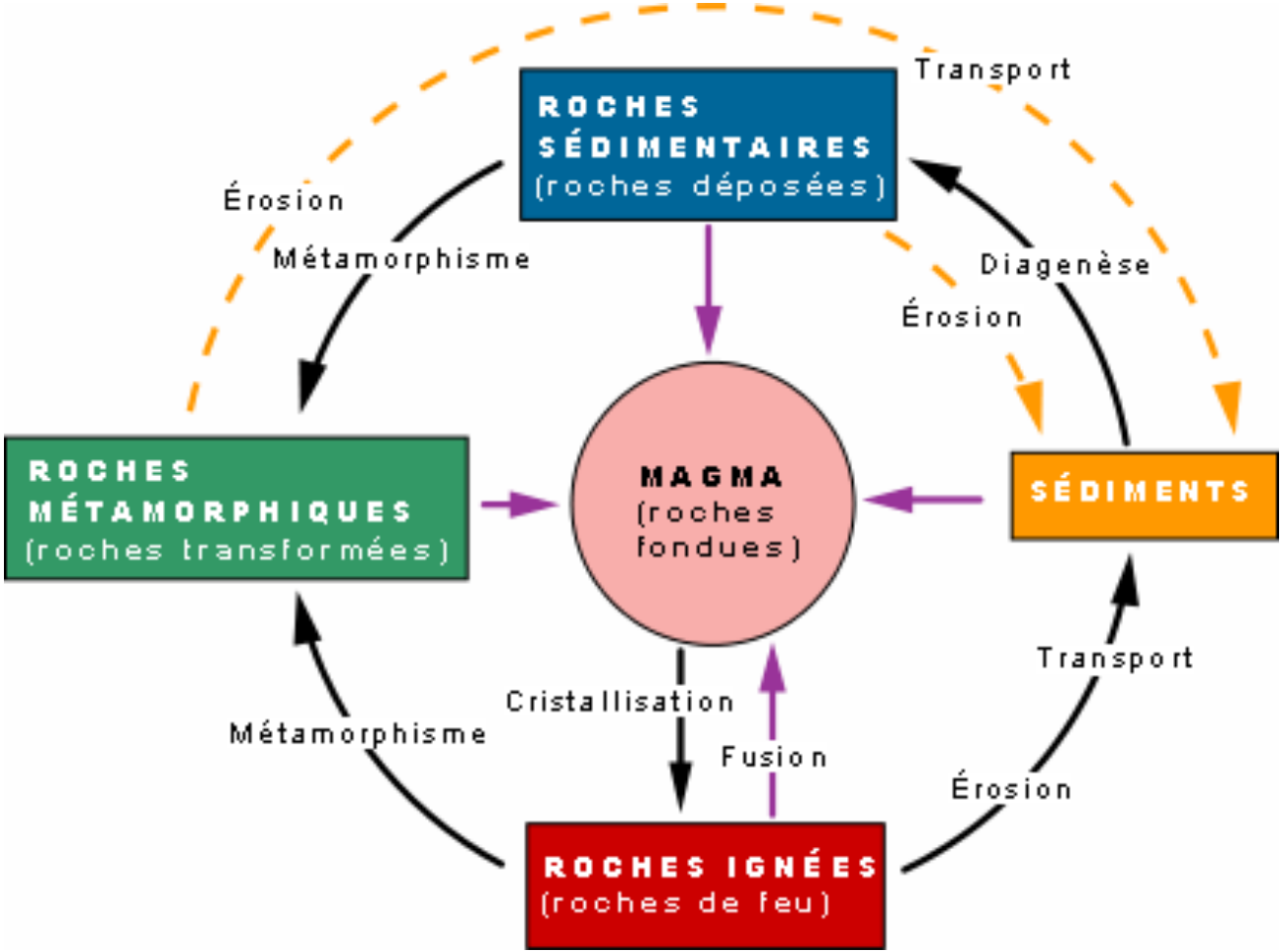
Roches sedimentaires

Cours Géologie Ba2

Numéro 5


ROCHES SÉDIMENTAIRES (roches déposées)
Transport
Érosion
Métamorphisme
Diagenèse
Érosion
ROCHES MÉTAMORPHIQUES (roches transformées)
MAGMA (roches fondues)
SÉDIMENTS
Cristallisation
Fusion
Métamorphisme
Transport
Érosion
ROCHES IGNÉES (roches de feu)

Introduction

Formation des roches sédimentaires

Contenu des roches sedimentaires

Elements de classification

Conseil pour l'observation

Utilisation en géotechnique

Roches sédimentaires

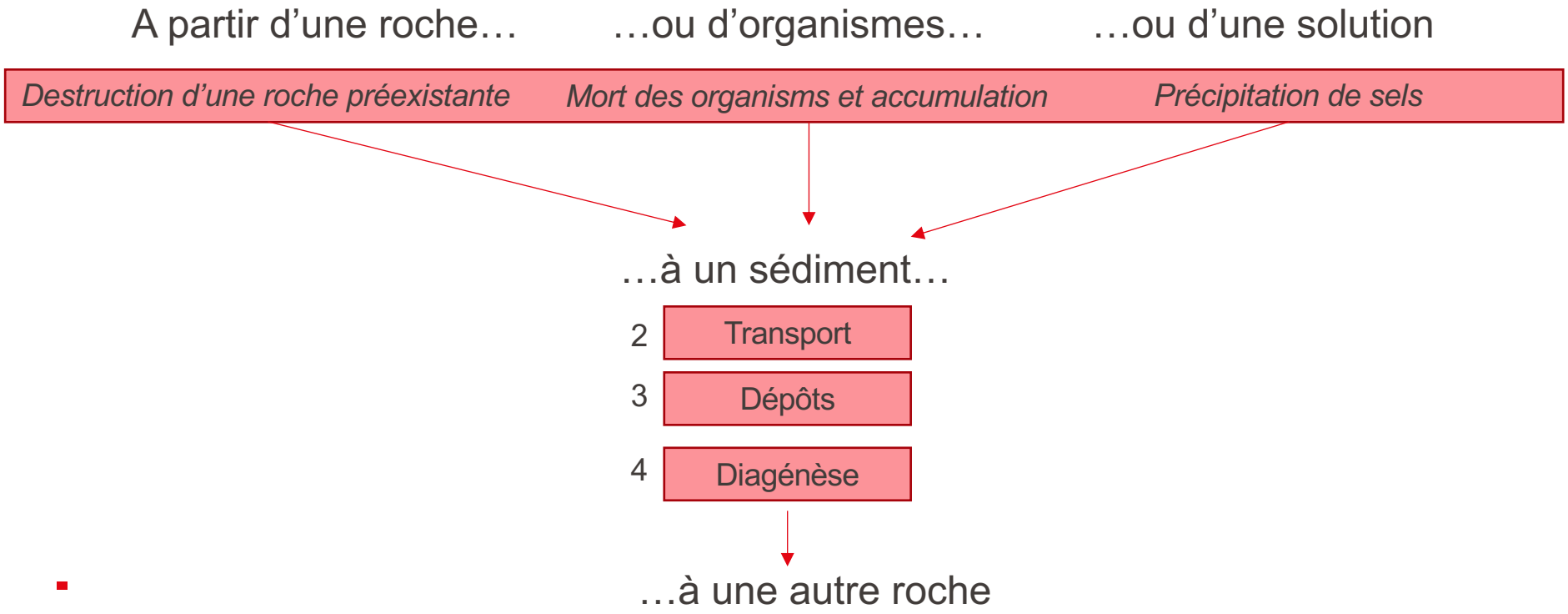
- Roches formées en **SURFACE** = Roche exogènes
- Les roches sédimentaires proviennent de l'accumulation de sédiments qui se déposent le plus souvent en couches ou lits superposés, appelés **strates**. Elles résultent de l'accumulation de sédiments divers, c'est-à-dire d'éléments solides (clastes : morceaux de roches ou fragments minéraux, débris coquilliers...) et/ou de précipitations à partir de solutions.

Roches sédimentaires

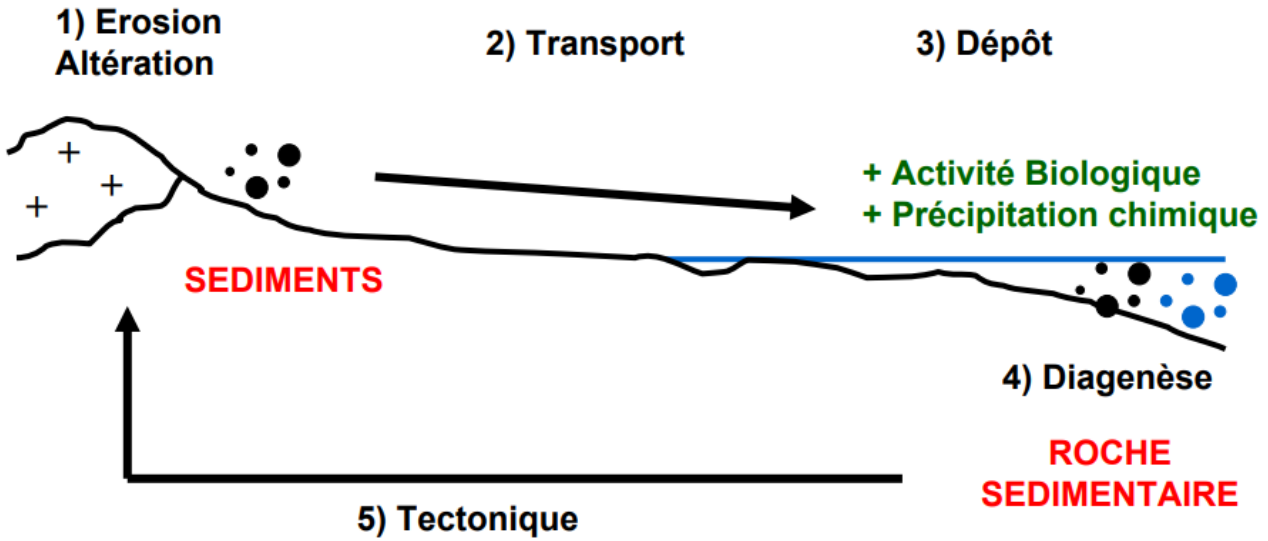
- Près de 90% de la surface terrestre est couverte de sédiments ou constituée de roches sédimentaires, avec les proportions suivantes:
- argilites/siltites: 63%
- grès: 22%
- calcaires: 15%

- Malgré leur grande étendue, les roches sédimentaires ne représentent cependant que le 1/20e en volume de la croûte superficielle.

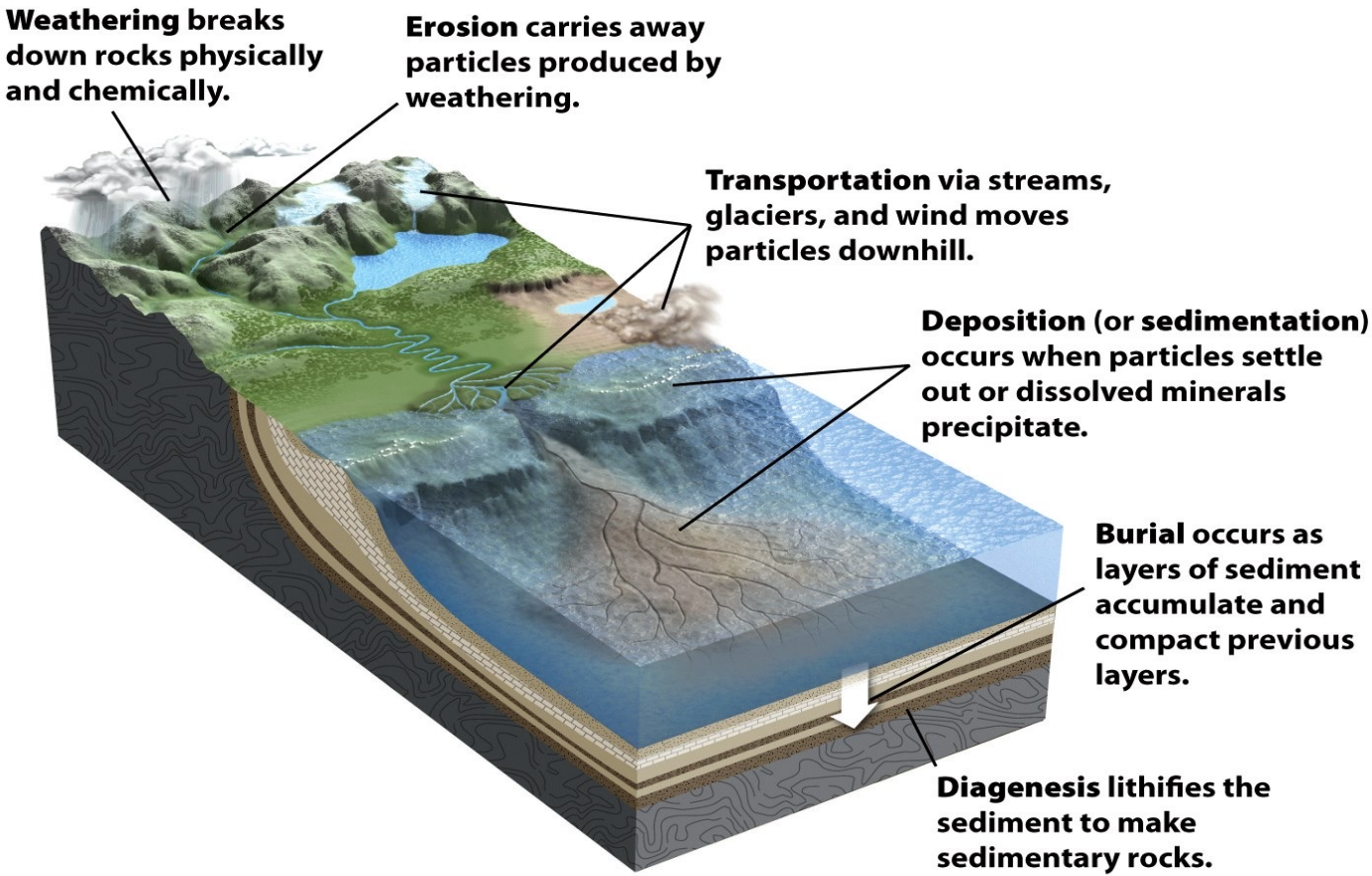
Formation


A partir d'une roche…
…ou d'organismes…
…ou d'une solution
1
Destruction d'une roche préexistante
Mort des organisms et accumulation
Précipitation de sels
…à un sédiment…
2
Transport
3
Dépôts
4
Diagénèse
…à une autre roche

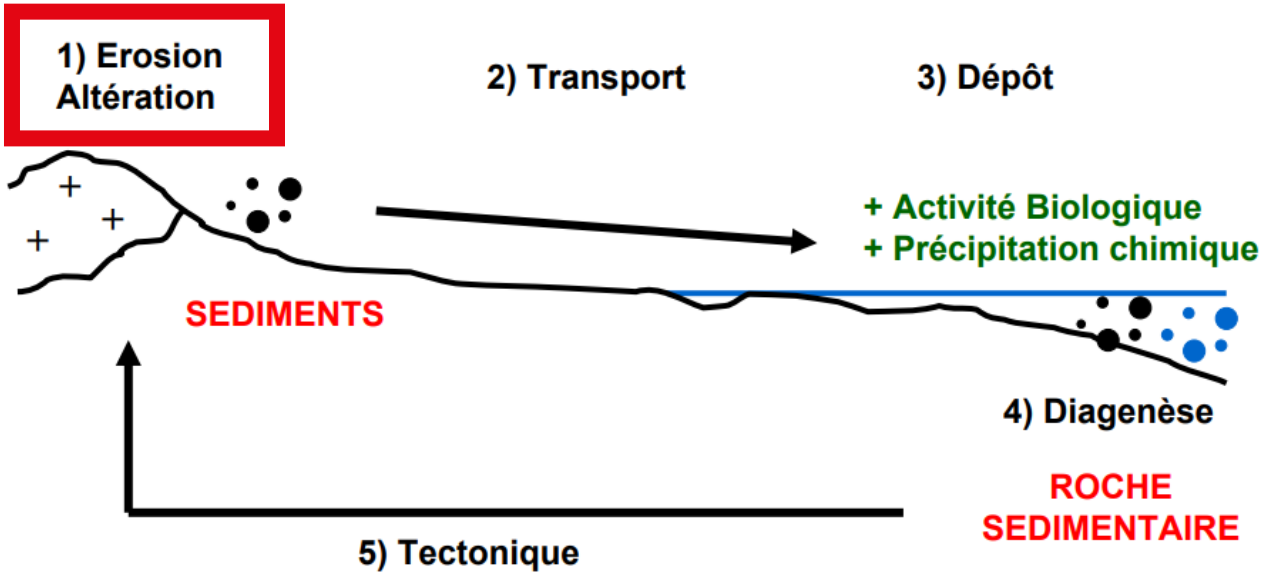
Cycle sédimentaire



Cycle sédimentaire



Cycle sédimentaire



Altération

- L'altération donne naissance à une grande variété de produits:
  - sols,
  - débris rocheux,
  - ions en solution dans les eaux superficielles.
- L'altération a pour effet de décomposer une roche :
  - En ions solubles et en grains solides qui vont être mobilisés par l'érosion
  - En un dépôt résiduel, demeurant sur place
- Les mécanismes responsables de l'altération, phénomène prenant place aux températures et pressions régnant à la surface de la terre, sont :
  - L'altération physique
  - L‘altération biologique
  - L'altération chimique

Altération physique

- Les alternances de gel et dégel, en climat suffisamment humide, fragmentent les roches (cryoclastie). L'eau en gelant augmente son volume de 10%, élargissant progressivement les fractures.

- Exemple de Cryoclastie (Island)

Altération physique

- Les variations répétées de température (40-50°C d'amplitude journalière dans le Sahara) ont à peu près le même effet que le gel: les différences de dilatation thermique entre les minéraux d'une roche provoquent l'apparition de fractures.

Altération physique

Exfoliation

Altération biologique

- On distingue l'altération provoquée par l'action chimique de composés produits par des organismes (plantes, microbes...) de l'action purement mécanique de plantes ou d'animaux (par exemple: dilatation progressive des racines provocant un élargissement des fractures de roches).
- L'ingestion de matériaux par des animaux vivant dans les sols est un processus faisant intervenir en même temps les deux types de mécanismes précédents.

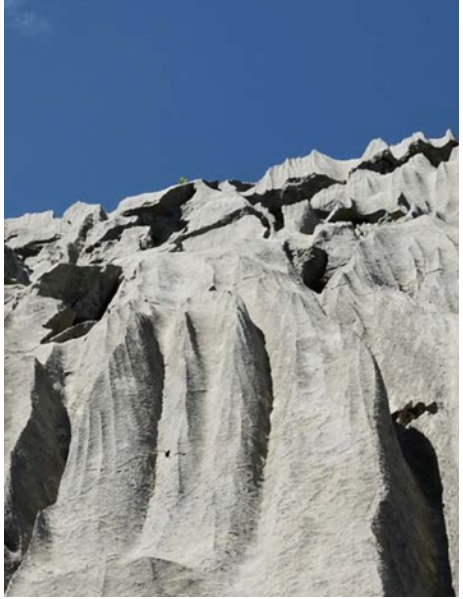
Altération chimique

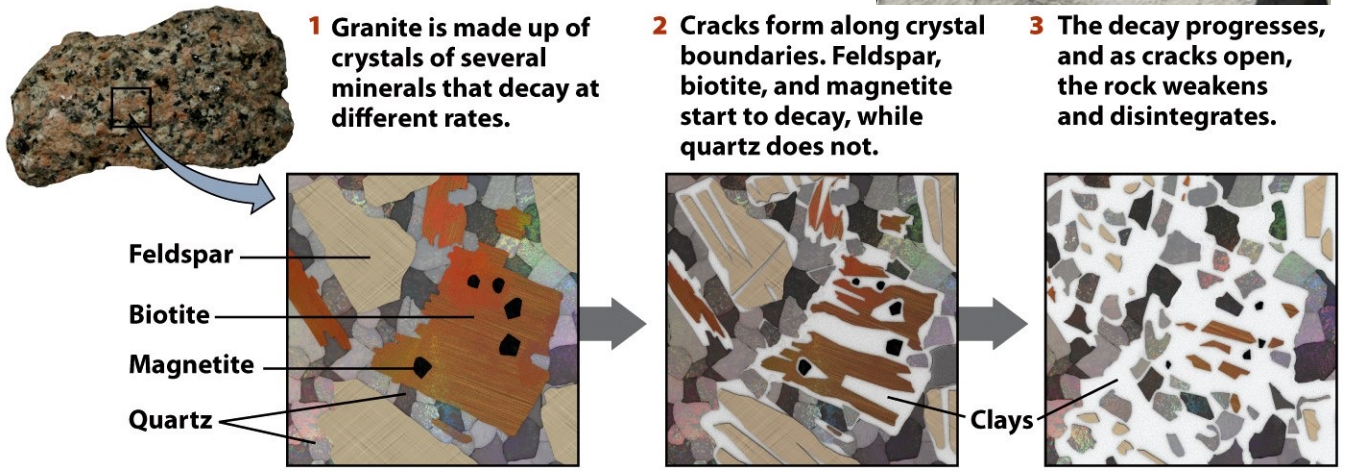
- L'altération chimique agit de deux façons:
- Certains minéraux (halite, calcite) sont dissous totalement et leurs ions sont évacués en solution
- D'autres minéraux, comme les micas ou les feldspaths sont transformés en d'autres espèces minérales (surtout en argiles), souvent de granulométrie plus fine et plus facilement mobilisables par l'érosion.
- La plupart des réactions impliquées dans l'altération chimique nécessitent la présence d'eau et d'air

Altération chimique

example: karst

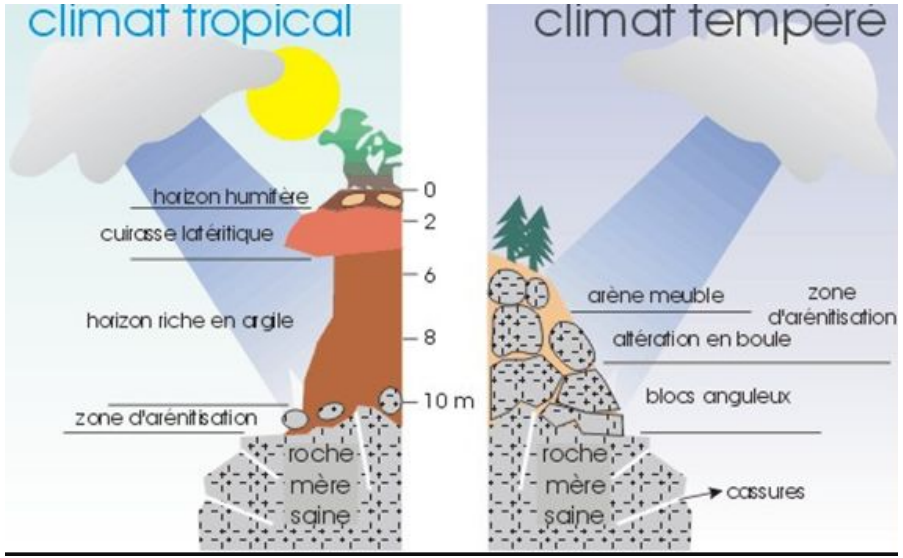
Altération chimique





Altération chimique

- Facteurs qui contrôlent l'altération chimique:
- Le climat (température, humidité): l'altération chimique est favorisée en climat tropical.
- L'altération mécanique est favorisé en climat tempéré

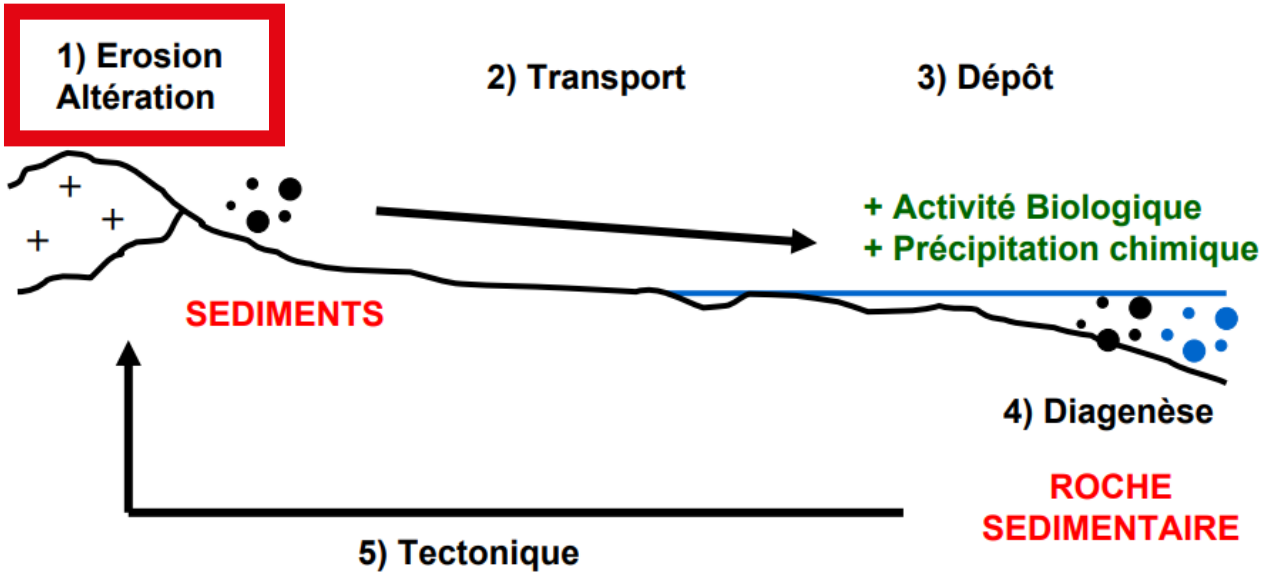


Altération chimique

- Facteurs qui contrôlent l’altération chimique:

Le relief : il contrôle la pente des réseaux fluviatiles et la rapidité des courants, donc l'intensité de l'évacuation des ions.

Cycle sédimentaire



Erosion

- L'érosion correspond à la mobilisation des produits de l'altération.
- Une fois libérés, ces produits sont transportés par l'air, l'eau et la glace, laissant certaines "formes d'érosion" caractéristiques sur le massif rocheux soumis à l'altération.
- Quelques exemples d’érosion:
  - Erosion éolienne
  - Erosion fluviale
  - Erosion glaciaire
  - Erosion marine

Erosion Eolienne

- Le vent soufflant sur une surface désertique balaie les particules les plus fines et peut faire apparaître la surface rocheuse.

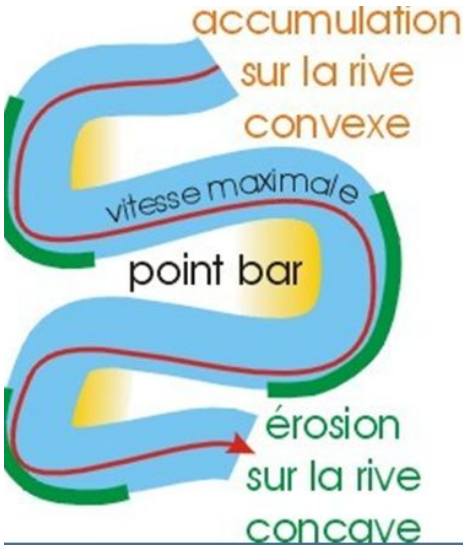
  ➔ les hamadas sahariennes.

- Lorsque le sol comporte des matériaux de taille variée (sols alluviaux, par exemple), l'érosion éolienne élimine la fraction la plus fine, laissant sur place un désert pavé de cailloux.

  ➔ regs

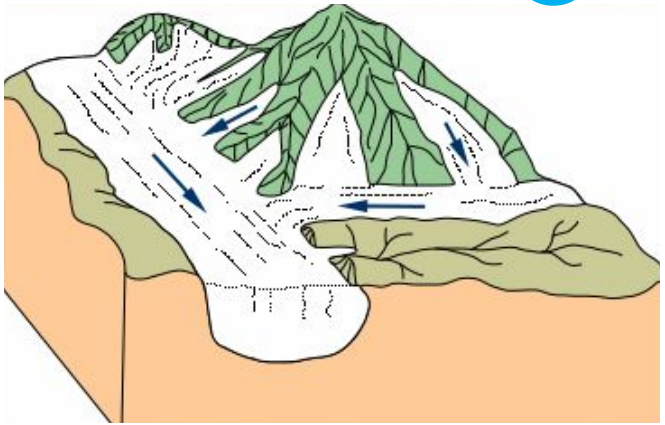
Erosion fluviale

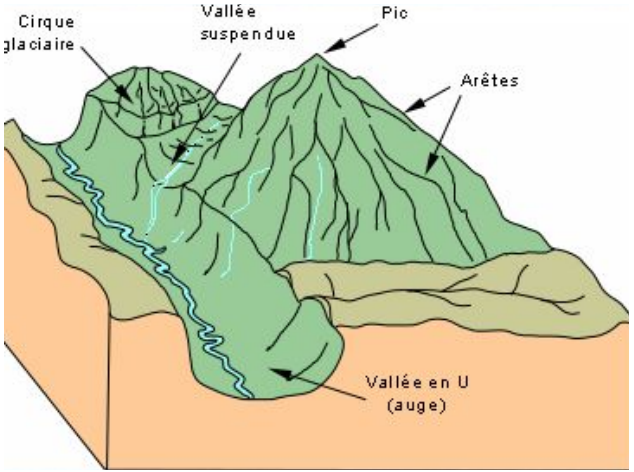
- L'érosion fluviale est, entre autre, responsable de la formation des méandres.
- Ces méandres ont tendance à se déplacer vers l'extérieur et vers l'aval du cours d'eau par érosion sur la rive concave et dépôt sur la rive convexe (sous la forme de point bars).



Erosion Glaciaire

- Les formes remarquables de l'érosion glaciaire sont visibles à deux échelles:
- A **grande échelle**, on observe des vallées caractéristiques, dites "en U" ou "en auges" (section transversale en auge avec des parois verticales) s'oppose à la forme "en V" des vallées fluviatiles.
- Un glacier est une masse importante qui agit sur la roche de fond comme un bulldozer.
- Le creusement se fait progressivement à mesure de l'écoulement sur de longues périodes de temps.





Erosion Glaciaire

- Les formes remarquables de l'érosion glaciaire sont visibles à deux échelles:
- **petite échelle**, l'érosion glaciaire se manifeste par des surfaces polies et arrondies ("roches moutonnées"), souvent striées par des blocs durs enchâssés dans la glace ("stries glaciaires").

A: stries glaciaires sur une roche usée par l'action d'un glacier

B: roches moutonnées. Le réseau de lignes correspond à des veines de quartz, mises en relief par la dissolution plus rapide du granite.

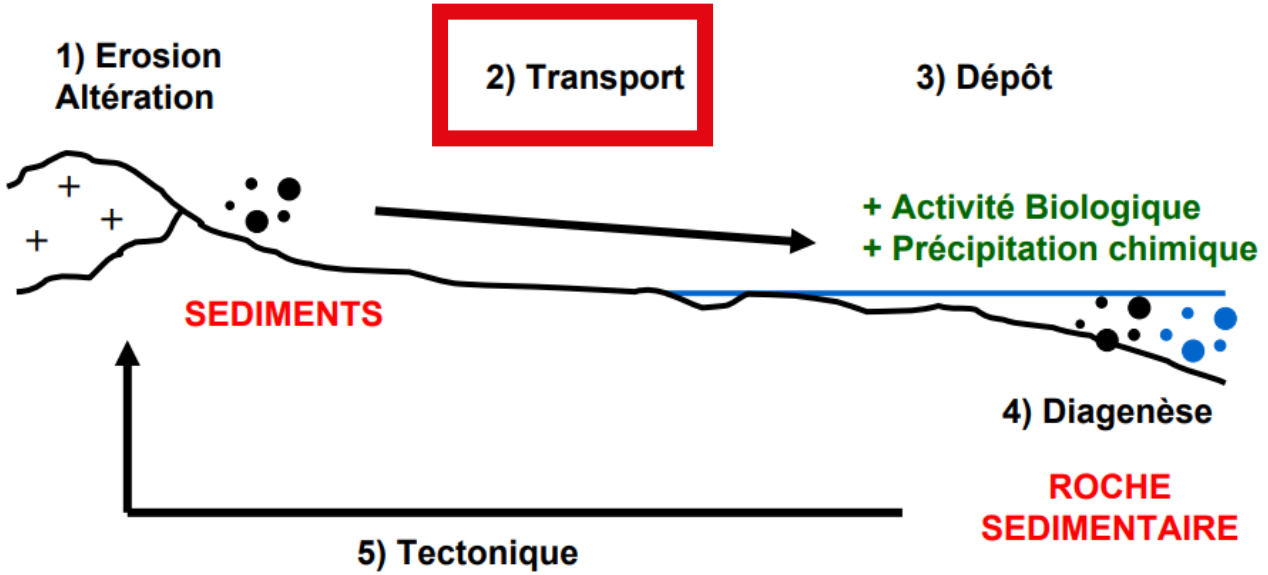
Erosion marine

- Les principaux agents de l'érosion marine sont les vagues et les courants.
- L'action érosive des vagues sur une côte résulte des facteurs suivants:
  - Un mitraillage par le sable et le gravier transportés
  - La pression de l'eau contre les parois
  - Une succion lorsque les vagues se retirent (déplacement de blocs de plusieurs milliers de tonnes)
  - Des vibrations par suite de chocs successifs (phénomènes de résonance)

Erosion marine

- La principale forme d'érosion littorale est la falaise.
- On distingue:
  - les falaises vives, encore battues par la mer
  - les falaises mortes, séparées de la mer par une zone de dépôt.
- Les falaises se forment par sapement à la base et éboulements par pans

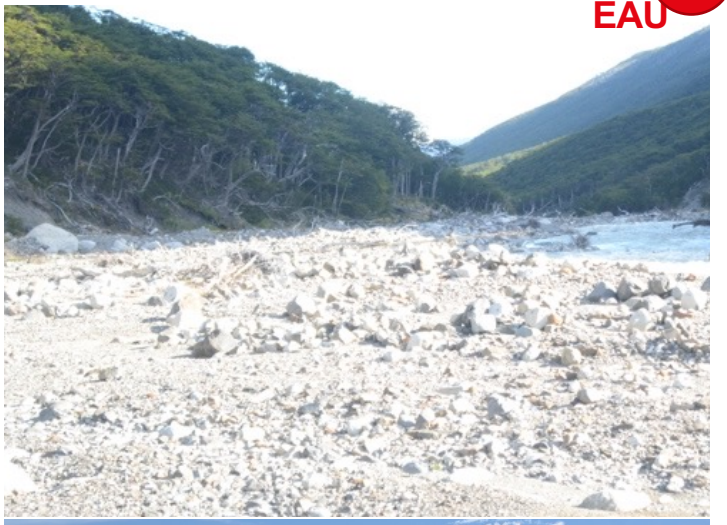
Cycle sédimentaire



Transport

- Les sédiments sont transportés depuis les zones sources jusqu'aux zones de dépôt par trois types de processus:
  - Eboulis de gravité en l'absence de fluide
  - Ecoulements gravitaires en présence de fluides (debris flows, grain flows, turbidites)
  - Ecoulements d'eau, d'air ou de glace

Transport



Transport

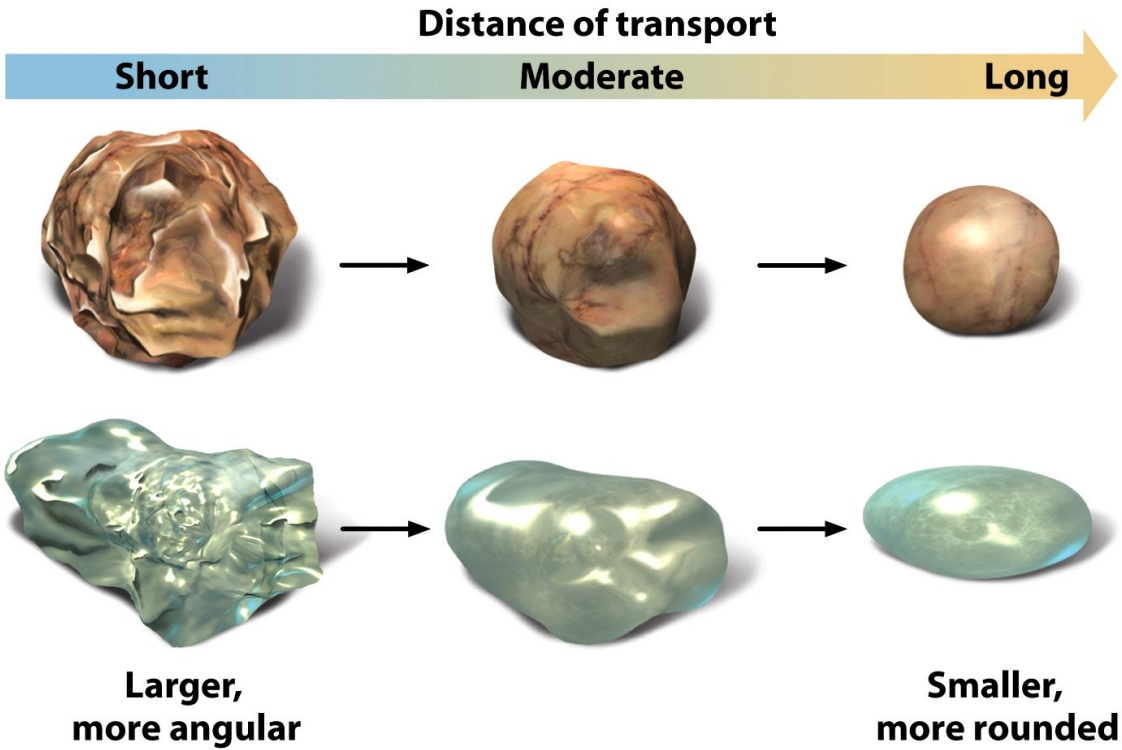


Figure 5.7
Understanding Earth, Sixth Edition
© 2010 W. H. Freeman and Company

Transport

Figure 5.6
***Understanding Earth*, Sixth Edition**
© 2010 W. H. Freeman and Company

Eboulis de gravité en l'absence de fluide

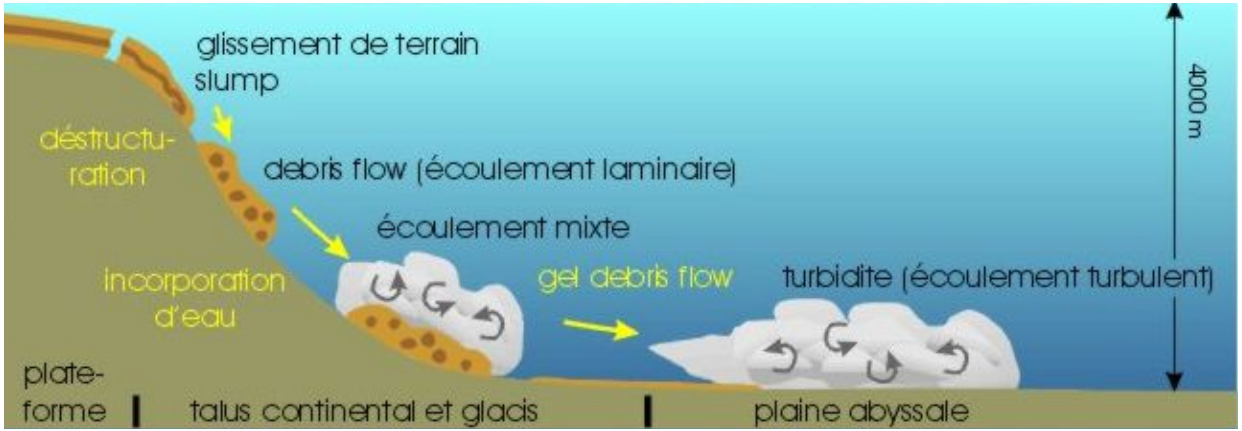
- Ces processus déplacent des masses considérables de sols et débris rocheux sur des distances courtes.

Ecoulement gravitaire (grain flow)

- Les grains flows se déclenchent lorsque la pente d'un dépôt est supérieure à la pente d'équilibre. Les particules sont maintenues en mouvement par des forces dispersives dues aux multiples collisions entre les grains. L'air (l'eau) n'agit que comme un lubrifiant mais ne propulse pas les grains

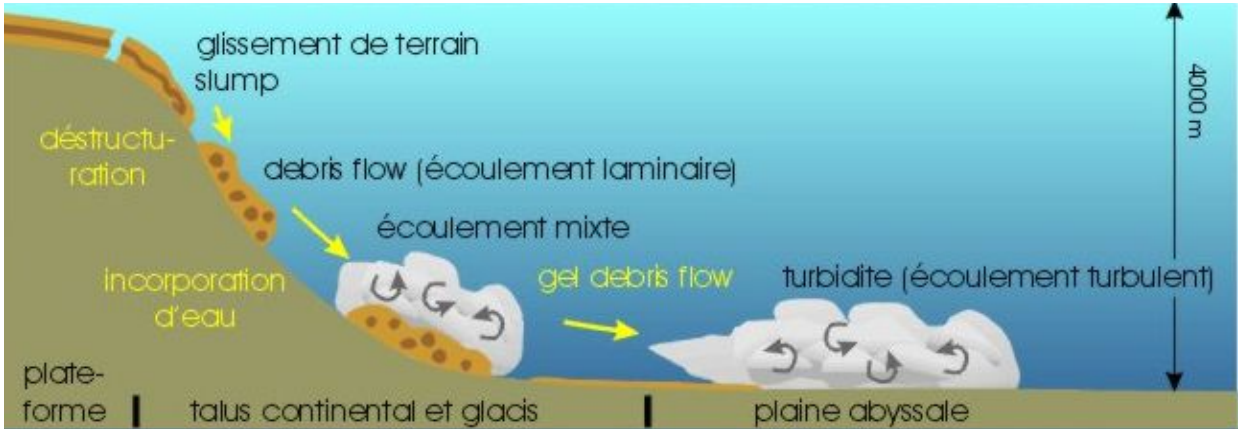
Ecoulement gravitaire (debris flow)

- Les debris flows sont des écoulements, sous l'action de la gravité, de boue contenant quelques gros éléments (galets, blocs).
- Lorsque les forces de gravité deviennent moins fortes que les forces de frottement (internes et sur le fond), la coulée s'arrête: on dit qu'elle "gèle" .



Ecoulement gravitaire (turbidites)

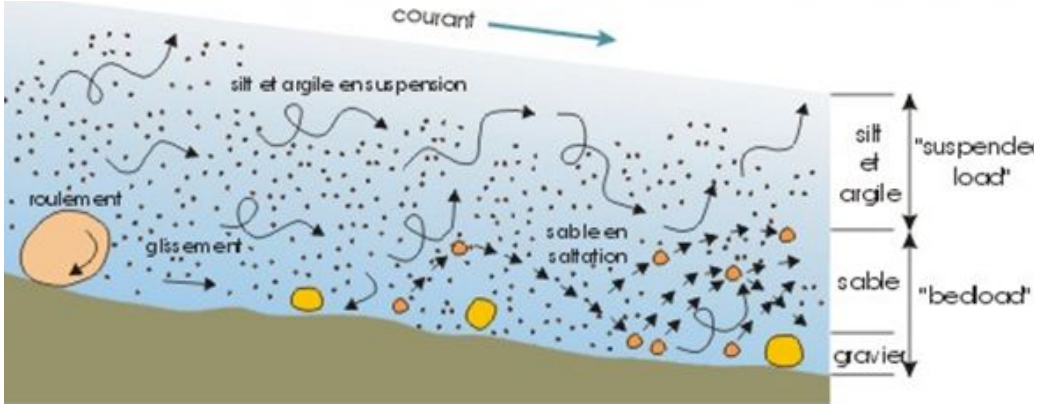
- Les courants de turbidité sont des écoulements gravitaires dans lesquels le sédiment est maintenu en suspension par la turbulence du fluide interstitiel. Ils se produisent lorsqu'un choc ébranle une masse de sédiment. Ce mélange d'eau et de sédiment possède une densité plus grande que celle de l'eau et se déplace vers le bas sous l'effet de la gravité.



Ecoulement gravitaire (turbidites)

Ecoulement d'eau, d'air ou de glace

- On distingue plusieurs modes de transport dans l'eau :
  - roulement et traction le long du fond,
  - saltation (transport par bonds suite à des chocs successifs)
  - transport en suspension.
- Les particules en mouvement par roulement, traction et saltation constituent la charge de fond, généralement formée de galets et de sable.
- La charge en suspension est par contre constituée de particules très fines (argile et silt).



Ecoulement d'eau, d'air ou de glace

- L'air est un fluide transporteur de faible viscosité. Les particules transportées ont des tailles de quelques 1/10ème de mm.
- Par contre, le choc des grains entre eux est plus violent que dans un transport aquatique (l'eau amortit les chocs). Les grains présentent des traces de choc en "V" et prennent une surface dépolie.
- Le transport éolien prend une grande importance dans le cas de sédiment meuble, non protégé par la végétation
- Les particules de l'ordre de 0,1 à 1 mm transportées par le vent peuvent être accumulées plus loin en dunes.
- Mais lorsque les poussières sont entraînées à haute altitude (on parle de Loess), elles sont disséminées très loin (pluie rouge).

Ecoulement d'eau, d'air ou de glace

- La glace s'écoule comme un fluide visqueux. La charge qu'il transporte dépend de l'approvisionnement en matériaux.
- En montagne, le glacier peut transporter des éboulis en telle quantité que ces derniers recouvrent et dissimulent complètement la glace.
- Les matériaux transportés sont fortement hétérométriques et ne montrent pas de classement par taille. Les éléments ne sont pas usés par des séries de chocs entre eux, comme cela se produit dans un transport éolien ou aquatique, mais ils peuvent être broyés entre eux ou contre les parois de la vallée sous l'effet de la pression de la glace.
- La distance de transport est de quelques dizaines de km pour les glaciers de montagne mais elle peut dépasser la centaine de Km pour les grands systèmes glaciaires (glaciers du Groenland).

Ecoulement d'eau, d'air ou de glace

Morène glaciaire

Morène glaciaire

Ecoulement d'eau, d'air ou de glace

Bloc erratique

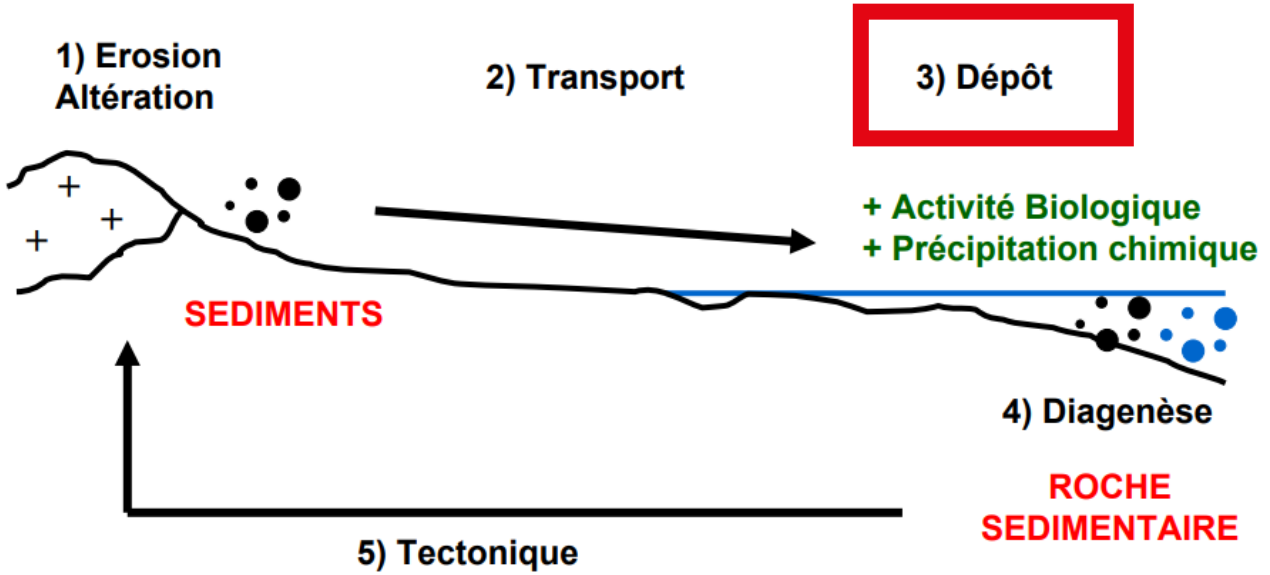
Ecoulement d'eau, d'air ou de glace

Bloc erratique

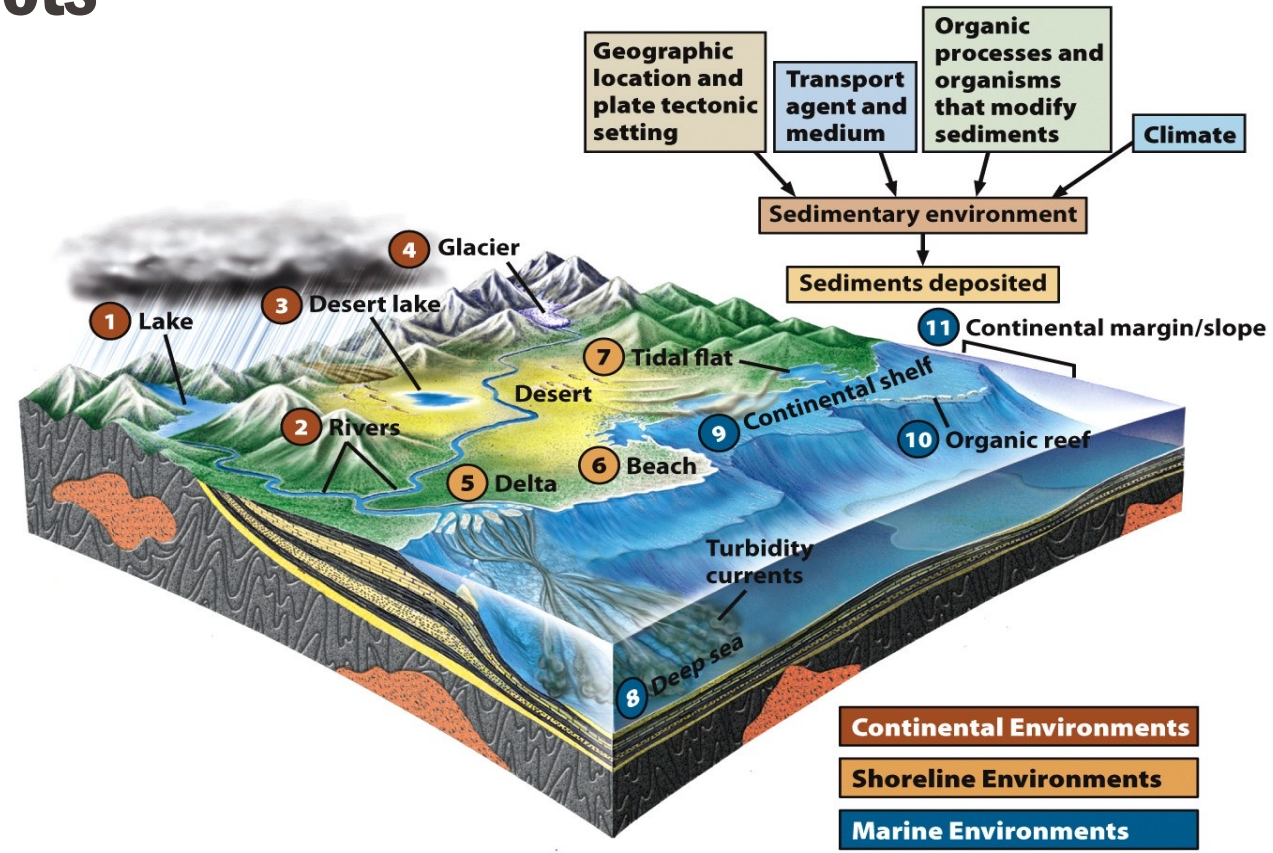
Ecoulement d'eau, d'air ou de glace

Roche moutonnée

Cycle sédimentaire



Environnements de dépôts



Environnements de dépôts

Continental Environments	1 Lake	2 Alluvial	3 Desert	4 Glacial
Transport agent	Lake currents, waves	River currents	Wind	Ice, meltwater
Sediments	Sand and mud, saline precipitates in arid climates	Sand, mud, and gravel	Sand and dust	Sand, mud, and agravel
Climate	Arid to humid	Arid to humid	Arid	Cold
Biological processes	Freshwater organisms and precipitates	Organic matter in muddy flood deposits and wetlands	Little biological activity	Little biological activity

Shoreline Environments	5 Delta	6 Beach	7 Tidal flats
Transport agent	River currents, waves	Waves, tidal currents	Tidal currents
Sediments	Sand and mud	Sand and gravel	Sand and mud
Climate	Arid to humid	Arid to humid	Arid to humid
Biological processes	Burial of plant debris	Little biological activity	Organisms mix sediments

Marine Environments	8 Deep sea	9 Continental shelf	10 Organic reefs	11 Continental margin/slope
Transport agent	Ocean currents Turbidity currents	Waves and tides	Waves and tides	Ocean currents and waves
Sediments	Mud and sand	Sand and mud	Calcified organisms	Mud and sand
Biological processes	Deposition of remains of organisms	Deposition of remains of organisms	Secretion of carbonates by corals and other organisms	Deposition of remains of organsims

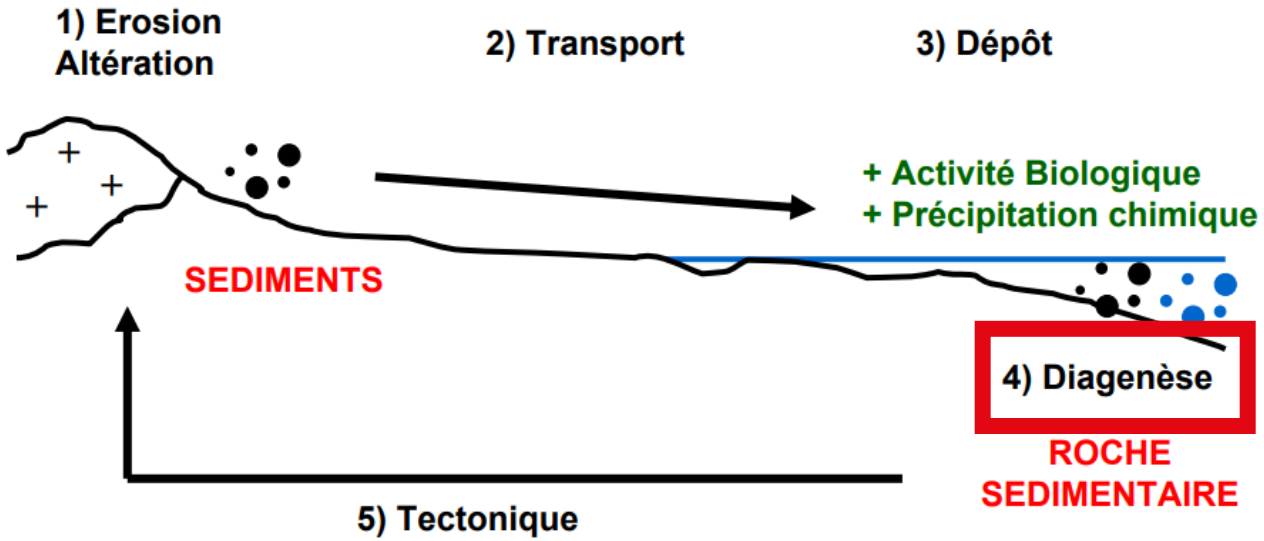
Figure 5.9 part 2
Understanding Earth, Sixth Edition
© 2010 W. H. Freeman and Company

Dépôt

- Le dépôt des sédiments a lieu lorsque la vitesse de l'agent de transport diminue ou lorsque cet agent de transport disparaît (fonte de la glace).
- La granulométrie des particule ou encore la géométrie des dépôts sont alors d'importants indices sur l'agent de transport, sa vitesse au moment du dépôt, sa direction…

Sable Gravier Galet

Cycle sédimentaire



Diagenèse

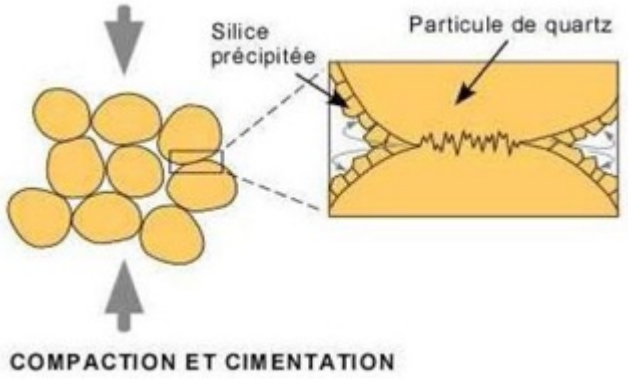
- L'obtention d'une roche sédimentaire se fait par la transformation d'un sédiment en roche sous l'effet des processus de la **diagenèse**.
- La diagenèse englobe tous les **processus chimiques et mécaniques qui affectent un dépôt sédimentaire après sa formation**
- Les processus de diagenèse sont variés et complexes : ils vont de la compaction du sédiment à sa cimentation, en passant par des phases de dissolution, de recristallisation ou de remplacement de certains minéraux.
- Le processus diagénétique qui est principalement responsable du passage de sédiment à roche est la **cimentation**.

Effets de la diagenèses

- Parmi les principaux effets de la diagenèse on a:
  - la compaction,
  - la cimentation,
  - la recristallisation,
  - la dissolution,
  - le remplacement
  - la néoformation.

COMPACTION

- La compaction des sédiments est principalement causée par la pression, la déshydratation ou encore par l'action des êtres vivants, ce qui induit la perte d'eau et de sels minéraux par dissolution. Cela a pour conséquence d'augmenter la densité des sédiments.
- La compaction d'un sédiment peut conduire à sa cimentation. Ainsi, la pression élevée exercée aux points de contact entre les particules de quartz d'un sable amène une dissolution locale du quartz, une sursaturation des fluides par rapport à la silice et une précipitation de silice sur les parois des particules
- cimentant ces dernières ensemble



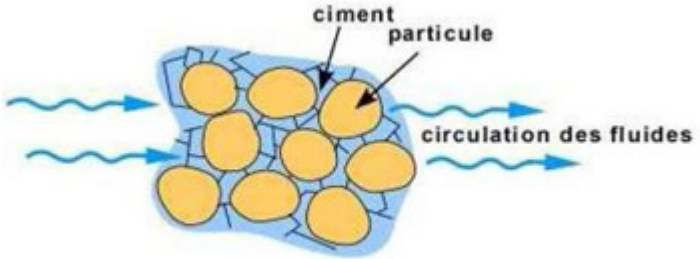
COMPACTION ET CIMENTATION

CIMENTATION

- La cimentation ou induration est le principal processus de la diagénèse.
- L'eau qui circule dans un sédiment, par exemple un sable, est sursaturée par rapport à certains minéraux, elle précipite ces minéraux dans les pores du sable et ceux-ci viennent souder ensemble les particules du sable; on obtient alors une roche sédimentaire qu'on appelle un grès.

= CIMENTATION

- Le degré de cimentation peut être faible, et on a alors une roche friable, ou il peut être très poussé, et on a une roche très solide.



CIMENTATION PRÉ-COMPACTION

.

2 Diagenesis includes the processes —physical and chemical—that change sediments to sedimentary rocks.

Compaction

Compaction by burial squeezes out water.

Cementation

Precipitation or addition of new minerals cements sediment particles.

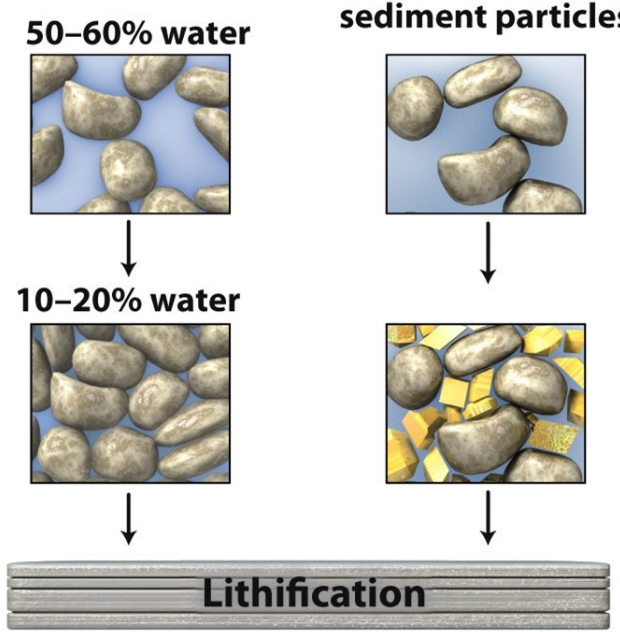


Figure 5.16 part 2
***Understanding Earth*, Sixth Edition**
© 2010 W. H. Freeman and Company

CIMENTATION

- Si on compare un sable récemment déposé dans une rivière ou dans une plage actuelle avec un grès ancien, on voit qu'il y a plusieurs différence notamment :
- la résistance, la cohérence, la porosité et si on fait une étude fine on peut même détecter des différences de texture et composition minéralogique

Cimentation

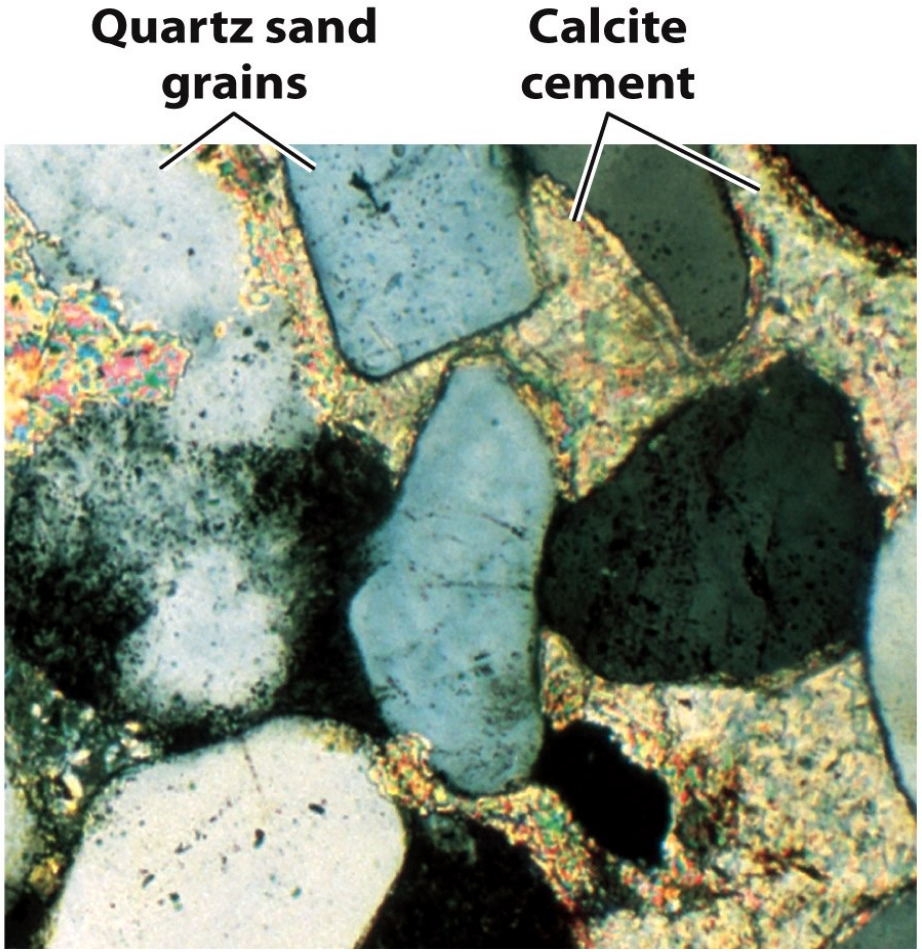


Figure 5.17
***Understanding Earth*, Sixth Edition**
© 2010 W. H. Freeman and Company

La recristallisation et l'épigénisation

- La recristallisation ne peut, contrairement à la cimentation, s'effectuer qu'après et au cours de l'enfouissement. La pression et la température augmentent ce qui engendre la dissolution de minéraux (comme pour la compaction) mais qui recristalliseront plus tard dans de nouvelles conditions de milieux..

3 Different sediments result in different sedimentary rocks.

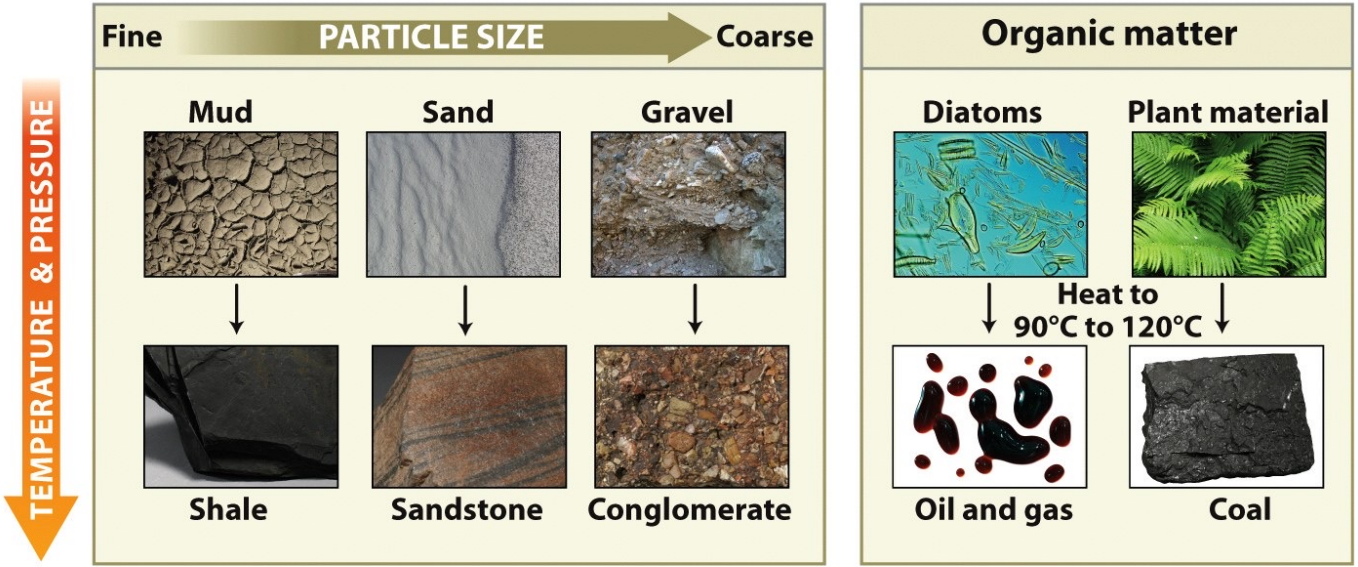


Figure 5.16 part 3
***Understanding Earth*, Sixth Edition**
© 2010 W. H. Freeman and Company

Facteurs influençant la diagenèses

- Cette évolution a lieu sous l'effet de facteurs physico-chimiques telle que :
- la porosité
- la circulation de fluide dans les sédiments,
- la pression et la température

Résumé

- Pour Résumer…Les roches sédimentaires font partie inhérente du cycle géologique, puisque leurs constituants (grains ou ions solubles) résultent de l'altération de roches ou de sédiments préexistants, que ces constituants ont subi un certain transport et qu'ils se sont déposés dans un bassin de sédimentation.
- L'évolution post-dépôt de ces sédiments, que l'on nomme diagenèse, les transforme en roches sédimentaires. Ces roches peuvent subir un métamorphisme et être à leur tour soumises à l'altération lors de leur passage à la surface des continents.

3 grandes catégories de roches sédimentaires

- Il est possible de classer les roches sédimentaires en trois grandes catégories:
- **1- Les roches détritiques**

Elles sont formées de particules minérales issues de l'altération de roches préexistantes. Comme il s'agit de matériel issu de la terre, on les appelle aussi "terrigènes". Ces particules sont transportées par l'eau, la glace, le vent, des courants de gravité et se déposent lorsque la vitesse de l'agent de transport diminue (ou lors de la fonte de la glace).

3 grandes catégories de roches sédimentaires

- Il est possible de classer les roches sédimentaires en trois grandes catégories:
- **2- Les roches biogéniques ou organiques.**

L'altération fournit, outre les particules solides entrant dans la constitution des roches terrigènes, des substances dissoutes qui aboutissent dans les mers, les lacs et les rivières. Les organismes utilisent ensuite les carbonates, phosphates, silicates présents dans ces substances dissoutes pour constituer leurs tests ou leurs os et ce sont leurs restes qui constituent les roches sédimentaires. Les plantes accumulent des matériaux carbonés par photosynthèse et sont directement à l'origine du charbon. D'autres types de sédiments carbonés, comme par exemple le pétrole, sont générés par des bactéries.

3 grandes catégories de roches sédimentaires

- Il est possible de classer les roches sédimentaires en trois grandes catégories:
- **3- Les roches d'origine chimique**
- Elle résultent de la précipitation de minéraux dans un milieu sursaturé. Les évaporites (anhydrite, halite, gypse, sylvite,...) en sont le meilleur exemple: elles se forment par évaporation.

Composition des roches sédimentaires

TROIS grands composants, pôles ou fractions différents, qui correspondent aux trois sources des sédiments

- Le pôle détritique : Par érosion de roches en places
- Le pôle biologique : Dû à la production biologique
- Le pôle chimique : Par précipitation de sels minéraux

Classifications

DEUX grandes classifications :

- Une classification granulométrique (basée sur la taille des grains)➔

  Les roches détritiques

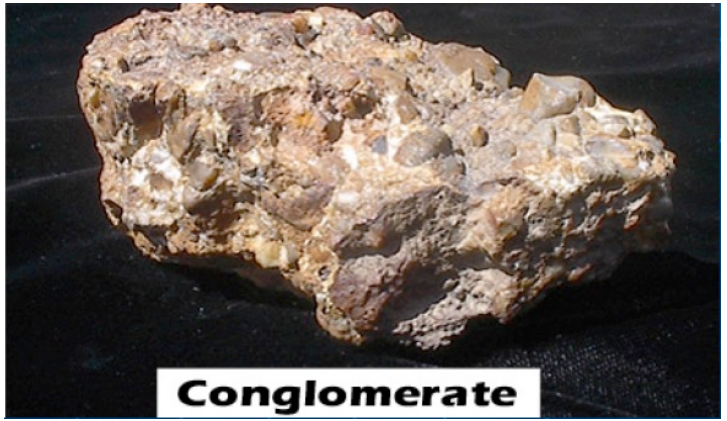
- Une classification texturale (basée sur la texture de la roche) ➔

  Les roches biogéniques ou organiques

Classification granulométrique

Taille des grains	Classe granulo.	Sédiments	Roches	Pour le géologue...
> 2 mm	Rudites	Graviers, blocs	Conglomérat	Je vois les grains à l'œil nu.
2 mm > > 35 µm	Arénites	Sable	Grès	La roche est granuleuse au touché.
< 35 µm	Lutites	Silt	Pélite	La roche est douce au touché. Je ne vois pas de grain.
		Argile	Argilite	

Conglomérats



Porosité: Moyenne
Perméabilité: moyenne
Densité: 2.4 t/m3
Résistance: 70 MPa

Conglomerats

Prof. Bartolomeo Vigna

Mauvaise propriété géotechnique ➔ chute de blocs

Conglomérats

Mauvaise propriété géotechnique

Conglomérats

Mauvaise propriété géotechnique ➔altération facile

Grès

Porosité: Moyenne
Perméabilité: moyenne
Dépend de cimentation
Densité: 2.4 t/m3
Résistance: 70 MPa

Prof. Bartolomeo Vigna

Prof. Bartolomeo Vigna

Prof. Bartolomeo Vigna

Suivant le dégrée de cémentation, propriété géotechnique de moyenne à bonne

Argilites

Porosité: haute
Perméabilité: faible
Densité: 2.3 t/m3
Résistance: 5-50 MPa

Argilites

Argile plastique = Forte déformation
Capacité de portance réduite

➔ propriété de gonflement

Argile sur-consolidée =
caractéristique géotechnique meilleure

Prof. Bartolomeo Vigna

Pélite

Porosité: variable
Perméabilité: variable
Selon degré de consolidation
Densité: 2.3 t/m3
Résistance: 5-100 MPa

Alternance roches compétentes et non compétentes

Prof. Bartolomeo Vigna

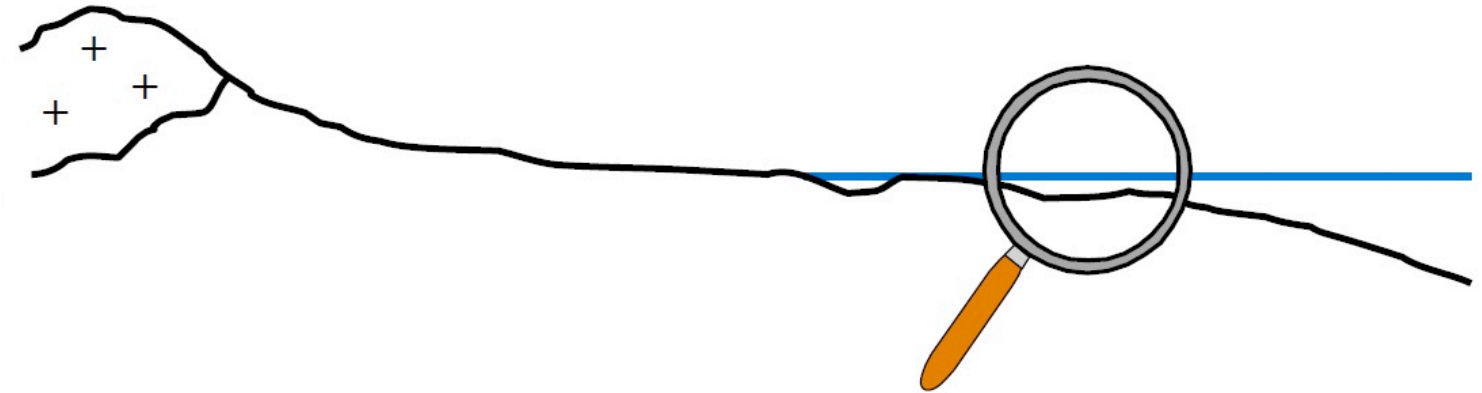
Alternance roches compétentes et non compétentes

Prof. Bartolomeo Vigna

Alternance roches compétentes et non compétentes

Prof. Bartolomeo Vigna

Classification texturale

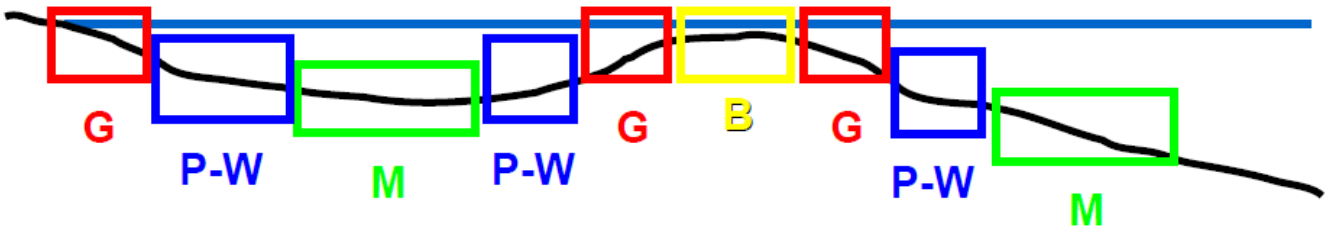


Classification texturale
Classification de Dunam

Forte énergie → Grainstone

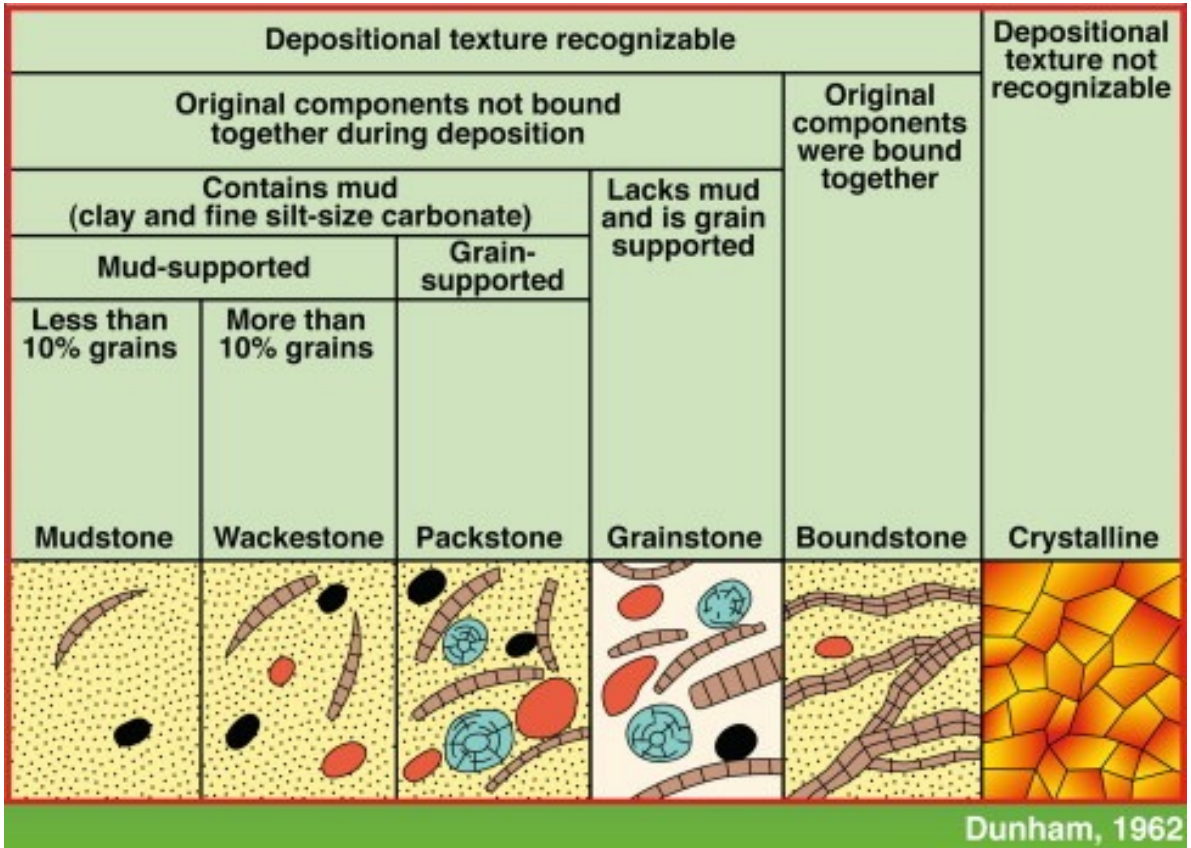
Moyenne énergie : Packstone ou Wackestone

Faible énergie → Mudstone



Récif : Boundstone

Classification texturale
Classification de Dunam

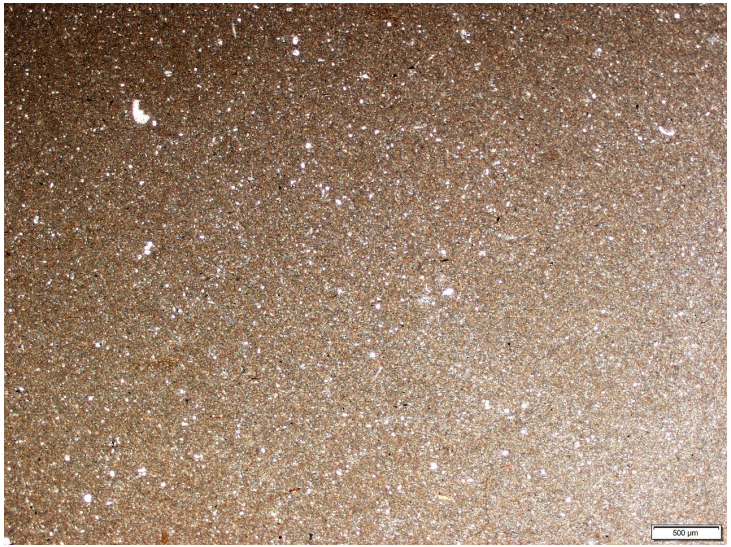


Classification texturale
Classification de Dunam

- MUDSTONE= BOUE
- WACKESTONE= BOUE + RARES ELEMENT
- PACKSTONE= BOUE + BCP ELEMENTS
- GRAINSTONE= PAS DE BOUE + BCP ELEMENTS
- BOUNDSTONE= Organisme en position de vie

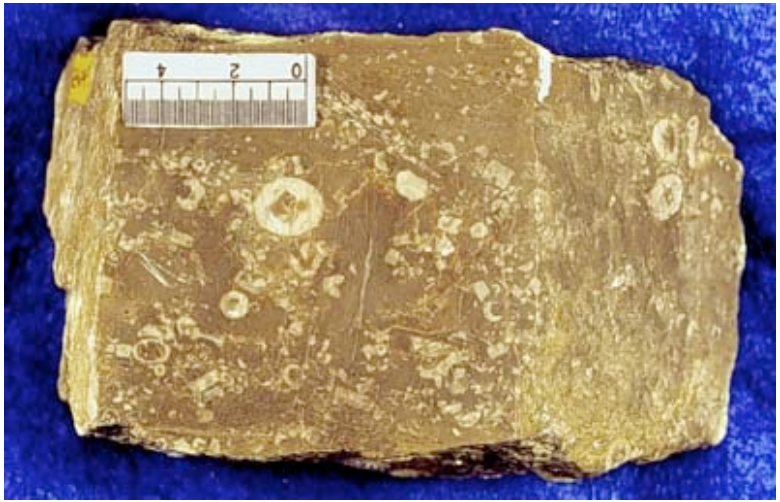
Porosité: très variable (1% à 30 %)
Perméabilité: variable de (10^{-13} à 10^{-21} m2)
Dépend de la porosité
Densité: variable
Résistance: 30-250 MPa

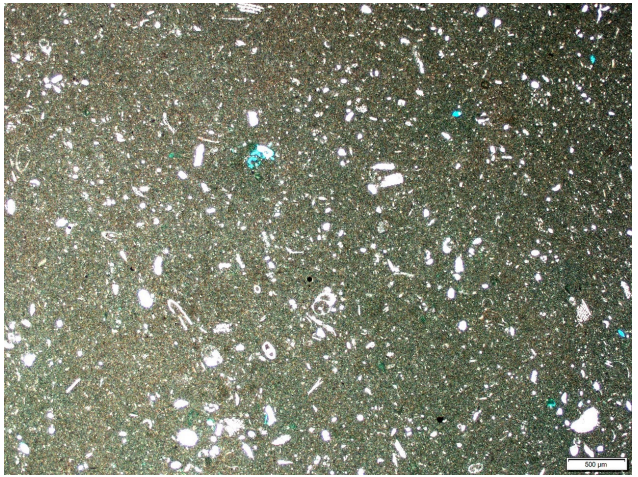
Classification texturale
Classification de Dunam



Mudstone

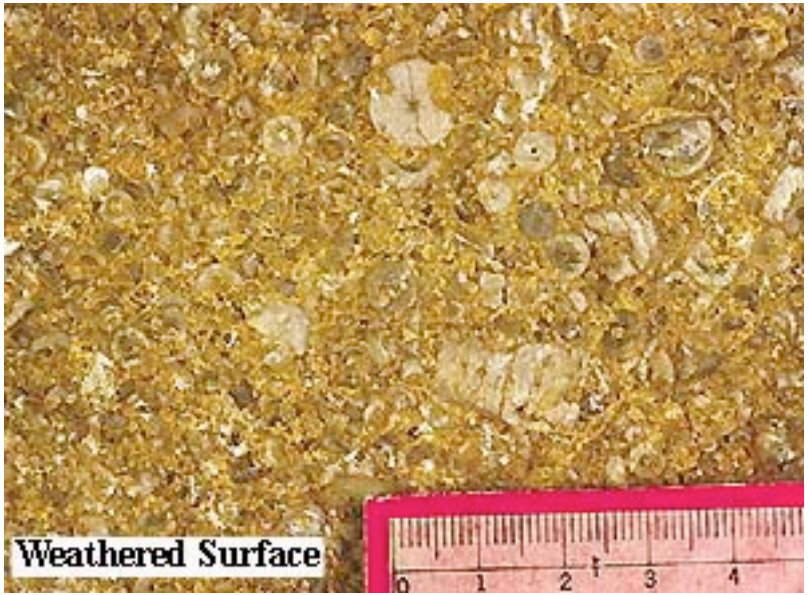
Classification texturale
Classification de Dunam

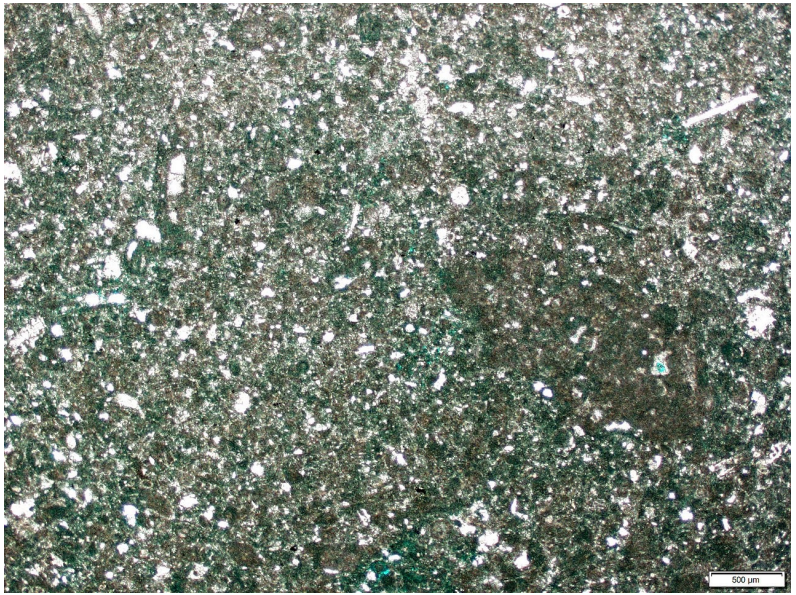




WACKESTONE

Classification texturale
Classification de Dunam





Packstone

Classification texturale
Classification de Dunam

Grainstone

Classification texturale
Classification de Dunam

Boundstone

Les roches biogéniques ou organiques

Sediment	Rock	Chemical Composition	Minerals
BIOLOGICAL			
Sand and mud (primarily bioclastic)	Limestone	Calcium carbonate ($CaCO_3$)	Calcite, aragonite
Siliceous sediment	Chert	Silica (SiO_2)	Opal, chalcedony, quartz
Peat, organic matter	Organics	Carbon compounds; carbon compounded with oxygen and hydrogen	(Coal, oil, natural gas)
No primary sediment (formed by diagenesis)	Phosphorite	Calcium phosphate ($Ca_3(PO_4)_2$)	Apatite

Les roches d'origine chimique

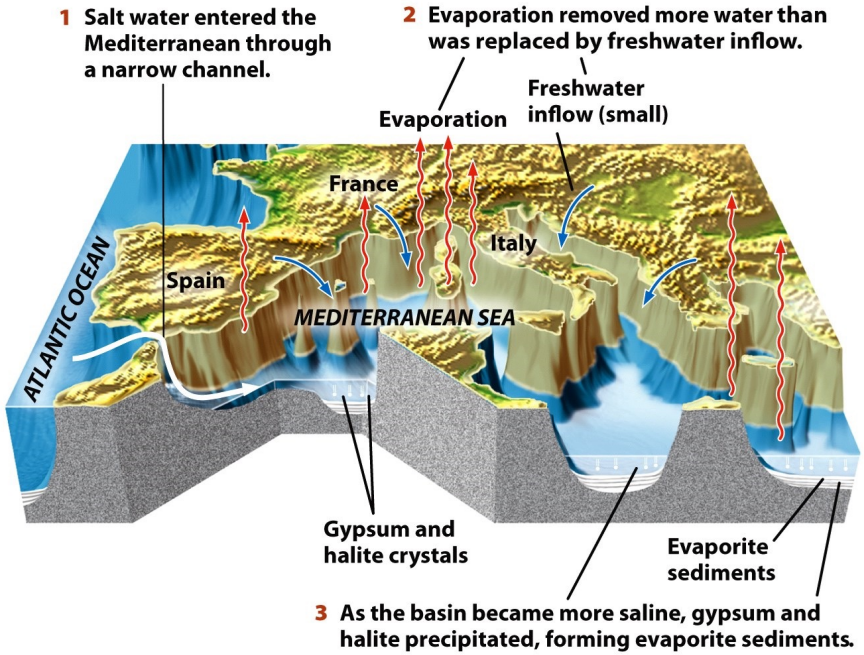
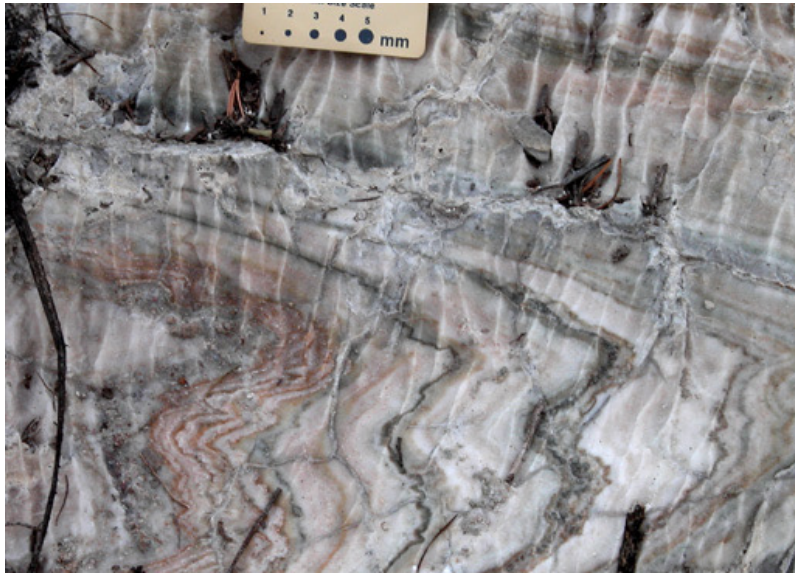


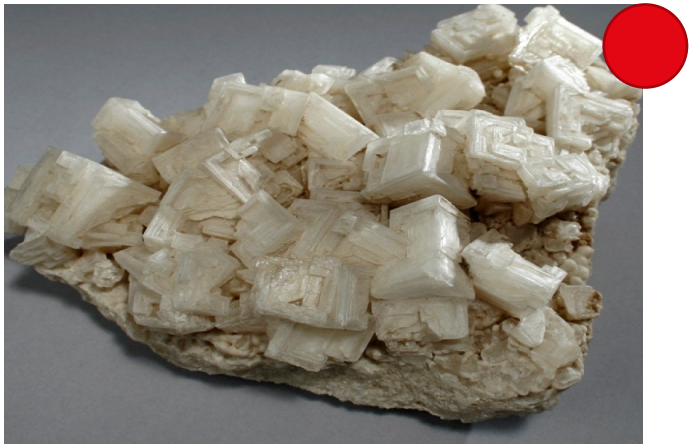
Figure 5.24
Understanding Earth, Sixth Edition
© 2010 W. H. Freeman and Company

Les roches d'origine chimique

Porosité: variable
Perméabilité: variable
Dépend du degré de dissolution
Densité: 2.2 t/m3
Résistance: 50 MPa

Roche
gypse/anhydrite

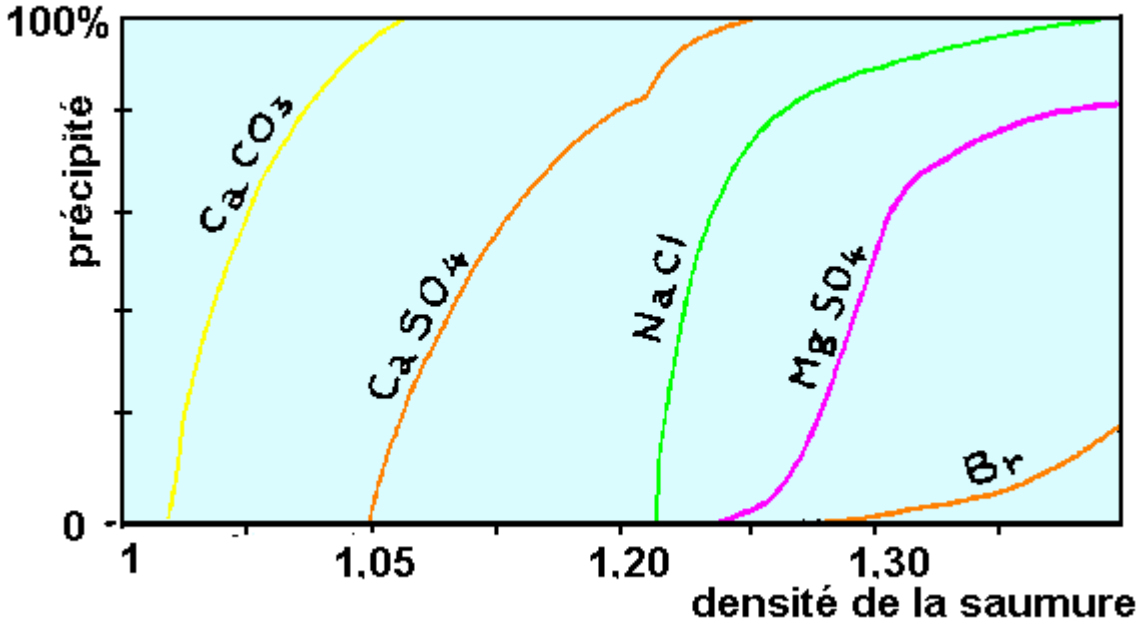




Cristal de sel (halite)

Cristal de gypse

Ordre de précipitation



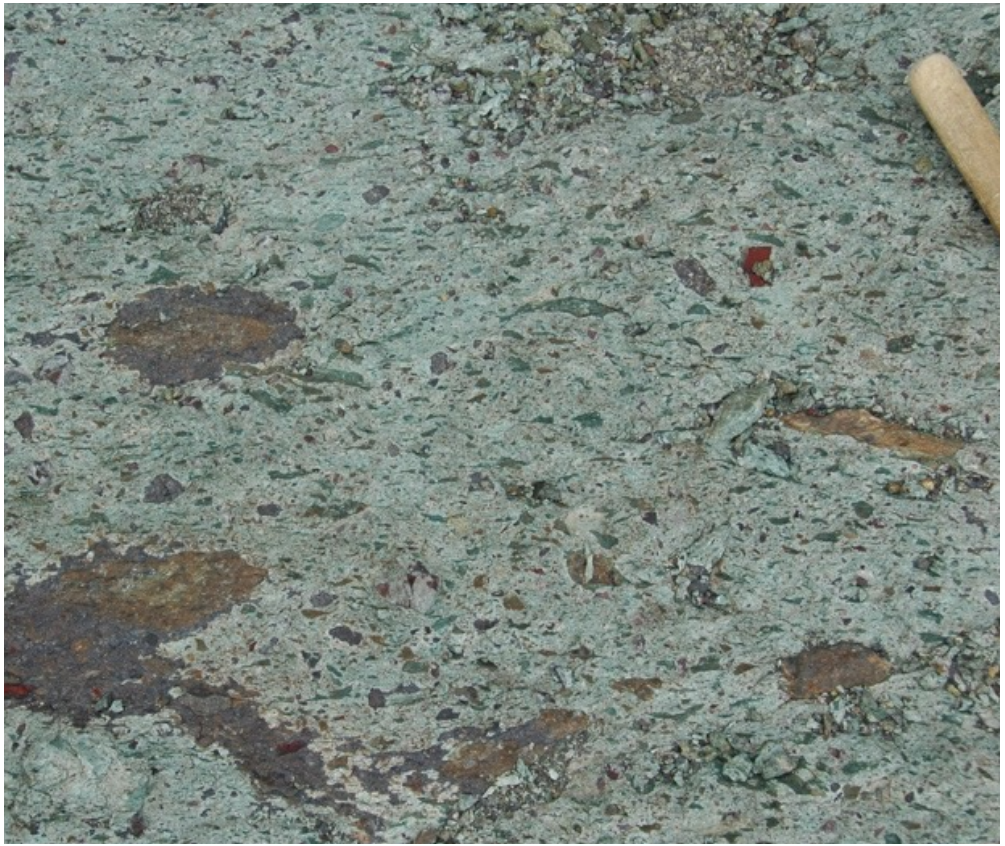
Karst dans le gypse

Prof. Bartolomeo Vigna

Mine de gypse

Prof. Bartolomeo Vigna

Sédiments volcanoclastiques



Observations

Déterminer si la roche est détritique, biologique ou chimique

Quels sont les éléments majoritaires ?

- Des fragments de roches ? ➔ Roches détritiques
- Des organismes ? ➔ Roches biologiques
- Si on ne voit pas d'éléments…
  - On se sert de sa langue
    - Cela peut être de la halite (goût salé)
    - Les argilites happe la langue
  - On fait le test à HCl:
    - Si effervescence ➔ Mudstone
    - Si pas effervescence ➔ Argilite ou pélite

Observations

- On classe cette roche :
- Si elle est biologique, on utilise de préférence la classification texturale. On regarde la «boue »et les «éléments »
- Si elle est détritique, on utilise obligatoirement la classification granulométrique. On regarde la taille des grains

Exercices

- Entourer la ou les bonne (s) réponse (s):

Un granite est toujours composé:

a) Quartz b) Feldspath c) Calcite

Un granite est une roche

a) Entièrement cristallisée b) extrusive c) plutonique d) sédimentaire

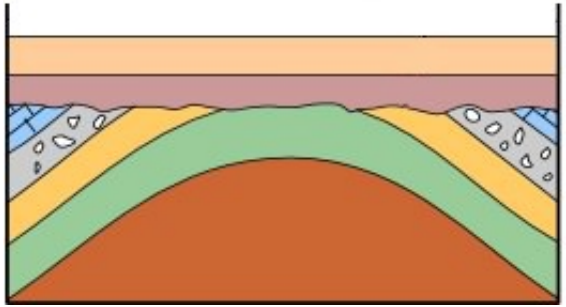
Un grès est souvent composé:

a) Quartz b) Feldspath c) Calcite

Un grès est un roche :

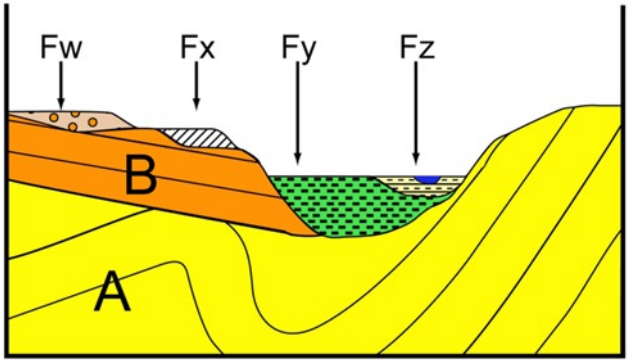
a) Entièrement cristallisée *b) exogène c) détritique d) sédimentaire*

Exercices



1) Repérer et numéroter (de 1 à n) les différentes unités géologiques présentes sur cette coupe en tenant compte de leur ordre stratigraphique (l'unité géologique la plus ancienne sera numérotée 1).
2) Etablir l'histoire géologique du secteur géographique correspondant à cette coupe.
3) Les unités géologiques présentes sur cette coupe sont-elles d'origine sédimentaire, magmatique ?

Exercices



A et B sont des unités sédimentaires / Fw, Fx, Fy et Fz sont des dépôts fluviatiles / les alluvions Fw contiennent des galets issus de l'érosion de l'unité sédimentaire B.

1) Etablir l'histoire géologique du secteur géographique correspondant à cette coupe.