

Géologie Appliquée au Génie Civil GC1



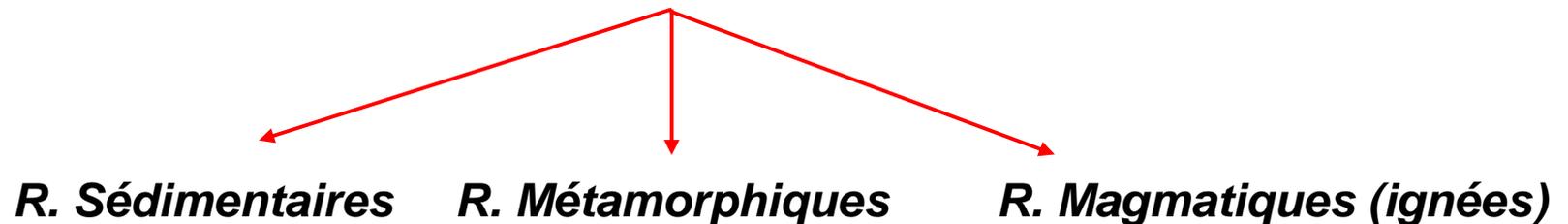
Chap. 1: Pétrographie des roches

1. Introduction

Une roche désigne tout matériau solide et cohésif constitué d'un assemblage de grains ou de plusieurs minéraux en proportions variables.



Roches (3 familles)

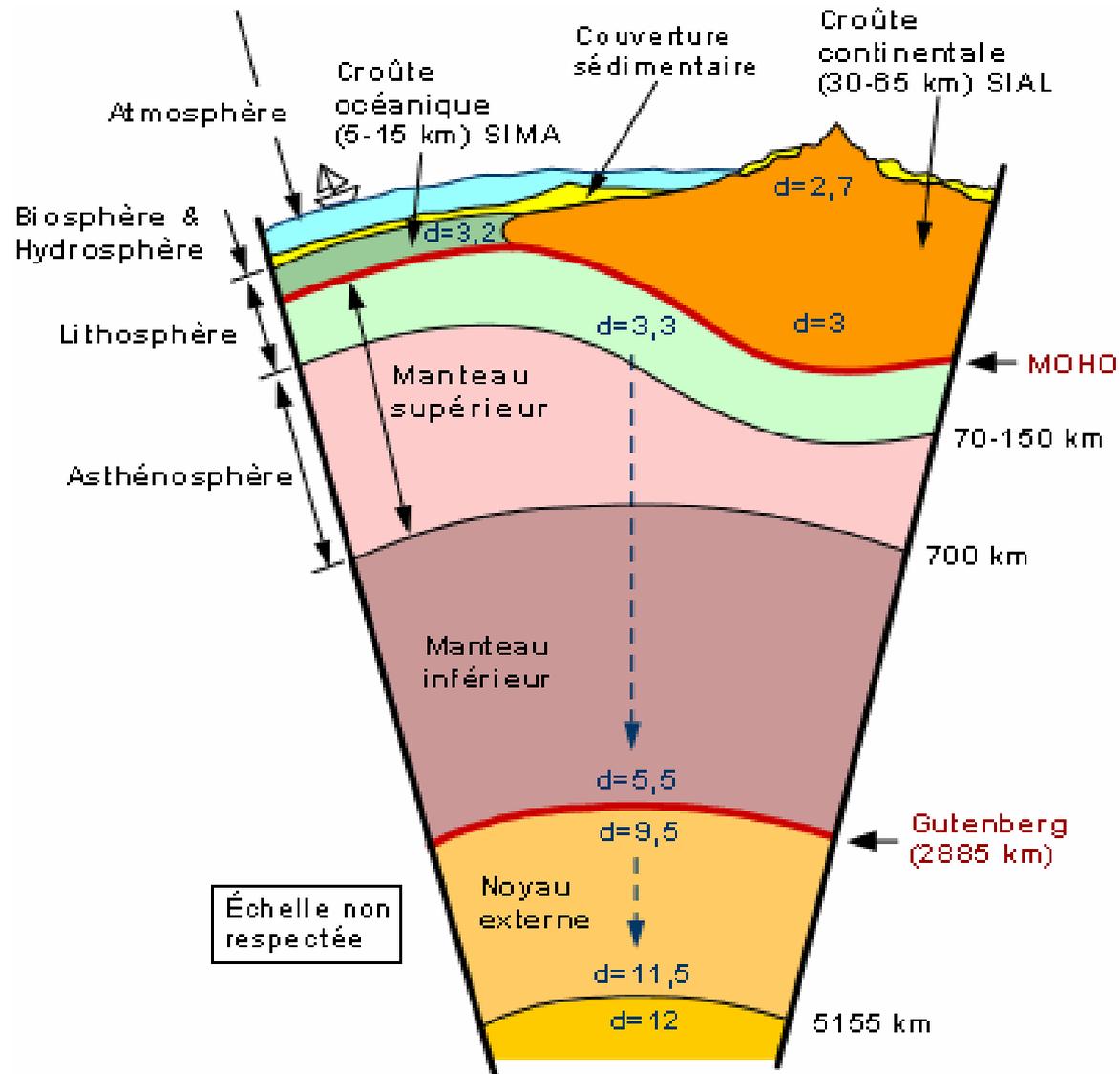


2. Roches magmatiques ou ignées

Les magmas proviennent tous du manteau.

Les roches magmatiques, issues de la cristallisation des magmas, devraient donc avoir toutes la même composition. **Ça n'est pas le cas. Pourquoi?**

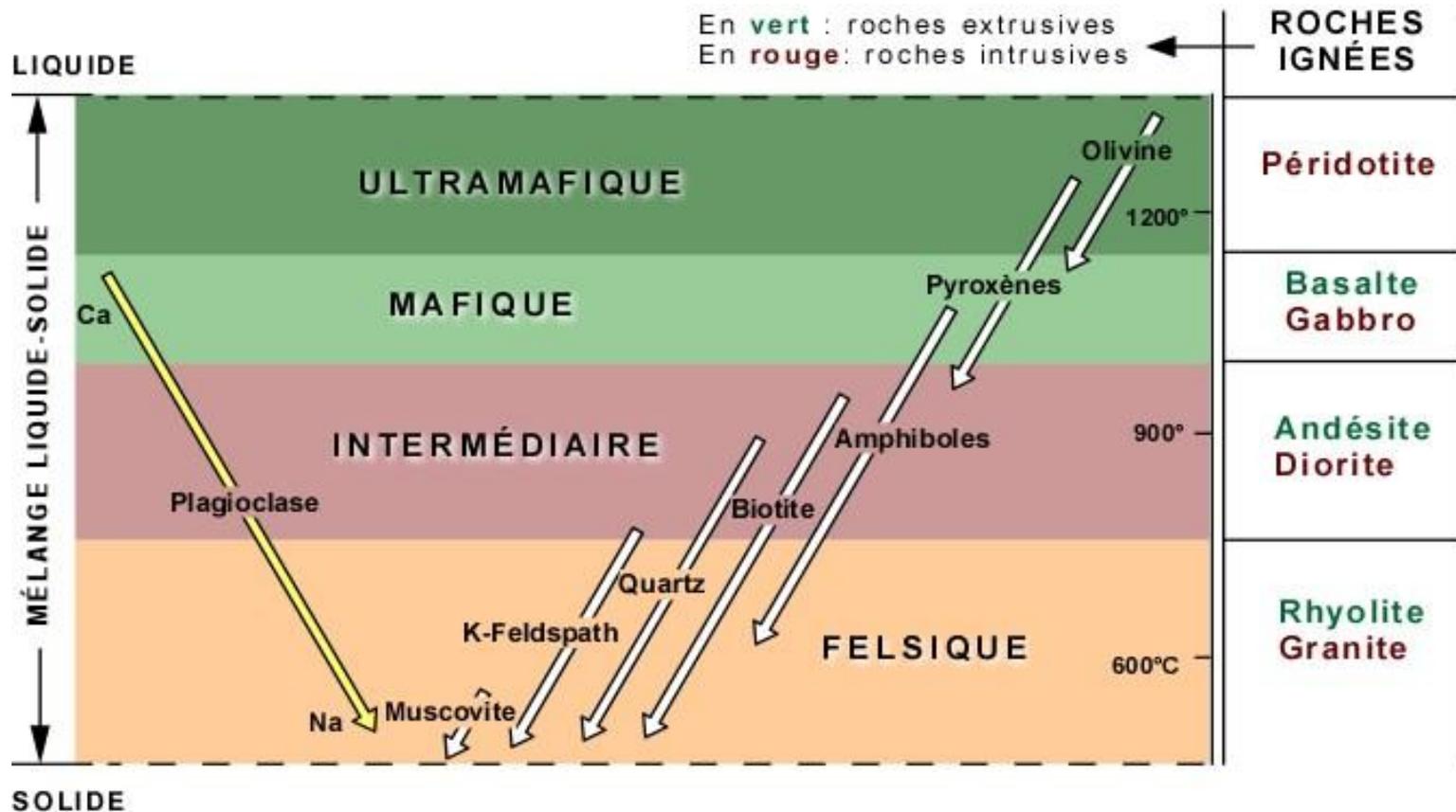
Pour bien répondre à cette question, il est essentiel de connaître deux processus importants: **la cristallisation fractionnée** et **la fusion partielle**.



2. Roches magmatiques ou ignées

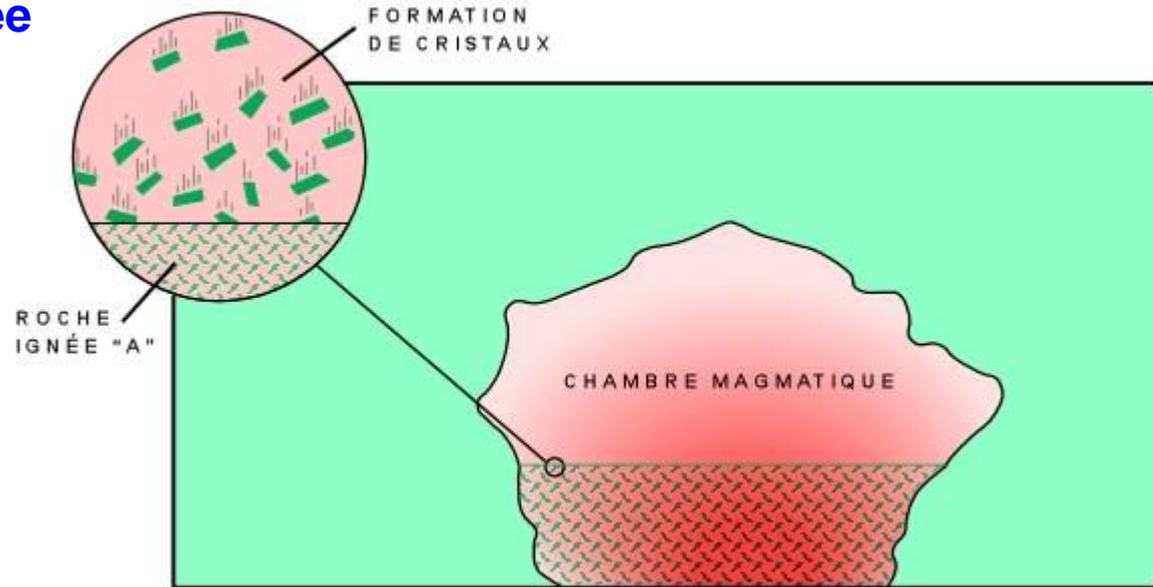
La cristallisation fractionnée:

La cristallisation des silicates dans un magma se fait dans un ordre bien défini, selon la **suite réactionnelle de Bowen**, produit des assemblages minéralogiques différents : **ultramafiques**, **mafiques**, **intermédiaires** et **felsiques**.



2. Roches magmatiques ou ignées

Cristallisation fractionnée



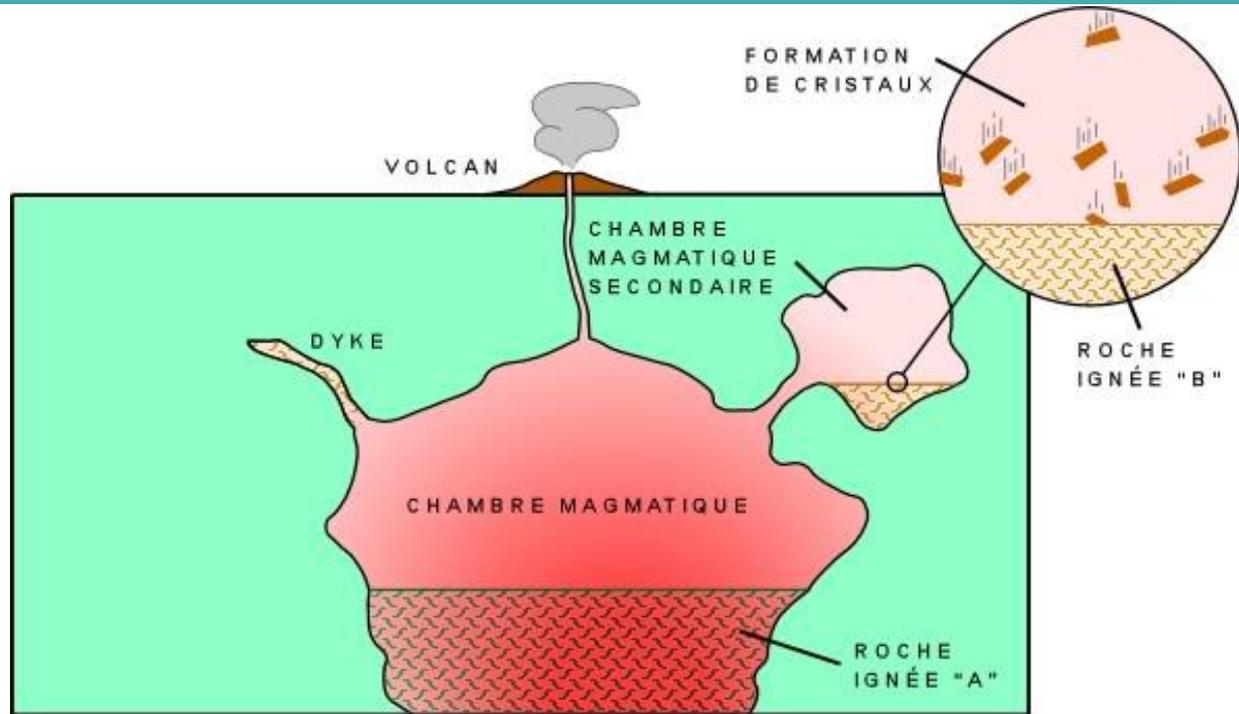
Les premiers minéraux à cristalliser seront évidemment les minéraux de haute température, olivine d'abord, pyroxènes et amphiboles ensuite.

Ces cristaux vont se former dans le magma et vont sédimenter vers la base de la chambre magmatique pour former une roche riche en olivine, pyroxène et amphibole, une roche ignée mafique, un gabbro par exemple.

Le liquide restant sera donc appauvri en ces minéraux; on aura donc un magma de composition différente de sa composition initiale. Ce magma aura une composition disons intermédiaire.

2. Roches magmatiques ou ignées

Cristallisation fractionnée



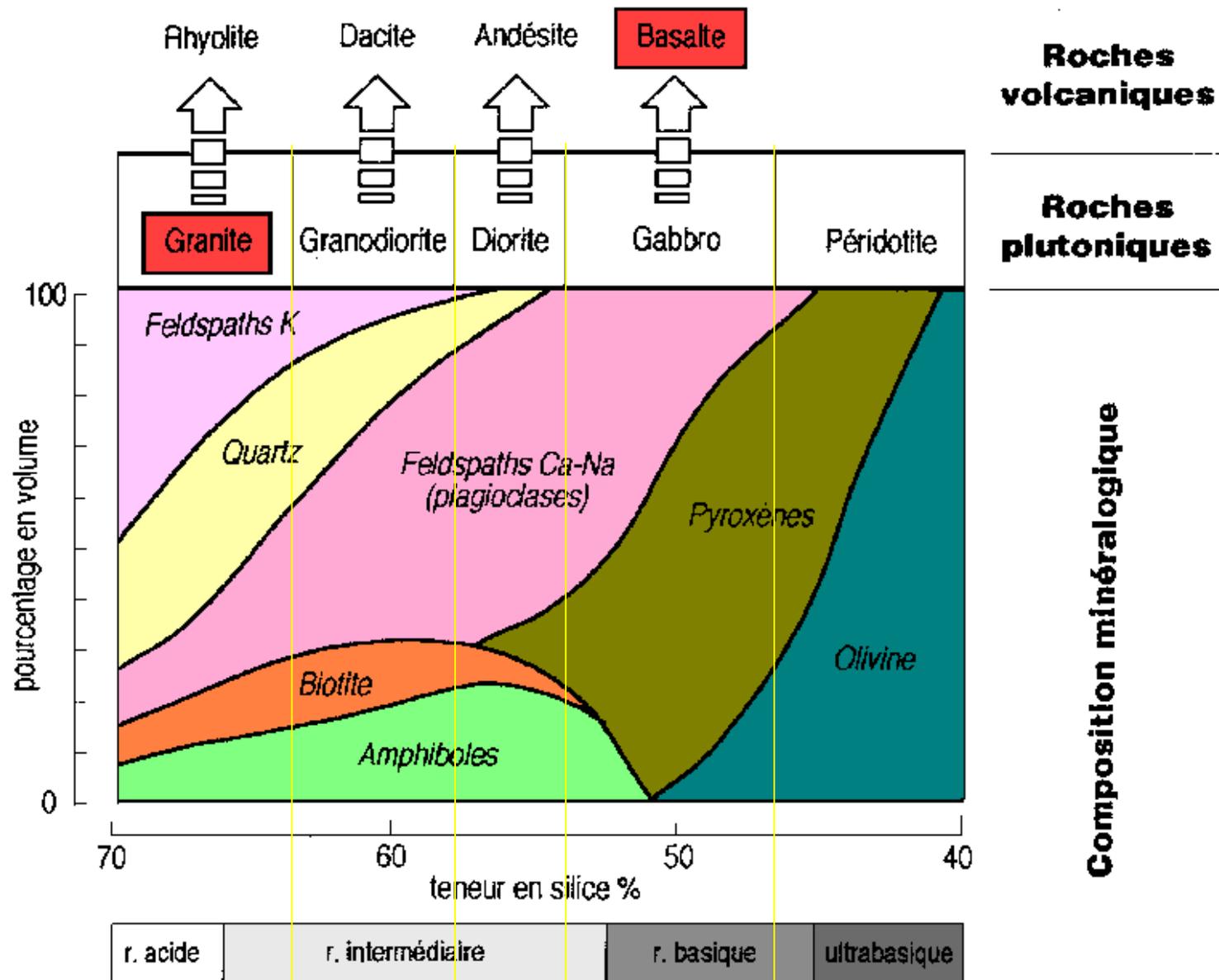
Si ce magma (liquide restant) est introduit dans une chambre secondaire et qu'il poursuit son refroidissement, **les premiers minéraux à cristalliser seront les amphiboles, les biotites, le quartz et certains feldspaths plagioclases**, ce qui produira une **roche ignée intermédiaire**, une diorite par exemple.

Si ce magma fait son chemin jusqu'à la surface, on aura des laves andésitiques.

Ainsi, à partir d'un magma de composition donnée, on peut obtenir plus d'un type de roche ignée.

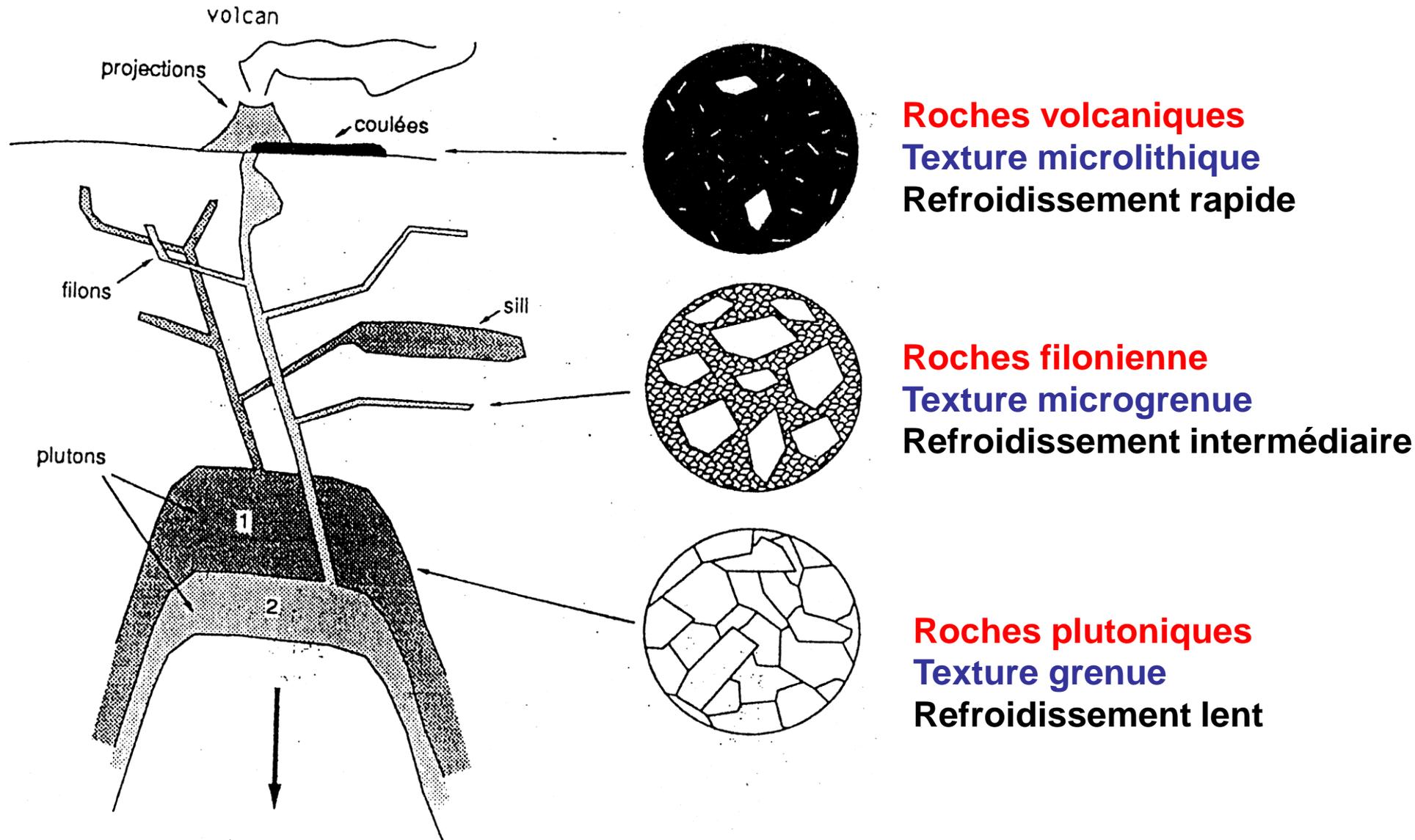
2. Roches magmatiques ou ignées

Classification des roches ignées



2. Roches magmatiques ou ignées

Textures des roches magmatiques

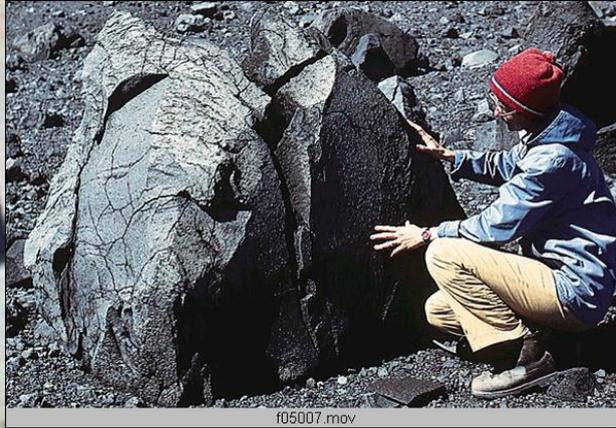


2. Roches magmatiques ou ignées

Exemples de roches magmatiques



Obsidienne



Bombe volcanique



Andésite



Granite



Granite rose



Diorite

3. Roches sédimentaires

Les roches sédimentaires occupent une grande surface de la croûte terrestre (75%).

Elles résultent de l'accumulation de fragments, débris de roche ou de coquille, et/ou de la précipitation à partir des solutions, donnant respectivement des roches détritiques, biogènes et physico-chimiques.

Les roches sédimentaires se présentent en strates (couches) issues des dépôts successifs, et leur aspect actuel résulte de la diagenèse, c-à-d d'une transformation d'un dépôt meuble en roche plus ou moins cohérente.

3. Roches sédimentaires

Étapes de formation

L'érosion

Mécanique
Chimique

Transport

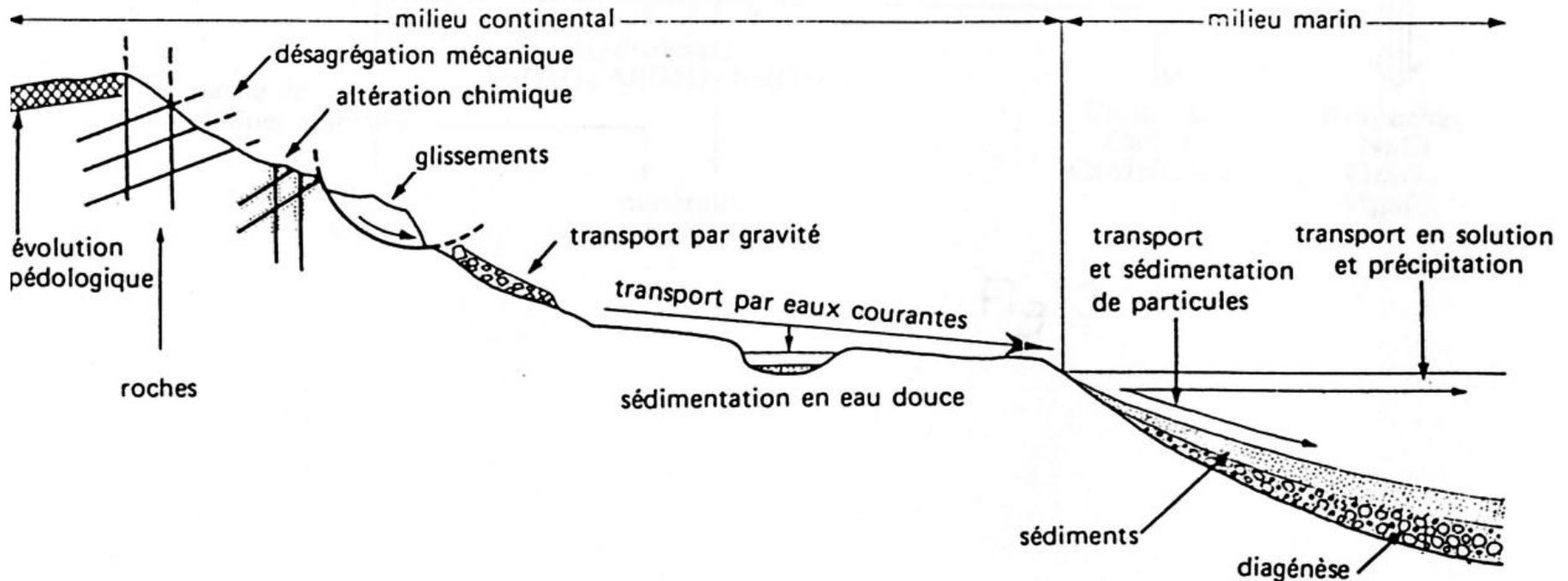
Eau
Vent
Glace

Sédimentation ou dépôt

Milieu continental
Milieu marin

Diagenèse

cimentation



3. Roches sédimentaires

Les roches sédimentaires occupent une grande surface de la croûte terrestre (75%).

Elles résultent de l'accumulation de fragments, débris de roche ou de coquille, et/ou de la précipitation à partir des solutions, donnant respectivement des roches **détritiques, chimiques et biochimiques**.

Les roches sédimentaires se présentent en **strates (couches)** issues des dépôts successifs, et leur aspect actuel résulte de la diagenèse, c-à-d d'une transformation d'un dépôt meuble en roche consolidée.



3. Roches sédimentaires

Genèse des roches sédimentaires

Altération
ou Érosion



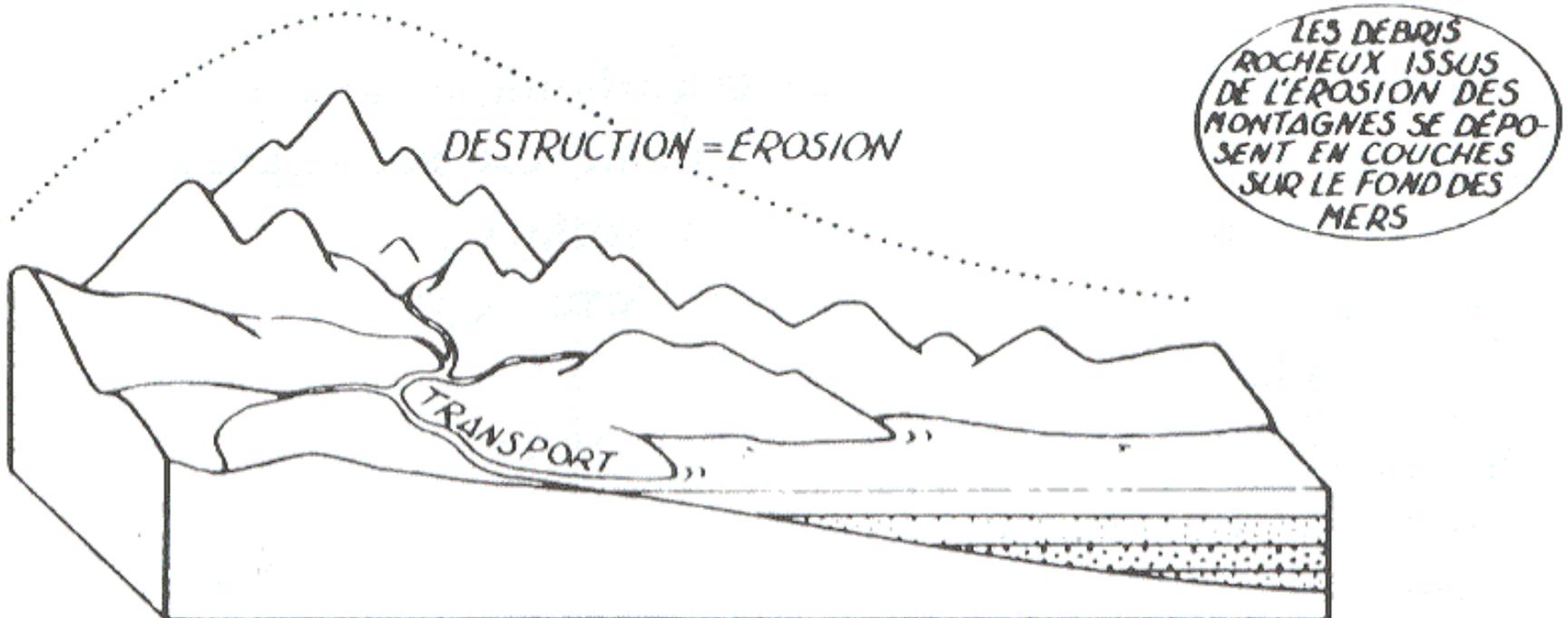
Transport



Sédimentation
ou dépôt



Diagenèse



3.3. Le transport

Les résidus de l'érosion à l'état ionique (en solution) ou solide sont transportés par :

-- l'eau courante (fleuves, vagues, marrées) ;

-- la glace ;

-- le vent ; et

-- la pesanteur (gravité).

3.3. Le transport

3.3.1. Transport des solutions

En climat **tempéré**, les rivières transportent **plus** de matière en solution qu'en suspension (milliards de tonnes/ an).

La répartition des éléments chimiques de l'eau de mer diffère de celle de l'eau d'une rivière : cette dernière est comparativement plus riche en silice dissous.

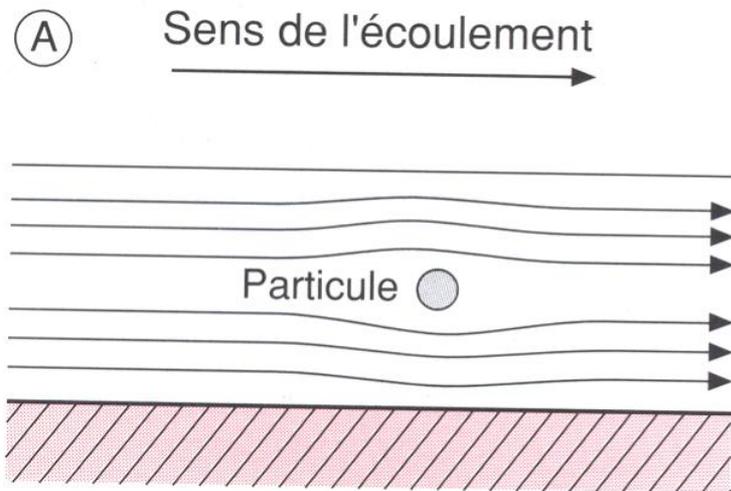
	eau de mer	eau douce
Cl	19000	8
Br	65	–
SO ₄	2650	11
HCO ₃	140	58
H ₃ BO ₃	26	–
Mg	1270	4
Ca	400	15
Sr	8	–
K	380	2
Na	10560	6
Fe	–	2
SiO ₂	6	13
TOTAL	34500	120 ppm

3.3. Le transport

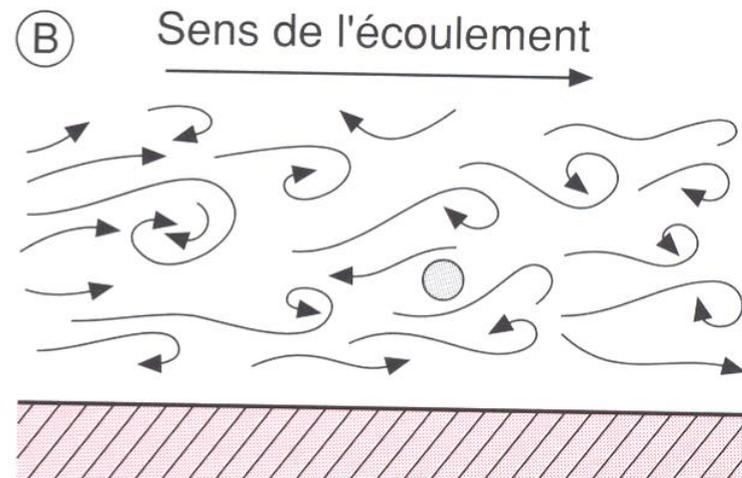
3.3.2. Transport des éléments solides (a- milieu continental fluviatile)

L'action de l'eau dépend de plusieurs facteurs :

- La vitesse d'écoulement de l'eau
- La taille, la forme et la densité des éléments transportés



Écoulement laminaire
(Vitesse et direction constantes.)



Écoulement turbulent
(vitesse et directions variables)

Le débit liquide : $Q = V.S$ (m^3/s)

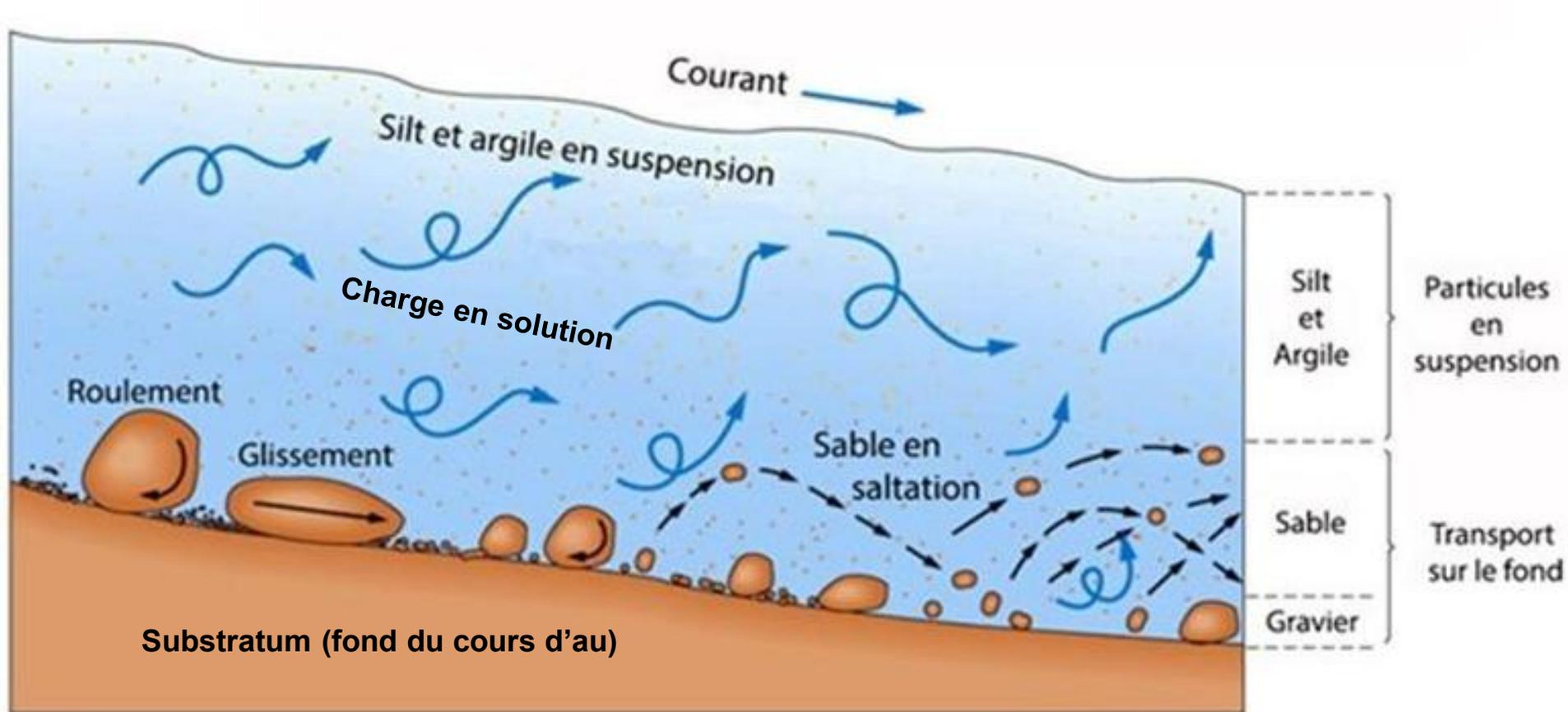
Le débit solide : la charge en sédiments $kg/jour$ ou $tonnes/an$.

L'écoulement permanent ou temporaire, peut être laminaire ou turbulent

3.3. Le transport

3.3.2. Transport des éléments solides (a- milieu continental fluvial)

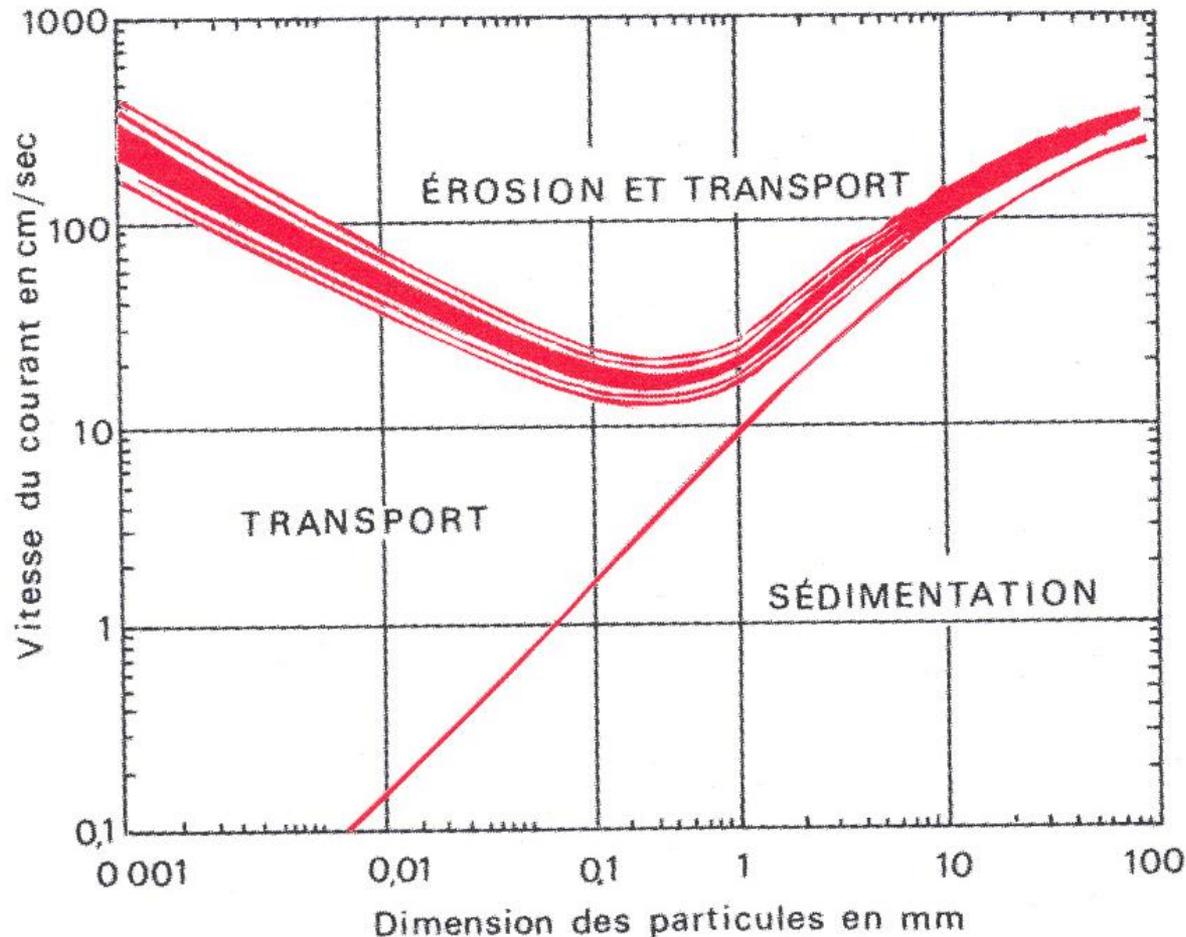
Les modes de transport des particules érodées :



3.3. Le transport

3.3.2. Transport des éléments solides (a- milieu continental fluviatile)

En fonction de la vitesse du courant et de la dimension des particules, **Hjulström** a établi un diagramme délimitant les 3 domaines : érosion, transport et sédimentation.



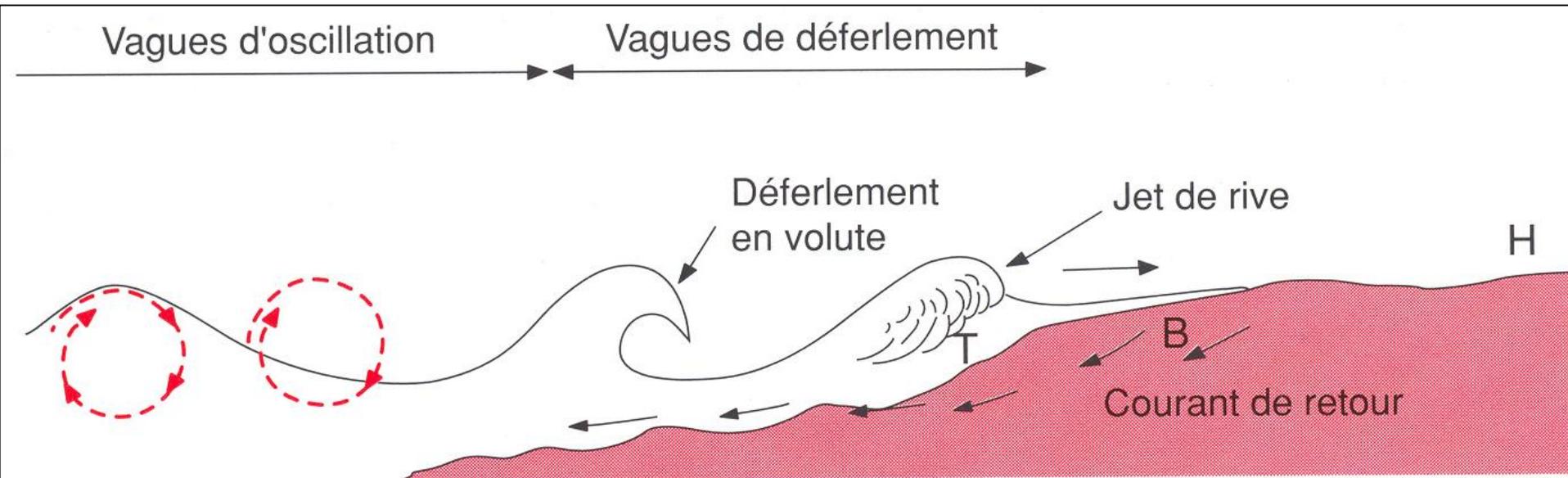
3.3. Le transport

3.3.3. Transport des éléments solides (b- milieu marin littoral)

Les vagues

Les cours d'eau qui débauchent dans les océans, déversent leurs charges sédimentaires dans ces derniers. Ces sédiments vont être repris par l'action marine.

Les agents de transport marin sont les vagues, les marées, et les courants marins (upwelling).



3.3. Le transport

3.3.3. Transport des éléments solides (b- milieu littoral)

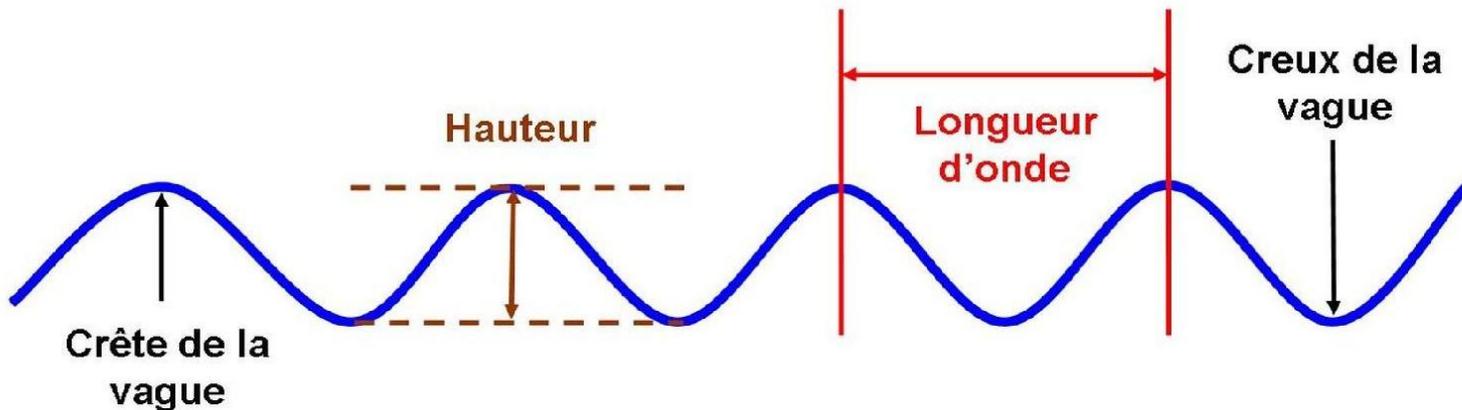
Les **vagues** (houles) est le mouvement ondulatoire (oscillations) que subit la surface de la mer sous l'influence du **vent**.

Elles se caractérisent par une longueur d'onde, l'amplitude (hauteur), la direction et la vitesse de propagation.

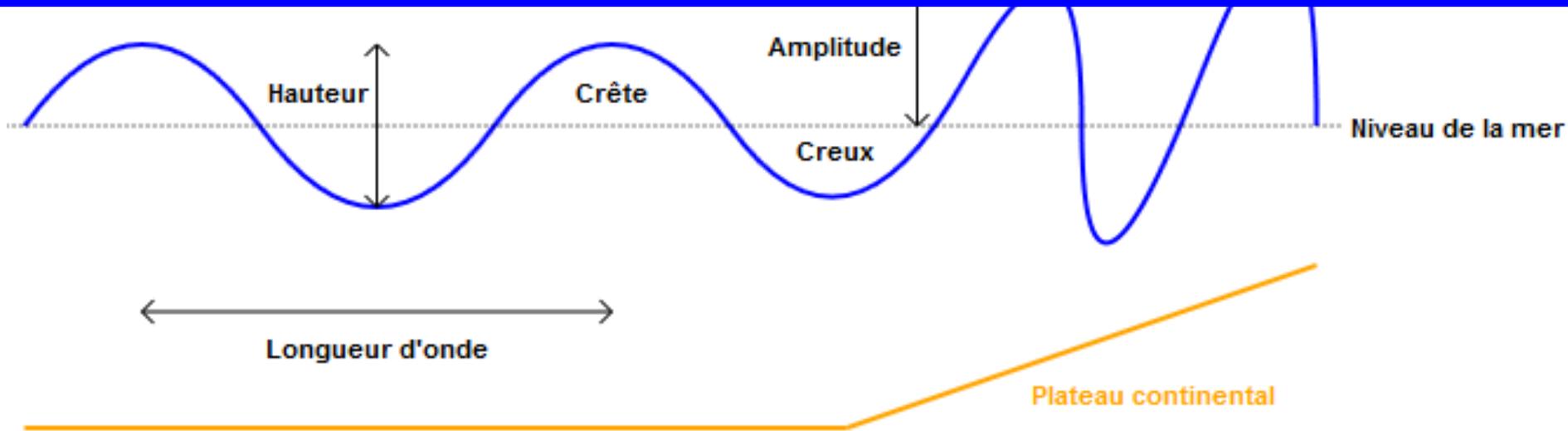
$$L = V \cdot T \quad V = \frac{\sqrt{g \cdot L}}{2\pi}$$

L : longueur d'onde,
V : vitesse,
T : période.

La **période** de la vague est égale au temps nécessaire pour que la forme de la vague se déplace d'une longueur d'onde.

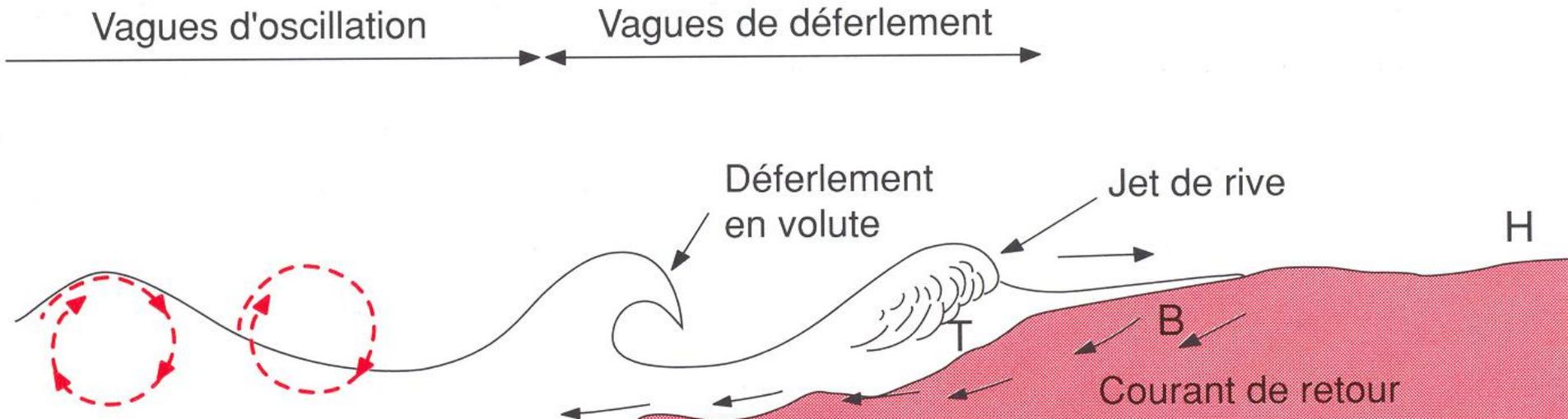


3.3. Le transport



Lorsque la houle approche de la plage, la diminution de la profondeur de l'eau entraîne la réduction de la longueur d'onde.

Cette réduction de la longueur d'onde peut provoquer, la destruction de la vague : on assiste au déferlement : c'est la **zone de brisance**.



3.3. Le transport

II.3. Transport des éléments solides (b- milieu littoral)

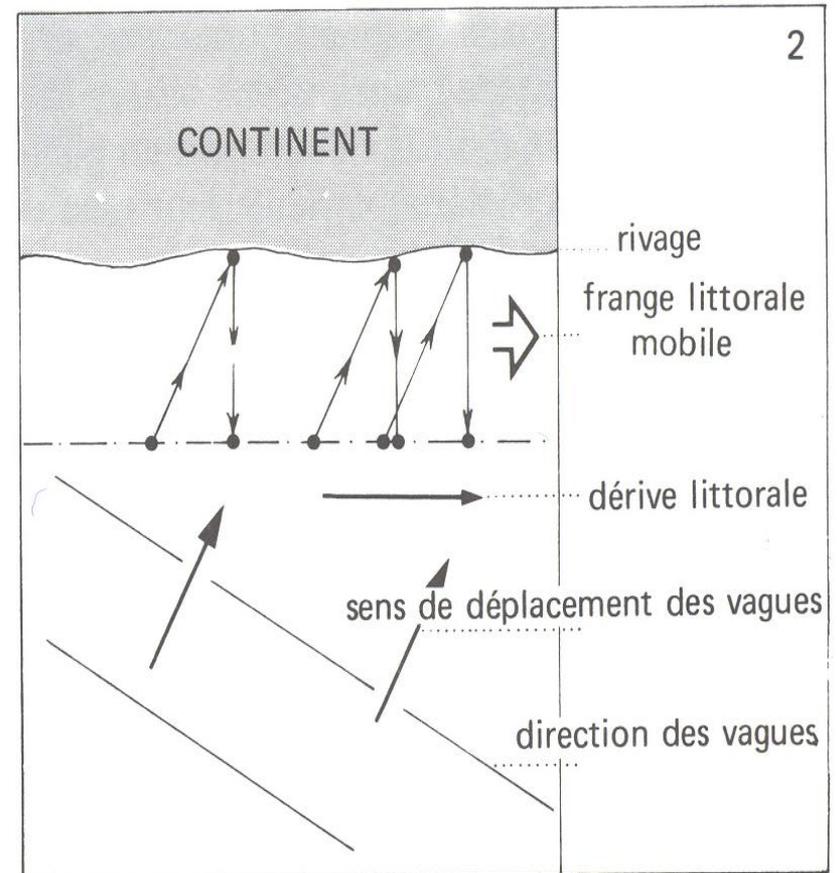
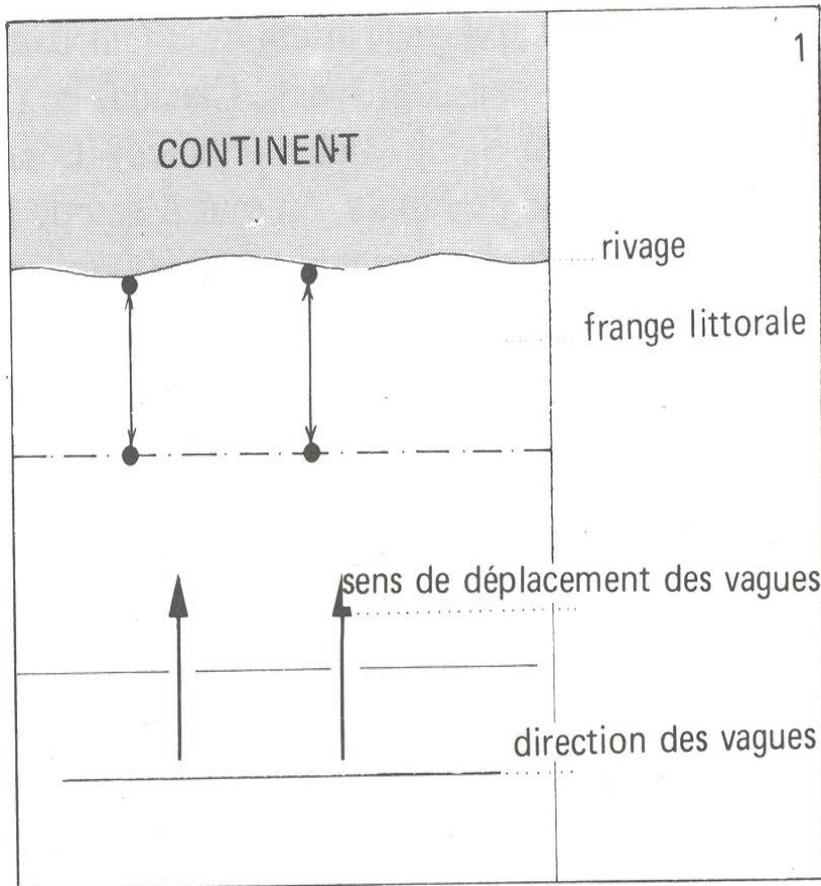
Déferlement des vagues sur le rivage: zone de **brisan**ce.



3.3. Le transport

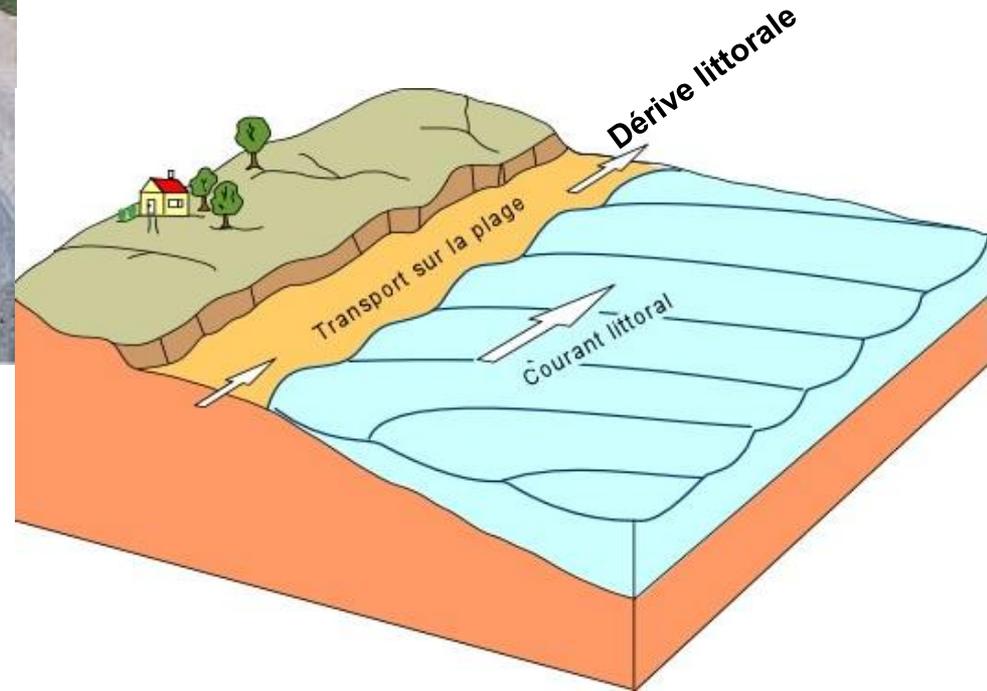
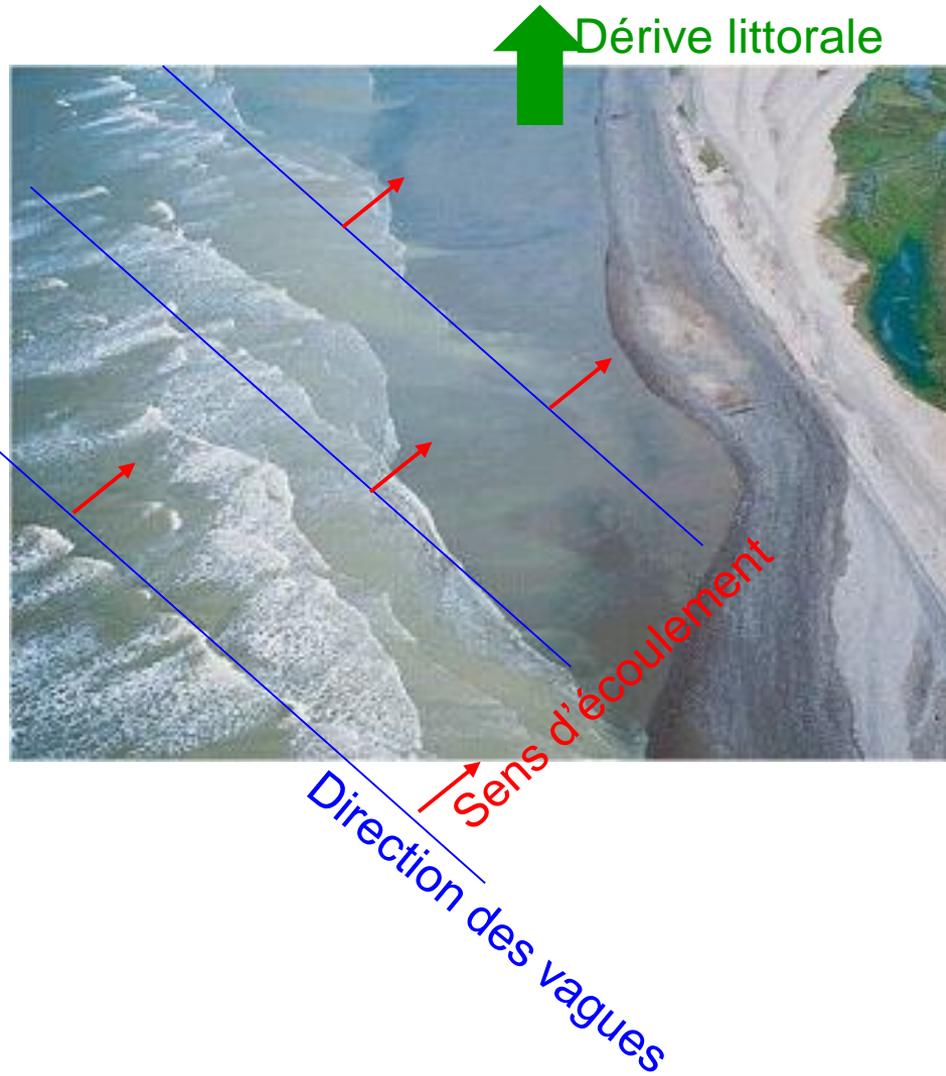
3.3.3. Transport des éléments solides (b- milieu littoral)

Dans la zone de brisance, les vagues sont des agents géologiques **d'érosion et de transport** des sédiments. Ces 2 mécanismes sont fonction de la direction des vagues par rapport à celle du rivage.



3.3. Le transport

3.3.3. Transport des éléments solides (b- milieu littoral)



3.3. Le transport

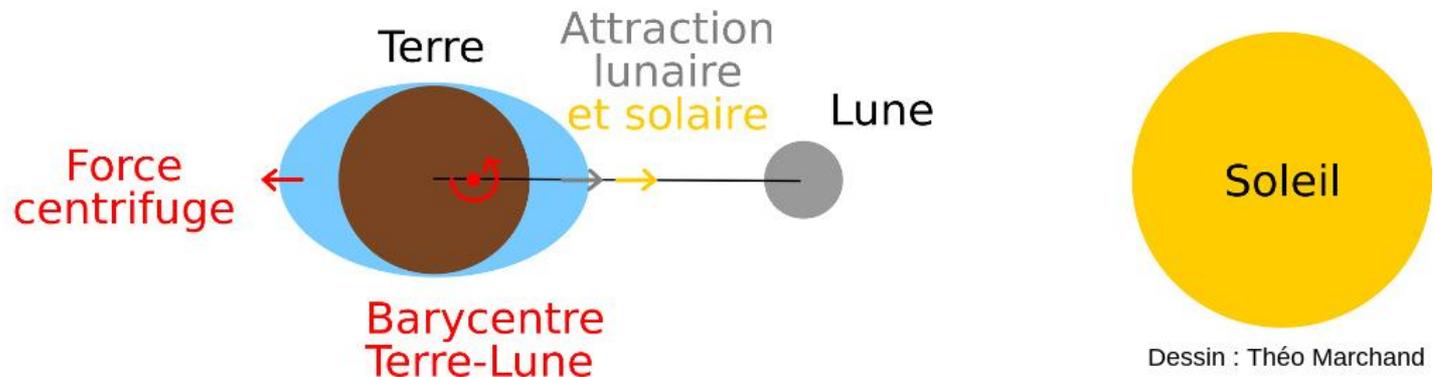
3.3.3. Transport des éléments solides (b- milieu littoral)

Les marrées

C'est l'influence combinée de la **Lune** et du **Soleil** sur la **Terre** qui est à l'origine des marées.

Lorsque les deux astres sont alignés, les effets s'ajoutent (nouvelle et pleine Lune), les marées sont alors de grande amplitude.

Marée de vives-eaux



Dessin : Théo Marchand

3.3. Le transport

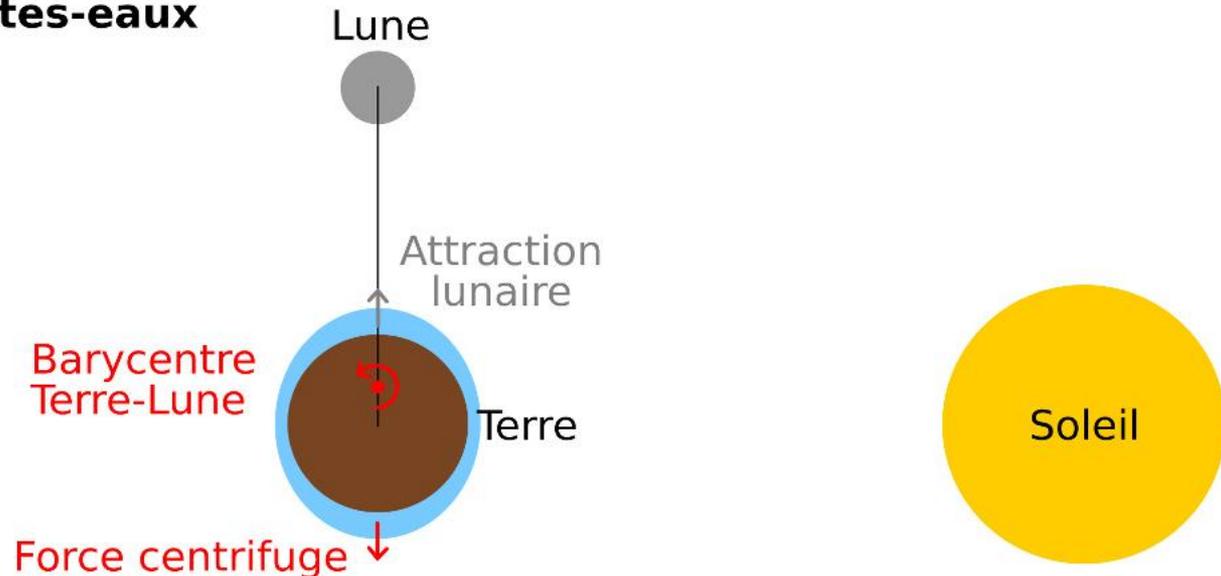
3.3.3. Transport des éléments solides (b- milieu littoral)

Les marrées

C'est l'influence combinée de la **Lune** et du **Soleil** sur la **Terre** qui est à l'origine des marées.

Lorsque les deux astres sont perpendiculaires, les effets se soustraient, le marnage est alors faible.

Marée de mortes-eaux



3.3. Le transport

3.3.3. Transport des éléments solides (b- milieu littoral)

Les marrées

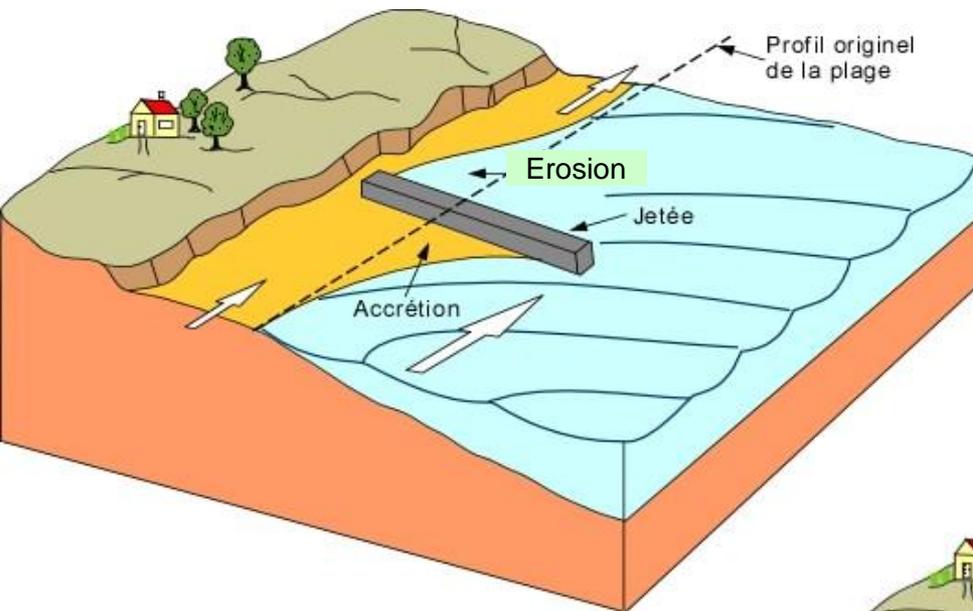
Les plus grandes marées ont lieu aux équinoxes (21 mars et 21 septembre), lorsque l'équateur est dans le plan du Soleil



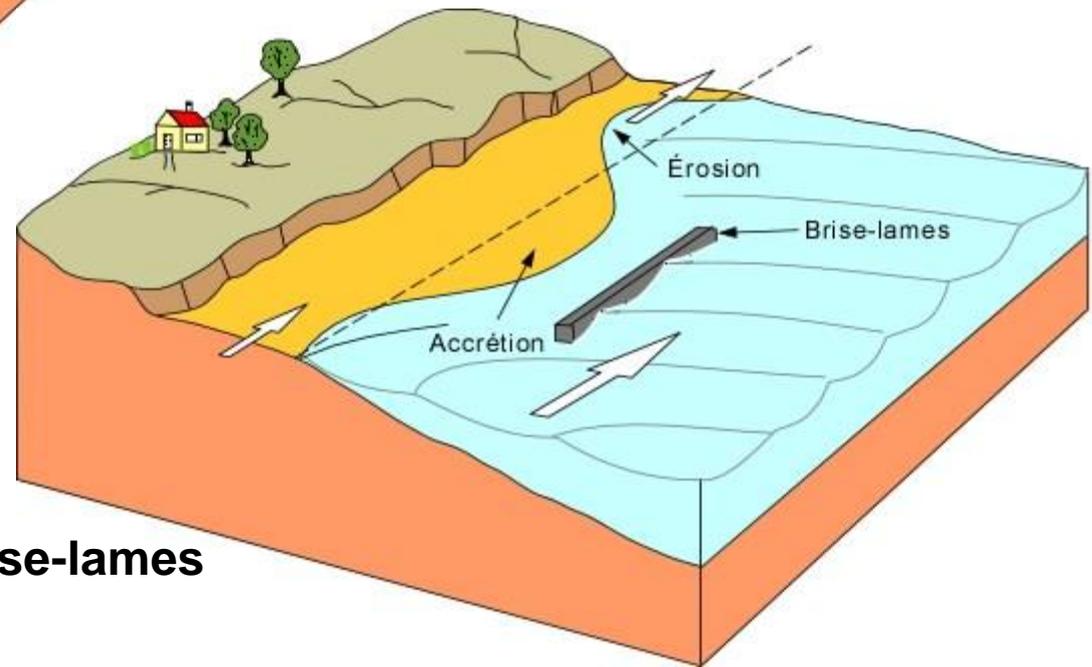
3.3. Le transport

3.3.3. Transport des éléments solides (b- milieu littoral)

Effets des aménagements de Génie civil sur la morphologie des zones côtières



Installation d'une jetée



Construction d'un brise-lames

3.3. Le transport

3.3.3. Transport des éléments solides (b- milieu littoral)

Effets des aménagements de Génie civil sur la morphologie des zones côtières

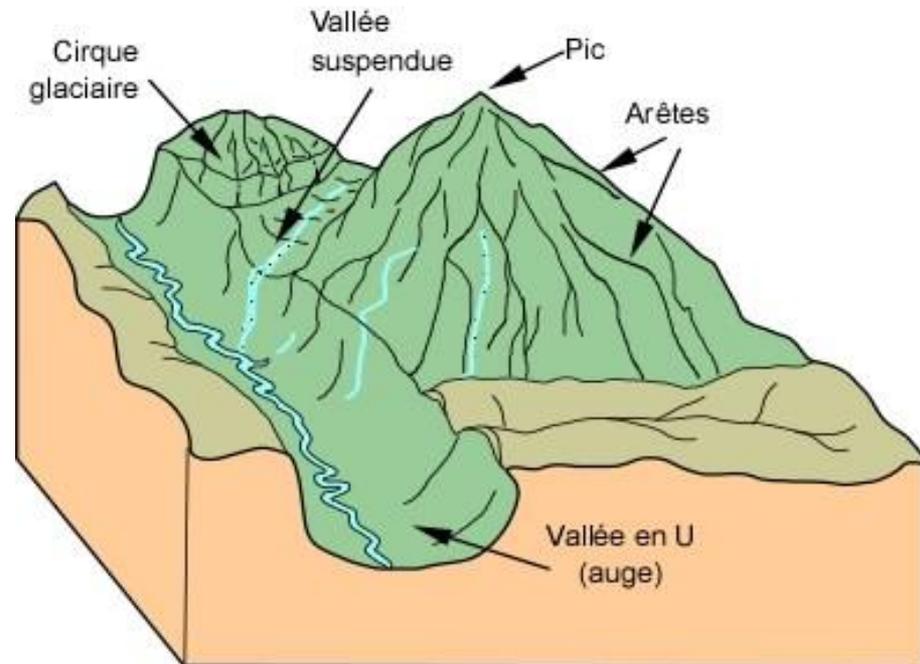
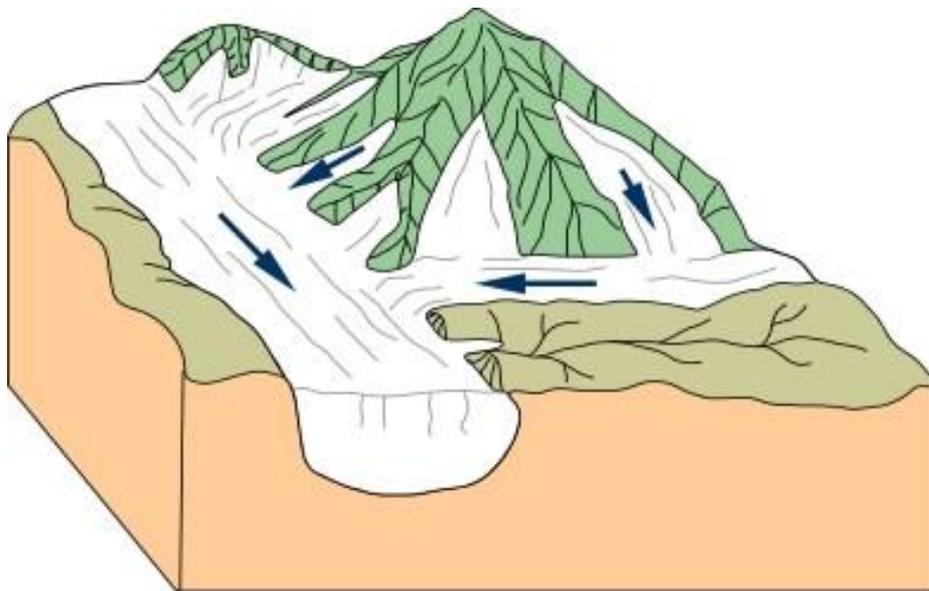


3.3. Le transport

3.3.4. Transport par la glace

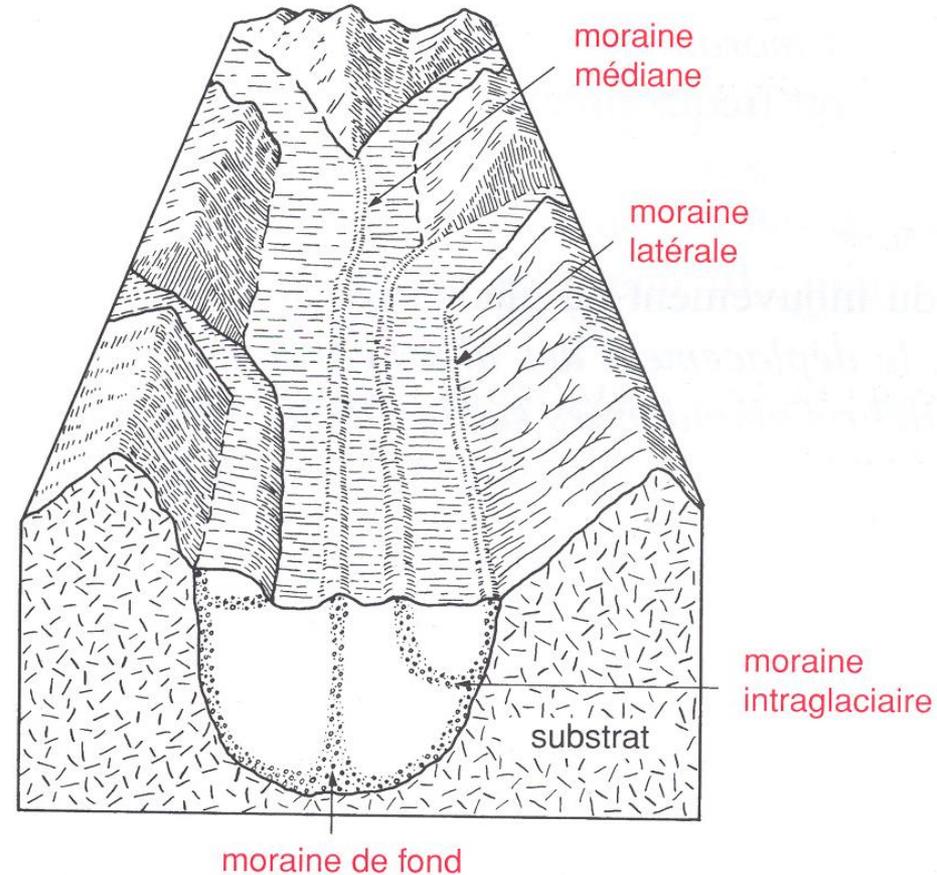
Le transport des éléments solides via la glace se fait le long des vallées glaciaires. Leur creusement n'est pas instantané, mais se fait progressivement à mesure de l'écoulement sur de longues périodes de temps.

Le creusement des vallées peut atteindre des centaines de mètres de profondeur. Ces vallées auront un profil bien caractéristique en forme de **U** (on dit aussi en **auge**).



3.3. Le transport

3.3.4. Transport par la glace



Les sédiments glaciers sont des blocs, galets et fragments de roches mal classés (hétérométriques) = **Moraines**.

Les bols et les galets présentent des **stries** dus au raboutage du fond de la vallée



3.3. Le transport

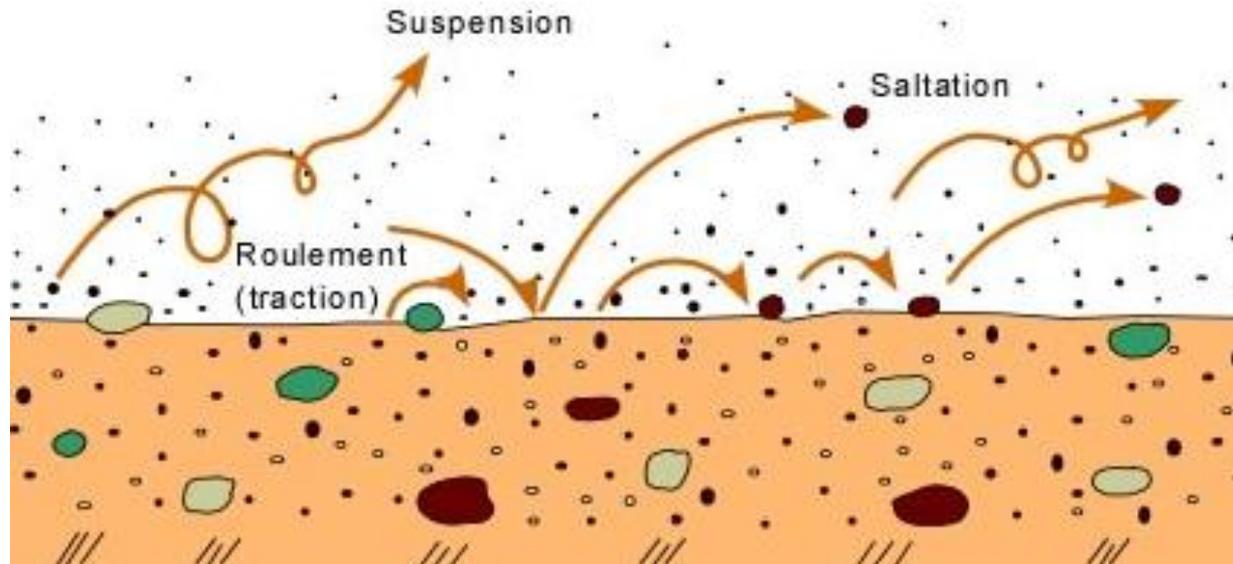
3.3.5. Transport par le vent

Dans les **déserts**, l'agent principal d'érosion et de transport des matériaux est le vent. Il peut agir efficacement pour éroder et transporter les particules, du fait qu'il n'y a ni humidité, ni végétation pour retenir celles-ci et les stabiliser.

Le vent est caractérisé par sa vitesse (km/h) et sa direction (rose du vent)



3.3.5. Transport par le vent



Les plus grosses particules se déplacent par **roulement** ou **glissement** (traction) à la surface, sous l'effet de la poussée du vent ou des impacts des autres particules.

Les particules de taille moyenne (sables) se déplacent par **saltation** (bonds successifs).

Les particules très fines (poussières: silts et argiles) sont transportées en **suspension** dans l'air, souvent sur de très grandes distances.

3.3.5. Transport par le vent



3.3.6. Transport par la gravité : Chute de blocs et écoulements

Une roche qui affleure à la surface de la terre offre des discontinuités (joints de stratification, diaclases, fractures) qui sont des plans de faiblesse mécanique et qui réduisent la cohésion des roches.

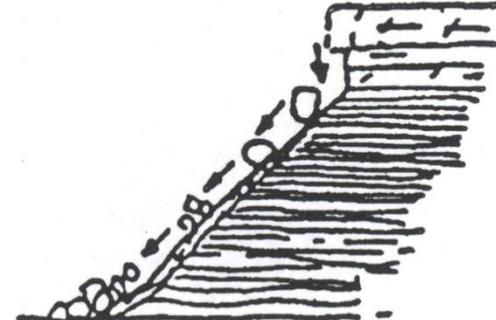
Sous l'effet de la gravité, des matériaux rocheux se détachent de la roche mère et se déplacent vers le bas le long des pentes.



Chute de blocs



Écoulement



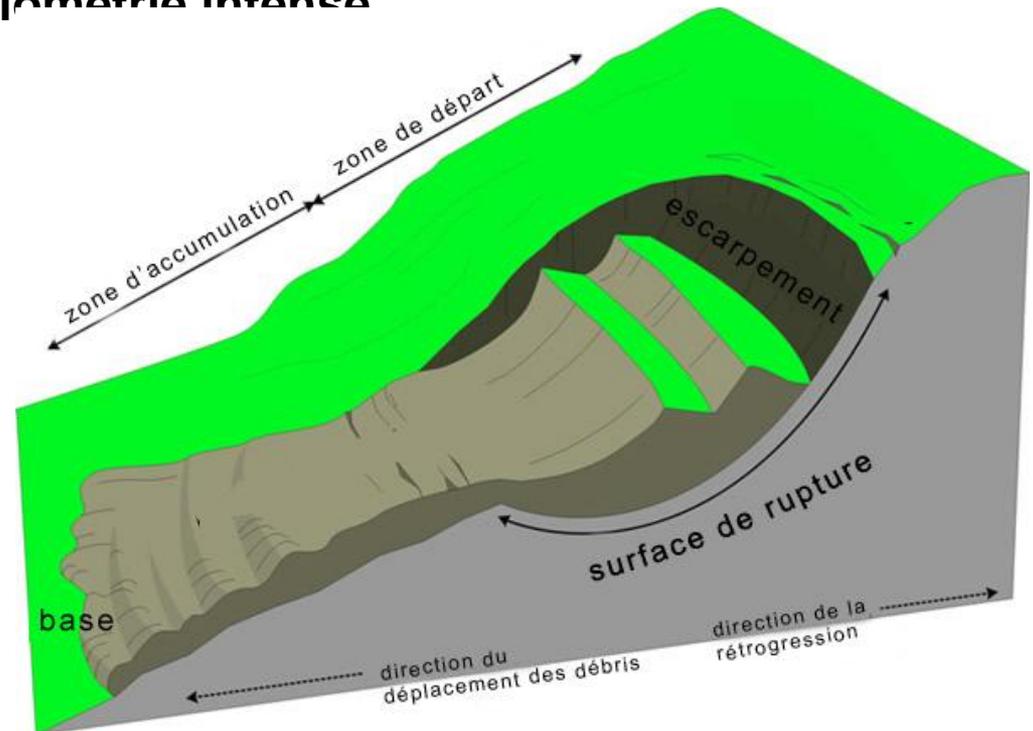
3.3.6. Transport par la gravité : Glissement de terrain

Ce sont des **courants de densité (de masse)**, déplaçant une forte charge solide sous l'effet de la gravité.

Sur **une pente**, le mouvement des matériaux d'origines et qui sont exposés au glissement, est déclenché par un déséquilibre du à une surcharge en amont, à un séisme ou à une pluviométrie intense



glissement de terrain





3.4. La sédimentation

Les éléments transportés à l'état solide ou en solution, se déposent ou précipitent dans un milieu de sédimentation (**bassin sédimentaire**).

Un bassin sédimentaire est une unité géomorphologique de taille et de forme déterminée où règne un ensemble de facteurs physiques, chimiques et biologiques suffisamment constants pour former un dépôt caractéristique.

On peut subdiviser les lieux de sédimentation en 3 catégories :

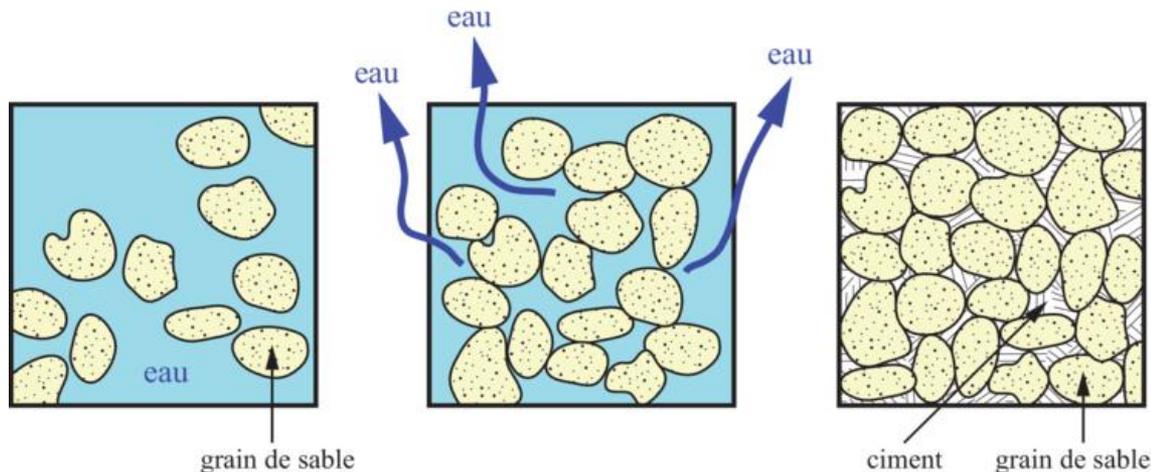
- **Milieux marins** (plate forme, talus et bassin) ;
- **Milieux continentaux** (fleuve, lac, cône de déjection, désert,...) ;
- **Milieux mixtes ou milieux margino-littoraux** (estuaire, delta, lagune).

3.5. La diagenèse

C'est l'ensemble des processus physique et chimique qui affectent un sédiment meuble et le conduise à une roche dure et cohérente.

1. Les processus physiques : la compaction

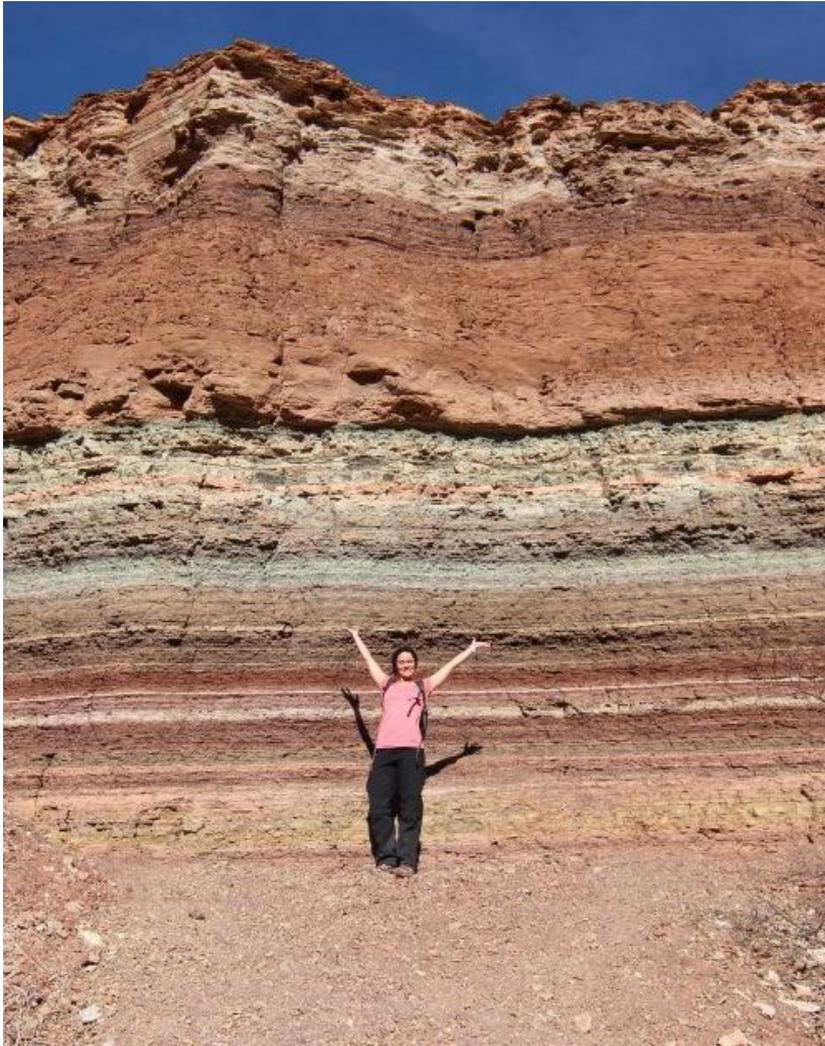
la réduction du volume poreux dû à l'expulsion de l'eau interstitielle sous l'effet de la charge du matériel sus-jacent.



2. Les processus chimiques : la cimentation

La cimentation se fait par la calcite ou la silice, c-à-d en fonction du milieu de sédimentation et les paramètres physiques tels que la T° et le pH.

3.6. Classification des roches sédimentaires



Caractères des
R.S.

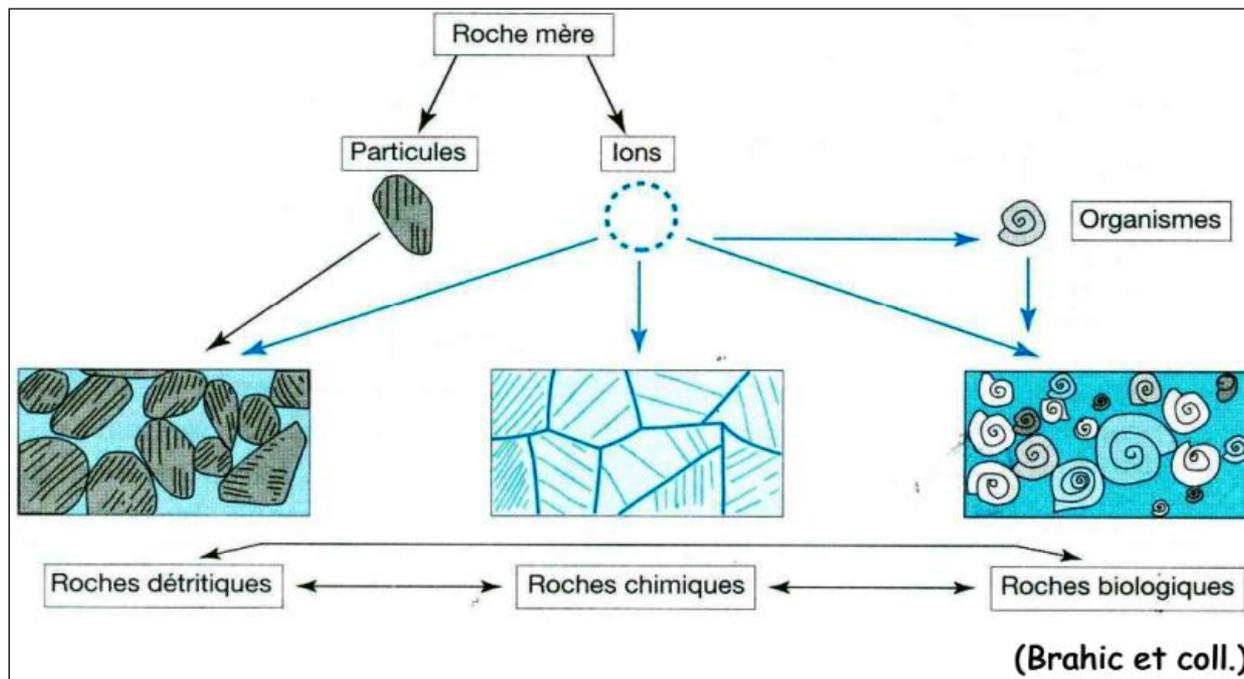
La stratification
(couches)

Contenu
paléontologique
(fossiles)



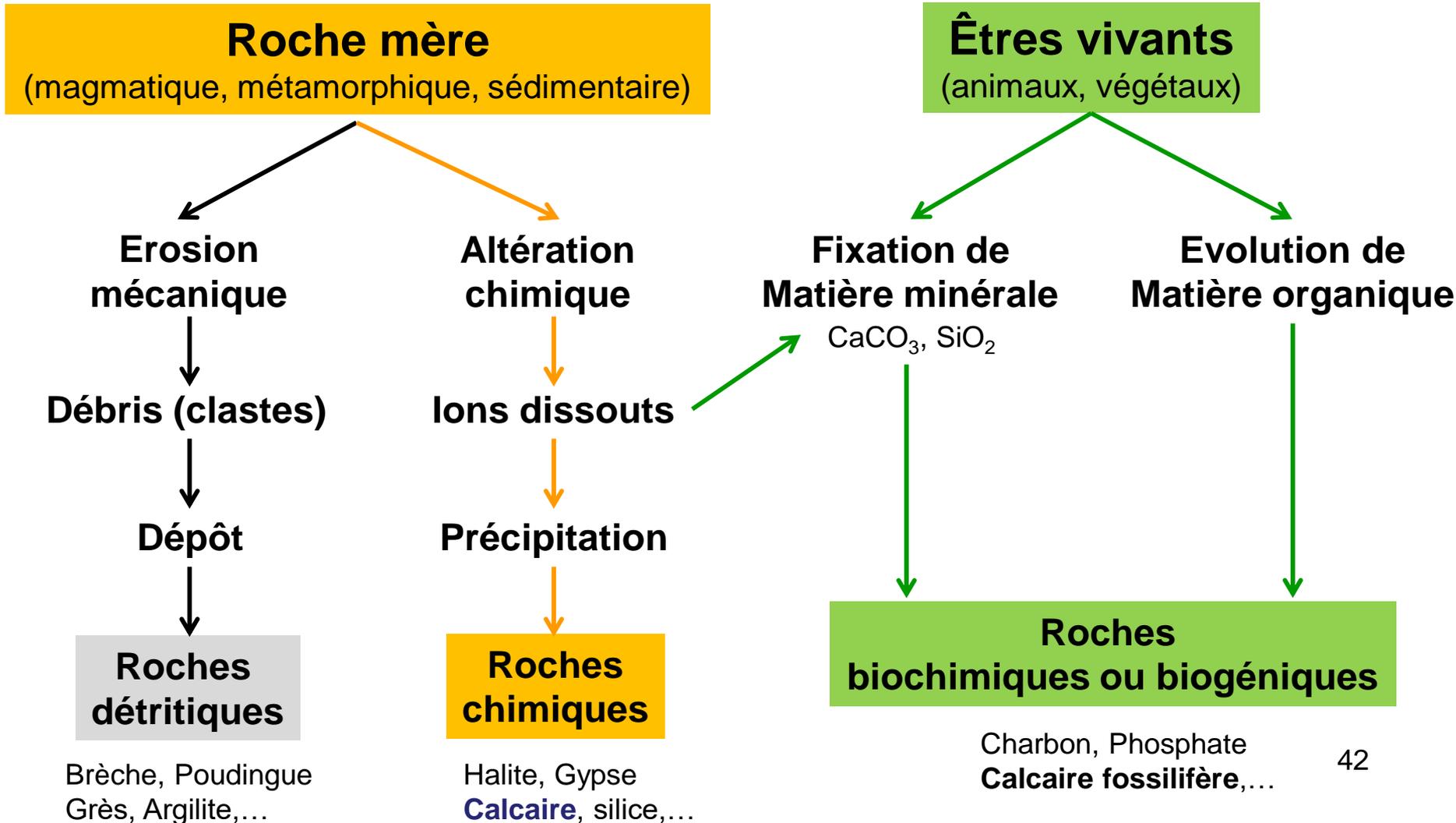
3.6. Classification des roches sédimentaires

- **Les roches détritiques** : provenant de la destruction mécanique des roches, ou d'organismes: cailloux, conglomérats, sables, grès, argiles, marnes.
- **Les roches chimiques** : issues de la précipitation chimique des éléments dissous dans l'eau: calcaire, sel gemme (halite), gypse...
- **Les roches biochimiques** : provenant de l'activité synthétique des organismes vivants: charbons, phosphate,...



3.6. Classification des roches sédimentaires

Les roches sédimentaires ont une composition chimique et minéralogique variée en fonction de leur origine.



ARGILES

- Sont des sols qui comportent généralement des silicates d'aluminium plus ou moins hydratés (SiO_4 , $\text{Al}_2(\text{OH})_6$)



CALCAIRES ET DOLOMIES

- ✓ Roches très répandues constituées essentiellement de carbonate de calcium (CaCO_3)
- ✓ Les dolomies se forment suite à la transformation des calcaires (CaMgCO_3)



MARNES

➤ **Marne = argiles + carbonates (calcaire)**



SABLES ET GRAVIERS

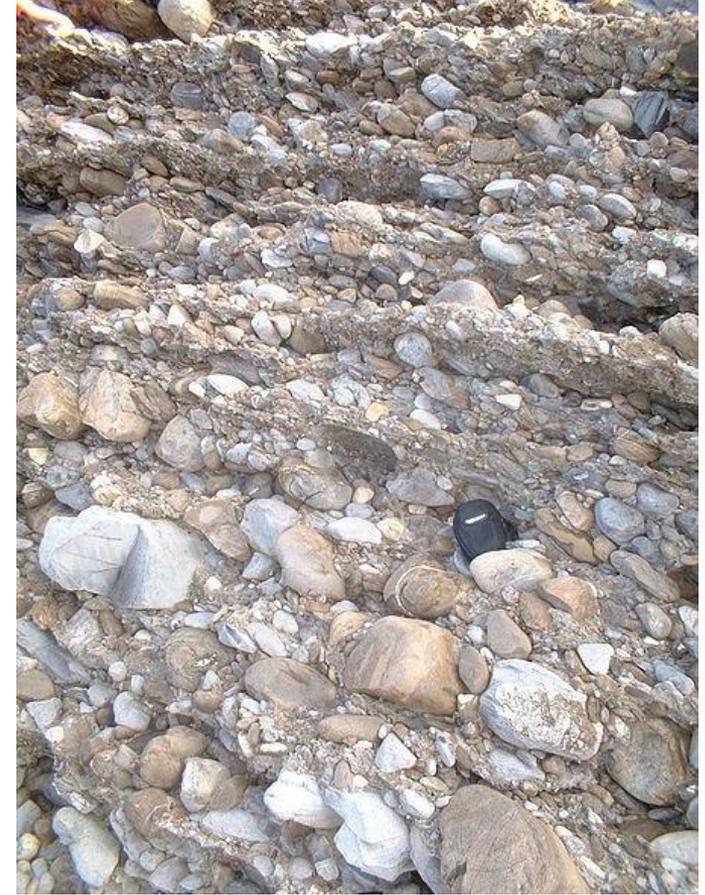
➤ il s'agit de matériaux pulvérulents

➤ sable de dune, sable de mer, graves de rivière; moraines glaciaires



CONGLOMERATS

- ✓ il s'agit d'un béton naturel
- ✓ présence d'une matrice qui lie les gros éléments



GRES

- ✓ Roche formée par cimentation d'un sable



ANHYDRITE et GYPSE

- ✓ Anhydrite: roche dure (CaSO_4) mais qui a la propriété de s'hydrater en présence d'eau pour se transformer en gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$).



- ✓ Roche évaporitique ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)
- ✓ Elle est soluble dans l'eau

4. Roches métamorphiques

Les roches métamorphiques sont issues de la transformation de roches préexistantes (ignées ou sédimentaires) sous l'effet de température et de pressions élevées (grandes profondeurs).

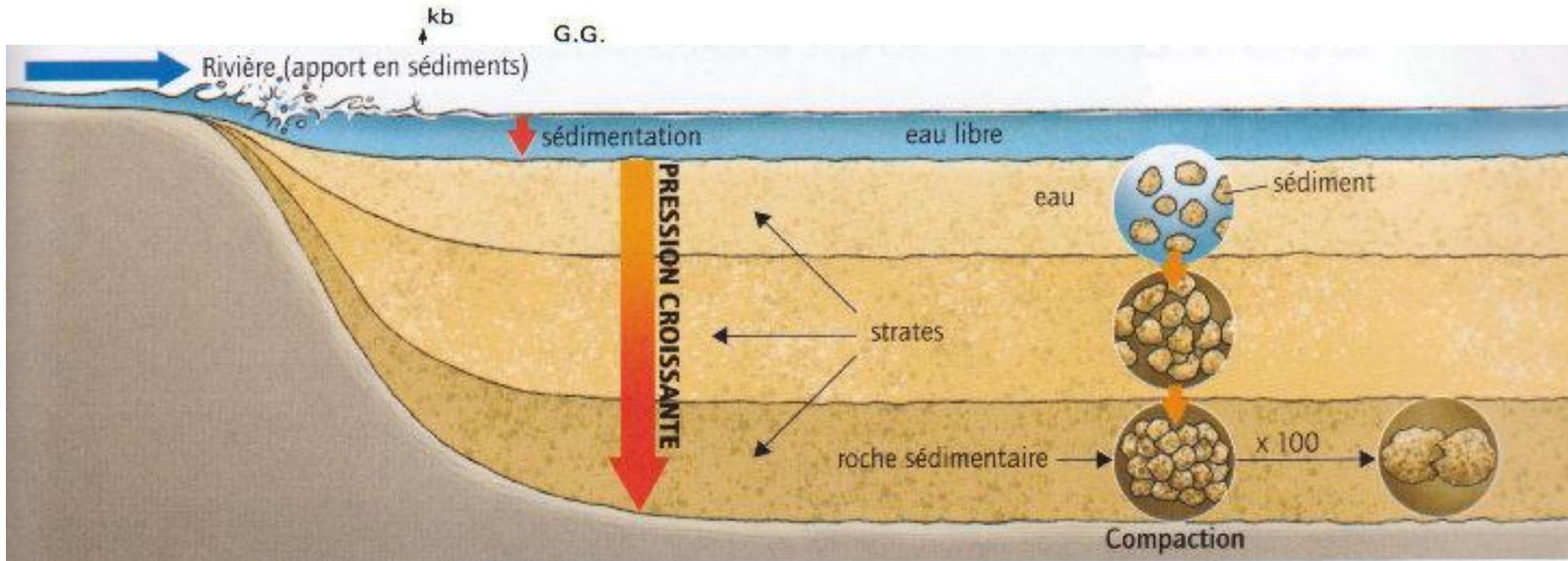
Deux grands types de métamorphisme produisent la majorité des roches métamorphiques : le **métamorphisme de contact** et le **métamorphisme régional**.



La foliation est soulignée par les cristaux de feldspath en forme d'amande (taille centimétrique) et par des lits de micas noirs (biotite)

4. Roches métamorphiques

C'est l'ensemble des transformations minéralogiques et structurales subit par une roche, à l'état solide, suite à l'augmentation de la pression et de la température.



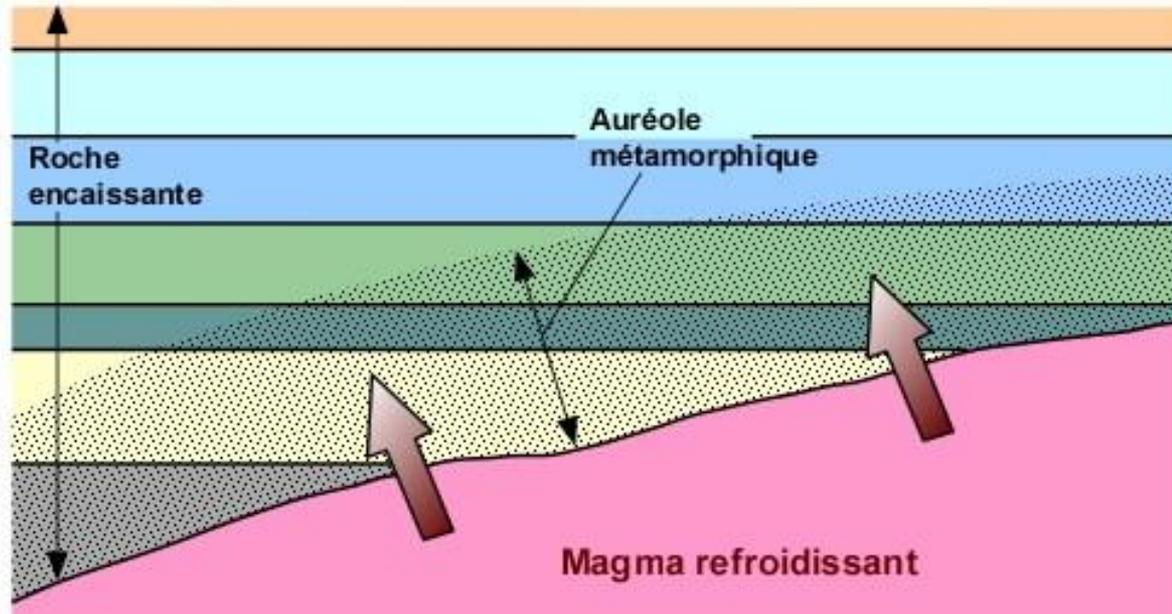
G.G. : cette limite correspondrait à un gradient géothermique de $6^{\circ}\text{C}/\text{km}$, valeur exceptionnelle la plus basse connue.

4. Roches métamorphiques

4.1. Métamorphisme de contact

Il est localisé au contact des intrusions magmatiques ; le facteur principal est donc la température, la pression intervient accessoirement.

Autour de l'intrusion l'augmentation de la température aboutit à des zones transformées concentriques caractérisées par des recristallisations minérales plus ou moins importantes. Ces zones sont appelées **auréoles métamorphiques**.

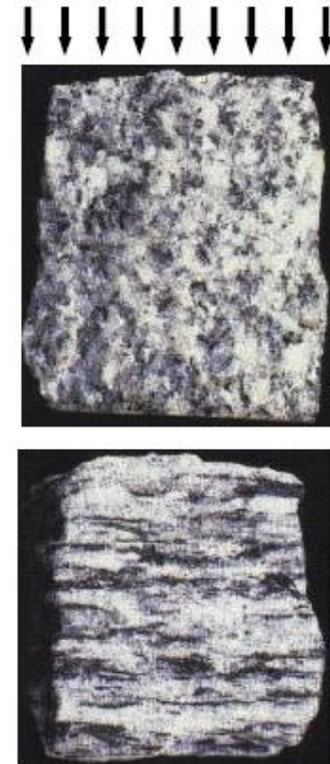
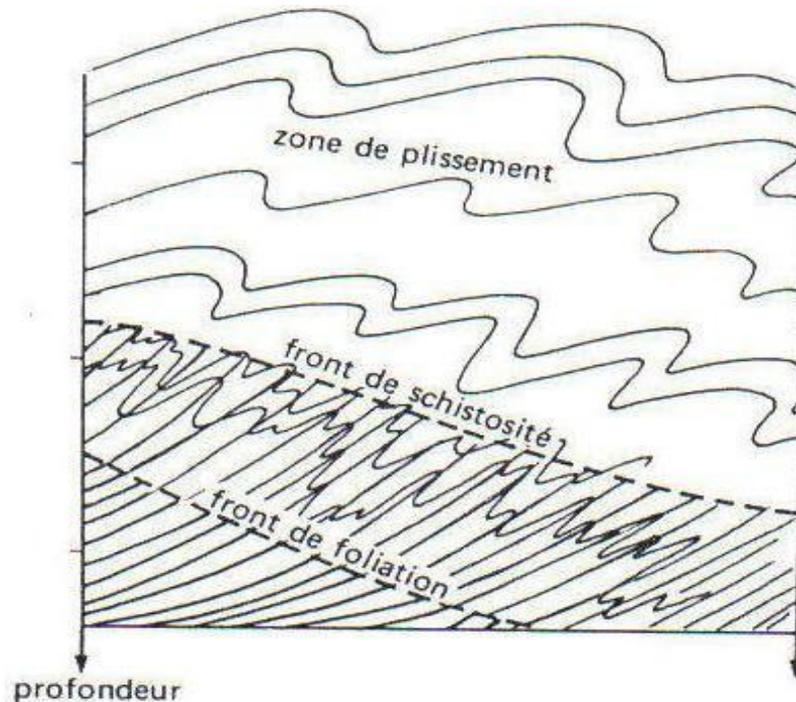


4. Roches métamorphiques

4.2. Métamorphisme régional

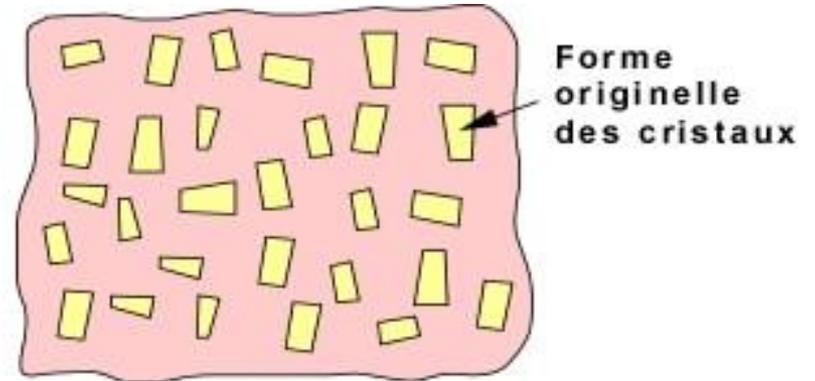
Le métamorphisme régional est celui qui affecte de grandes régions. Il est à la fois contrôlé par des augmentations importantes de pression et de température.

Il est lié à la formation des chaînes de montagne (donc régional) et en résulte que les roches subissent des transformations minéralogiques et structurales.

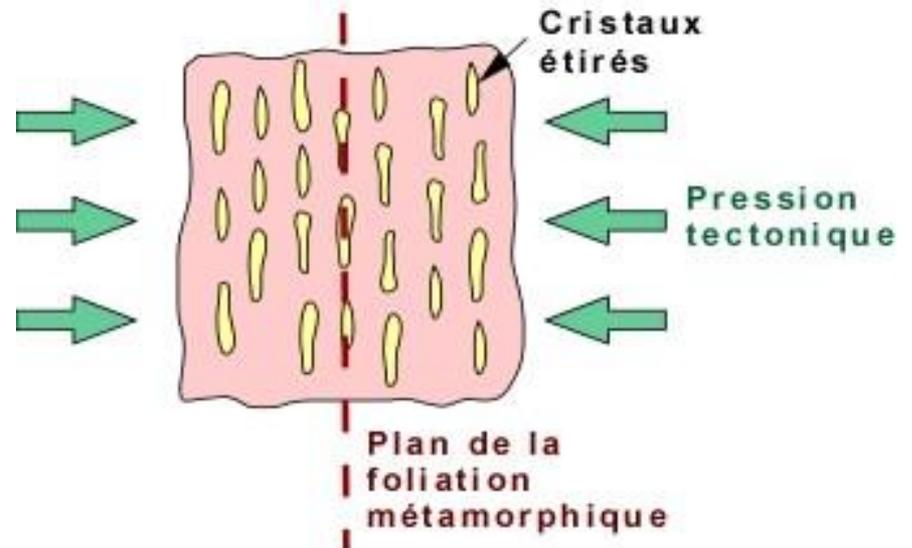


4. Roches métamorphiques

Métamorphisme de contact



Métamorphisme régional



4. Roches métamorphiques

4.3. Genèse et types de roches métamorphiques

