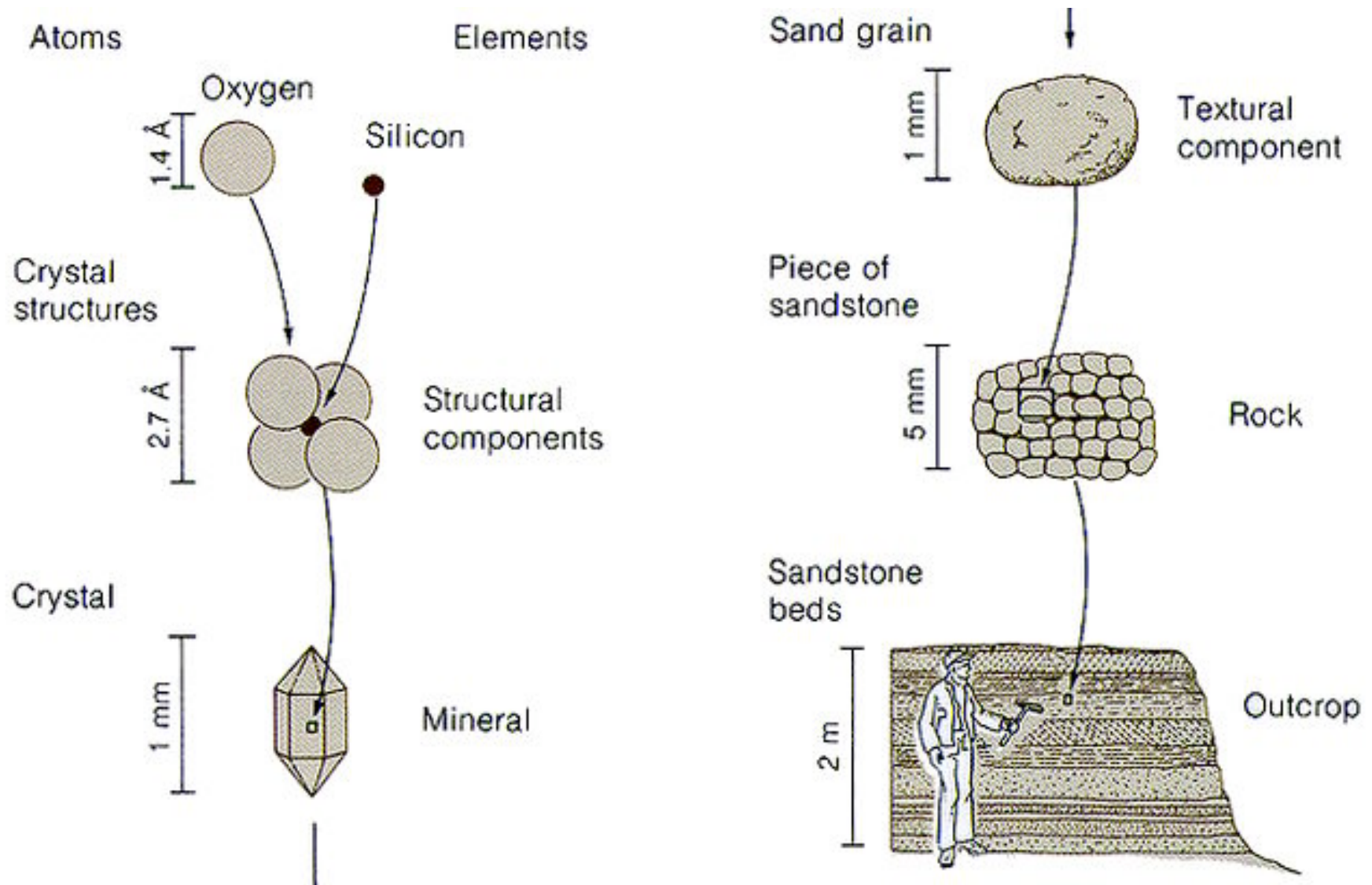


Différentes échelles, depuis l'échelle atomique des constituants des structures minérales, jusqu'à la texture de la roche, l'affleurement et le paysage



roches: mélanges de minéraux



minéraux: composés solides naturels avec structure et composition définies qui composent les roches

Sulfure de fer
(pyrite, FeS_2)



Olivine gemme
 $(\text{Fe}, \text{Mg})_2\text{SiO}_4$

Verres naturels: solides amorphes

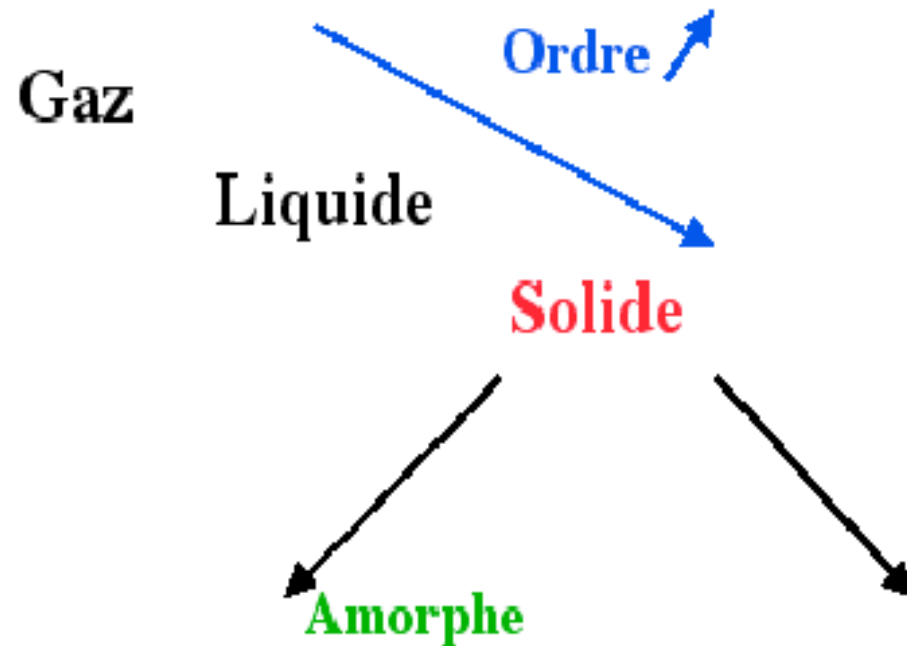


un verre d'impact



un verre volcanique:
L'obsidienne

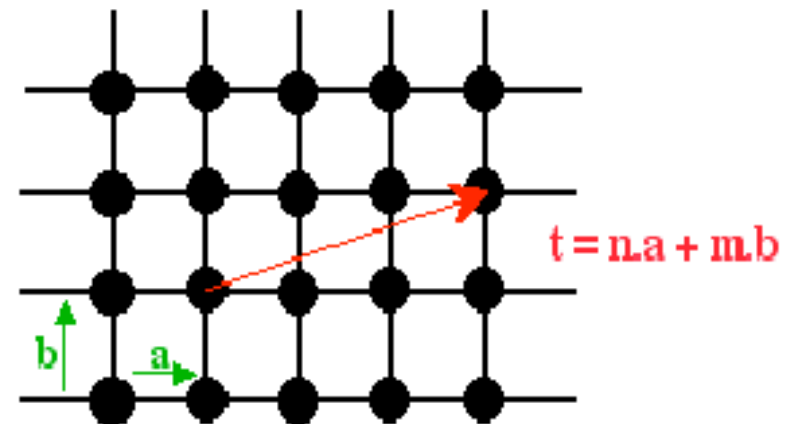
Structure Cristalline

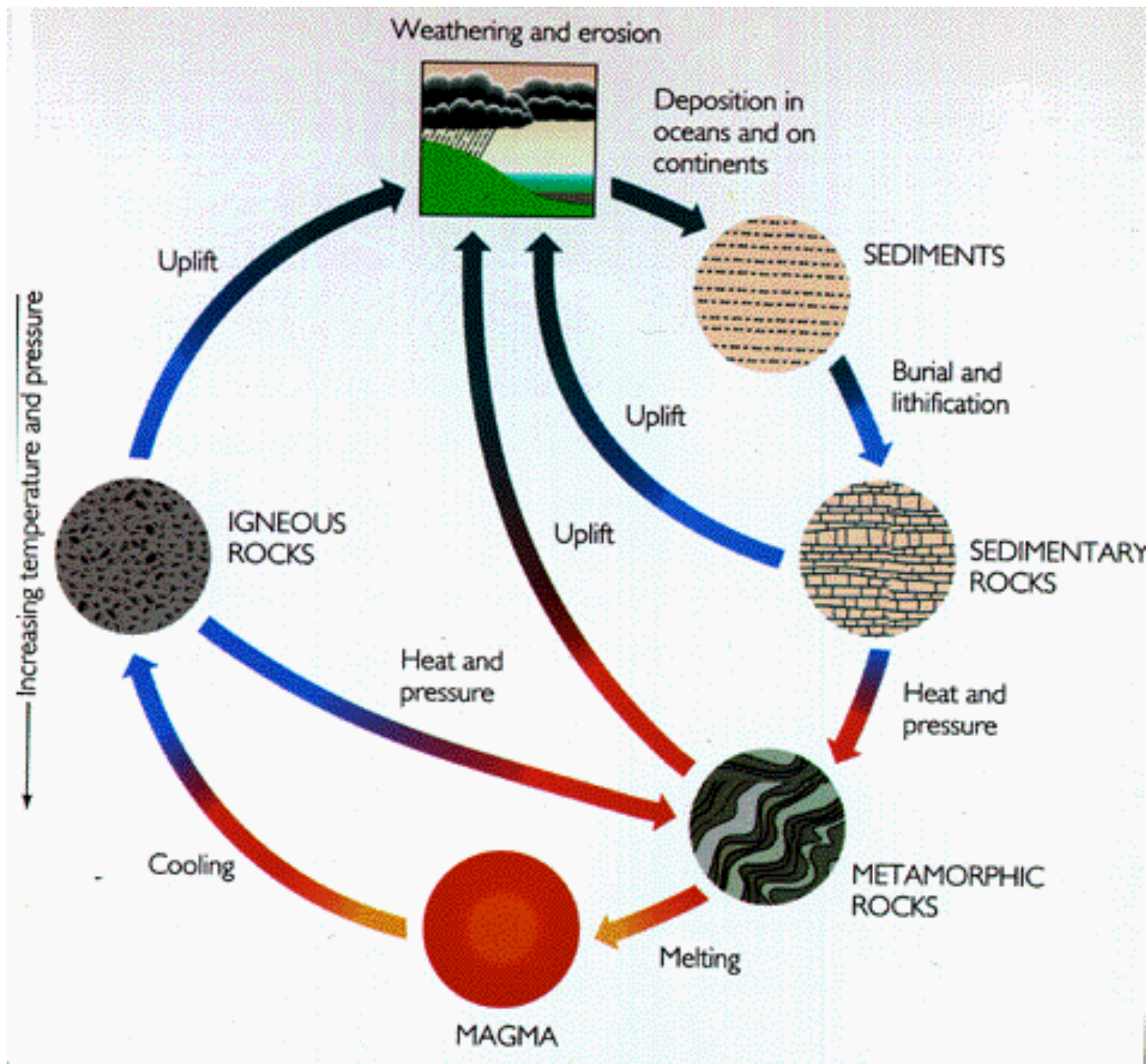


Pas d'ordre à longue distance

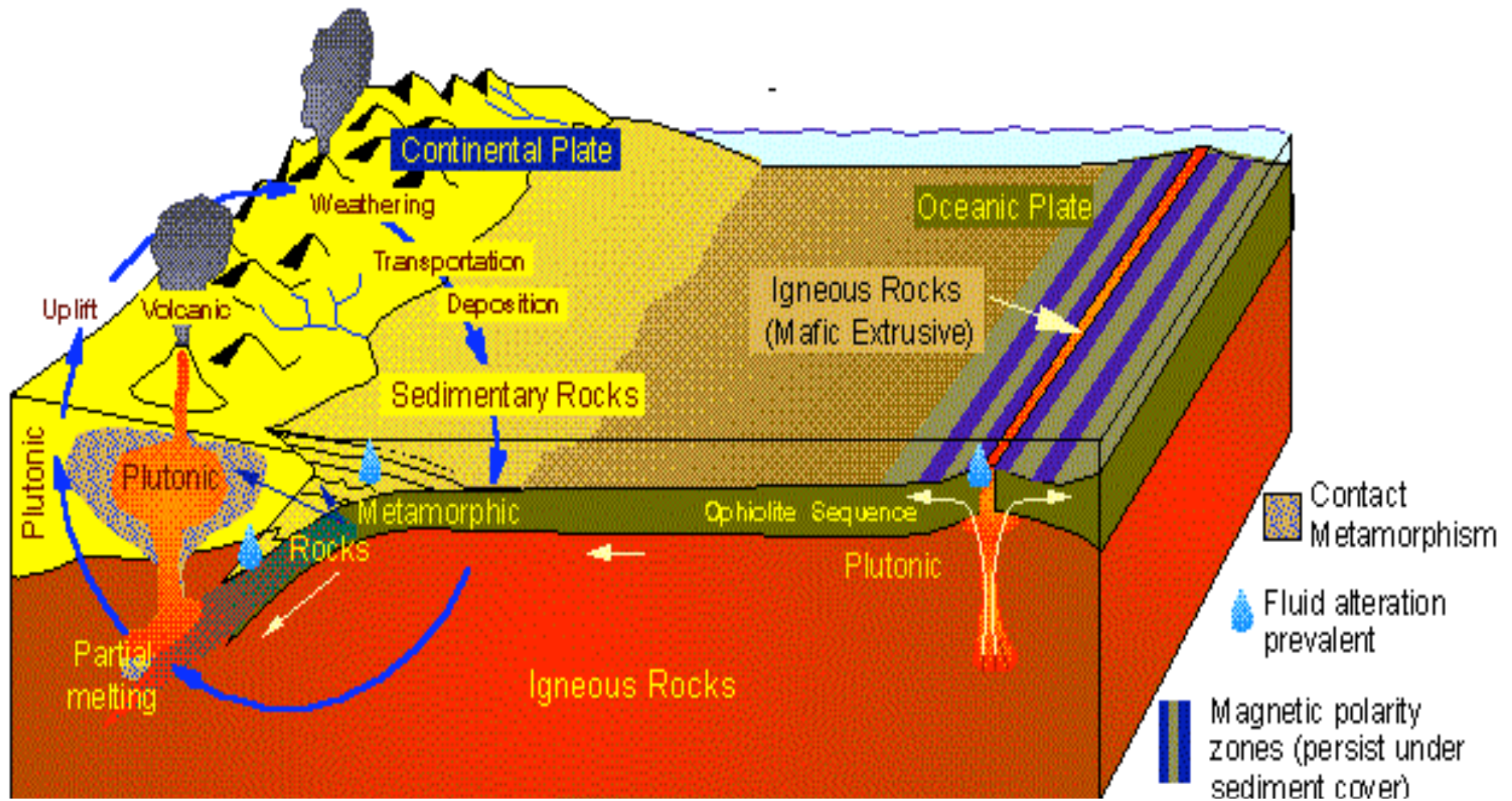


Répétition périodique d'un motif

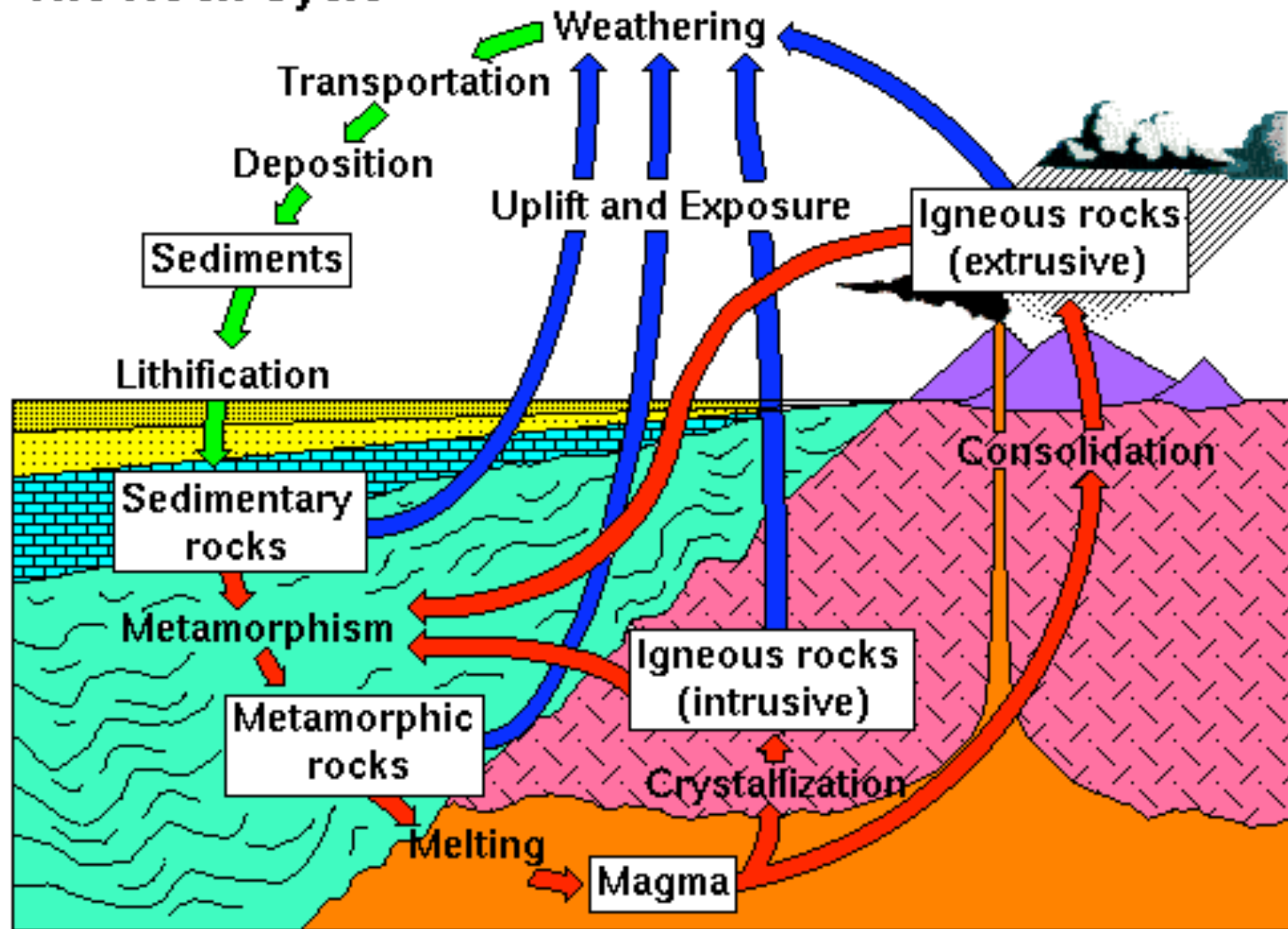




Relation avec le contexte géodynamique



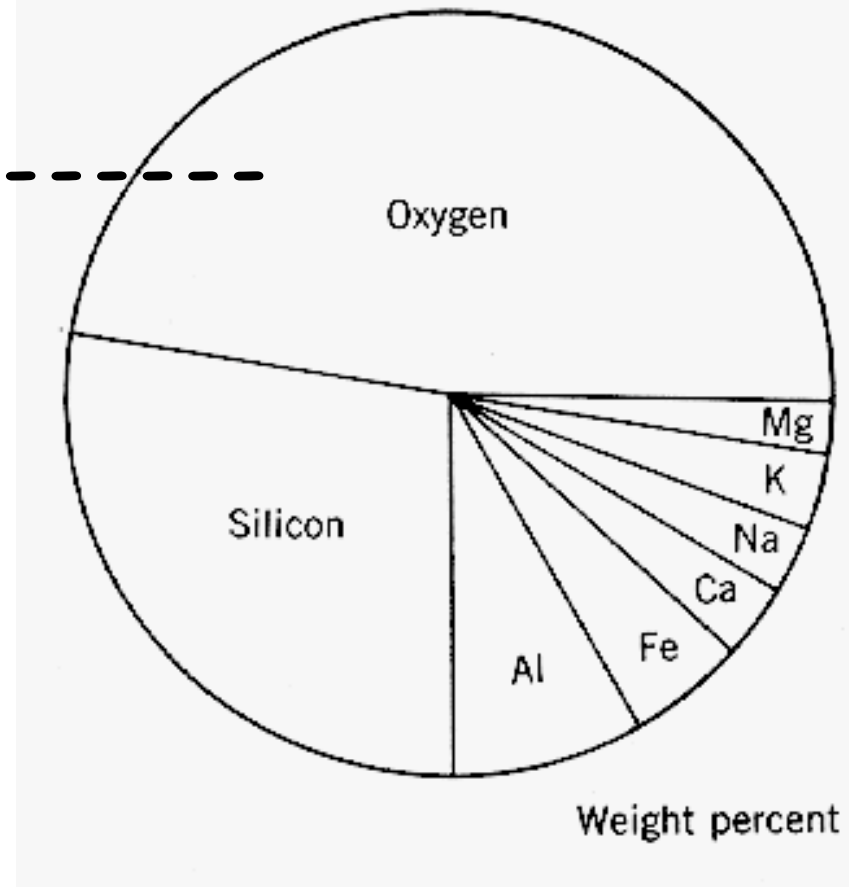
The Rock Cycle



Composition moyenne de la Croûte continentale

Elément % Poids

Oxygène (O)	46.6
Silicium (Si)	27.7
Aluminium (Al)	8.1
Fer (Fe)	5.0
Calcium (Ca)	3.6
Sodium (Na)	2.8
Potassium (K)	2.6
Magnésium (Mg)	2.1
total	98.5



Minéraux silicatés = 95% en masse

Les principaux minéraux terrestres

- **silicates: ce cours**

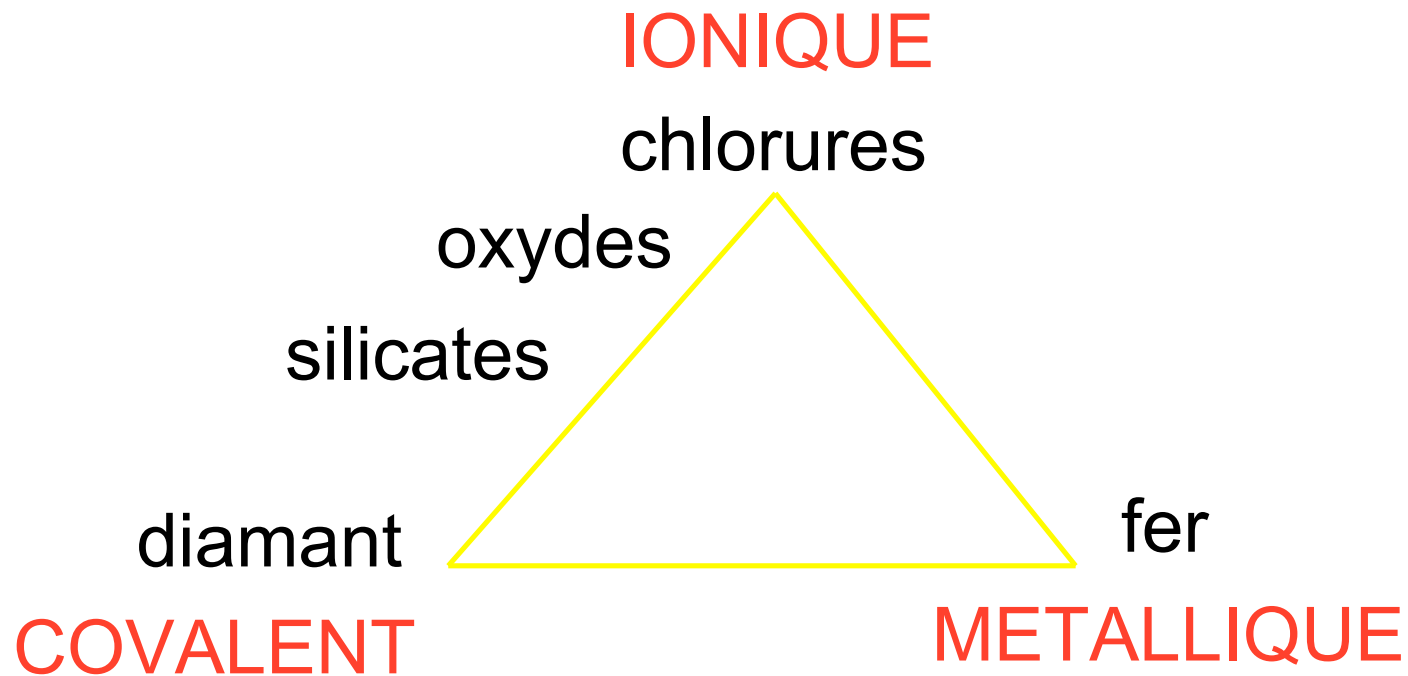
- oxydes : Fe_2O_3 (hématite)

- sulfures: minerais (PbS : galène)

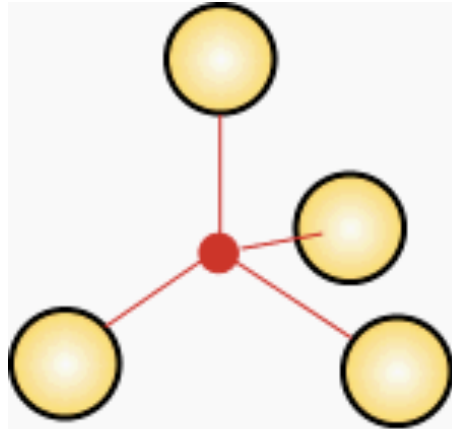
- carbonates: calcite (CaCO_3)

- sulfates: gypse ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$)

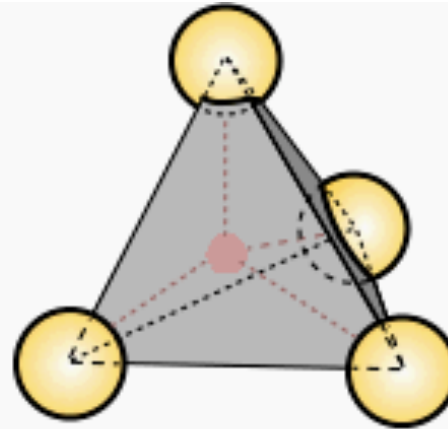
Formation des minéraux



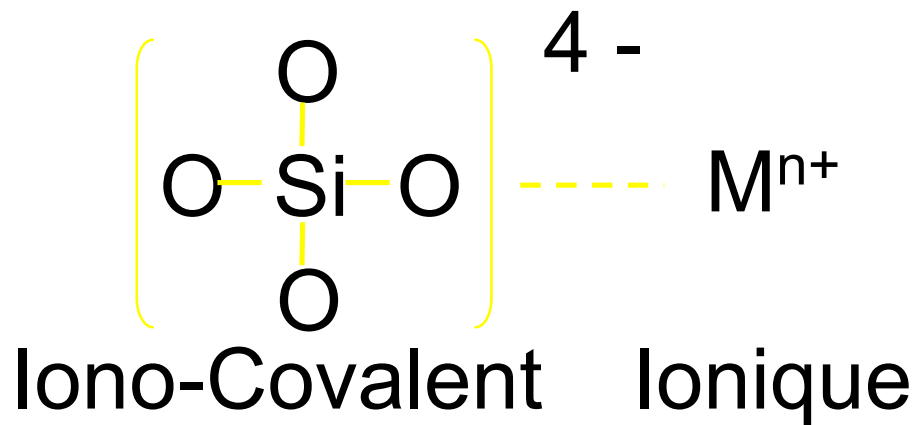
Des tétraèdres rigides



Structure de base
des silicates



Le tétraèdre de base



Des liaisons
hybrides

Les principaux minéraux silicatés

a) Minéraux silico-alumineux

Quartz SiO_2

Feldspath K KAlSi_3O_8

plagioclases $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$

Muscovite (mica) $\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$

b) Minéraux ferro-magnésiens

Biotite (mica) $K(Mg, Fe)_3 AlSi_3O_{10}(OH)_2$

Amphiboles $(Mg, Fe\dots)_5$ }
 $(Ca, Na\dots)_2$ } $Si_8O_{22}(OH)_2$

Pyroxènes $(Ca, Mg, Fe)_2Si_2O_6$ $NaAlSi_2O_6$

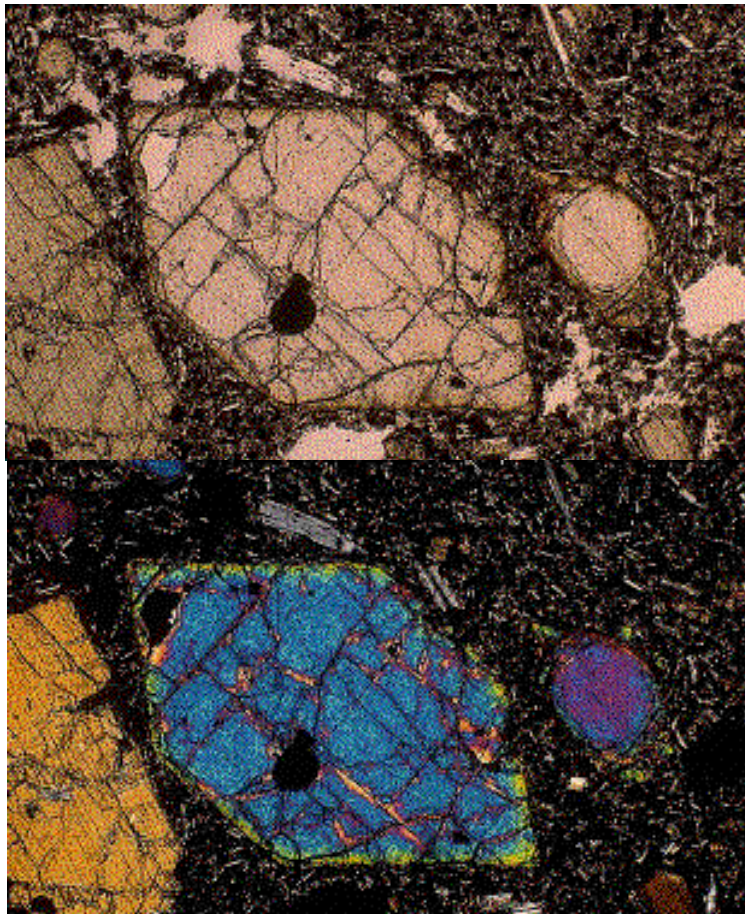
Olivines $(Mg, Fe)_2SiO_4$

Grenats $Mg_3Al_2(SiO_4)_3$

Grande importance des groupements hydroxyles:
présence de fluides hydratés (croûte, manteau).

Modes de formation

A) Cristallisation à partir de silicates fondus



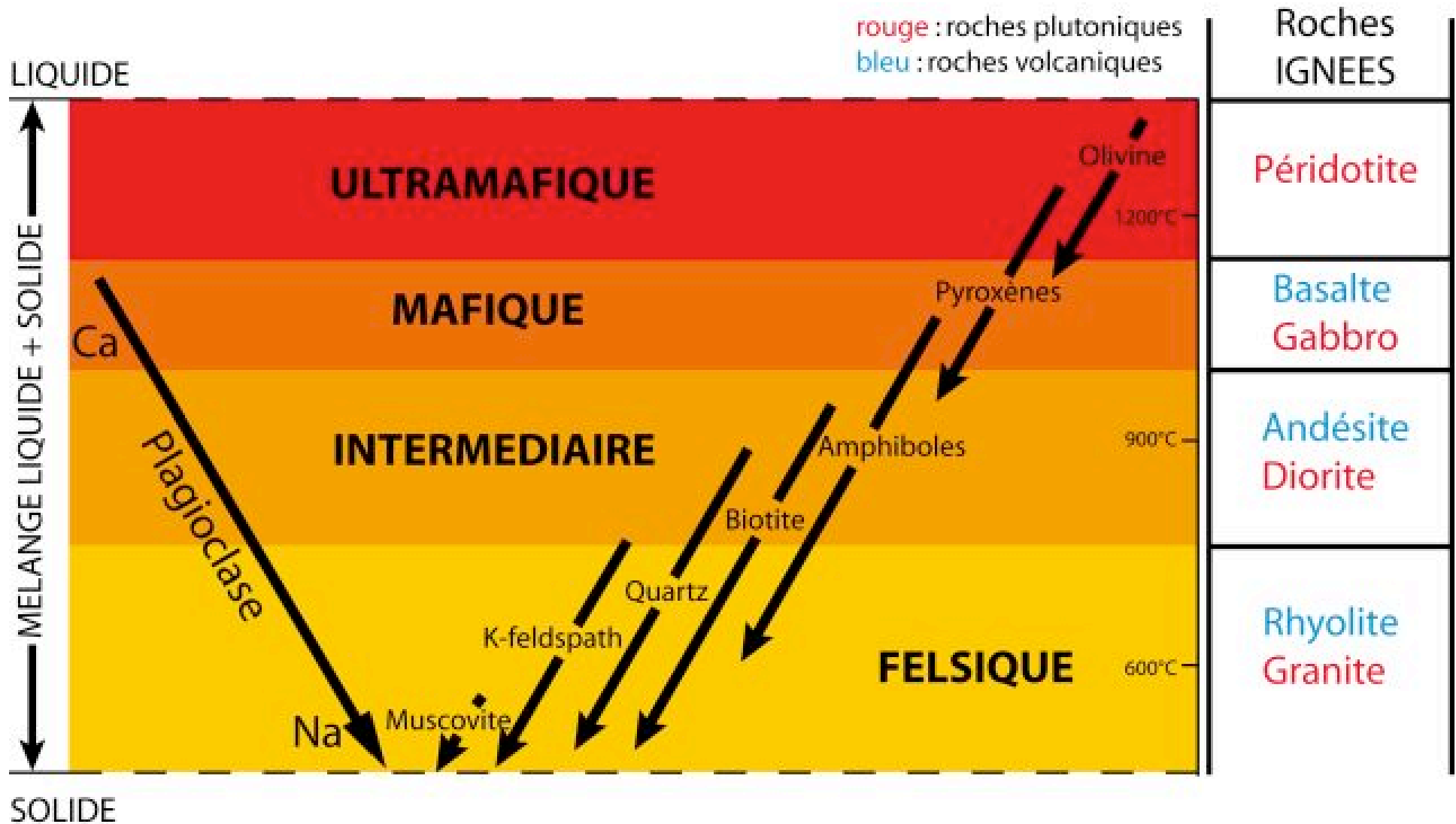
**olivine dans
roche volcanique
(basalte)**

magmas: mélanges de phases solides, fluides (CO_2 , H_2O ..) et fondues



collecte de magma à Hawaii

Série de Bowen



B) Cristallisation à partir de de fluides à haute température

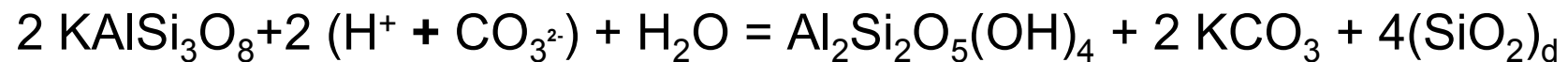
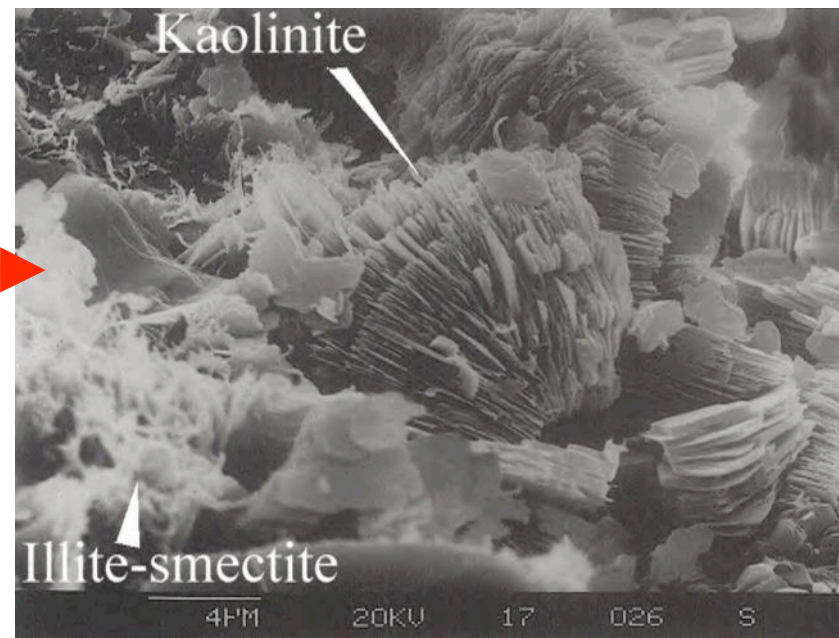
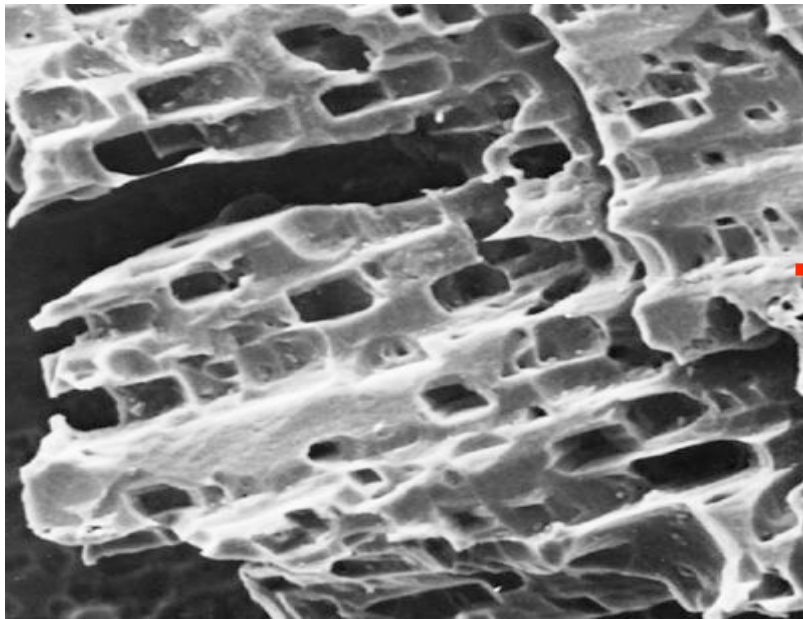


cristaux de quartz gemmes

C) Transformation en argile d'un feldspath altéré par une solution (pluies, eau circulant)

les alcalins sont libérés dans la solution, **Réorganisation en carbonates et silice dissoute**

Al, Si restent pour construire **des argiles**



méthodes d'étude

Le microscope optique polarisant

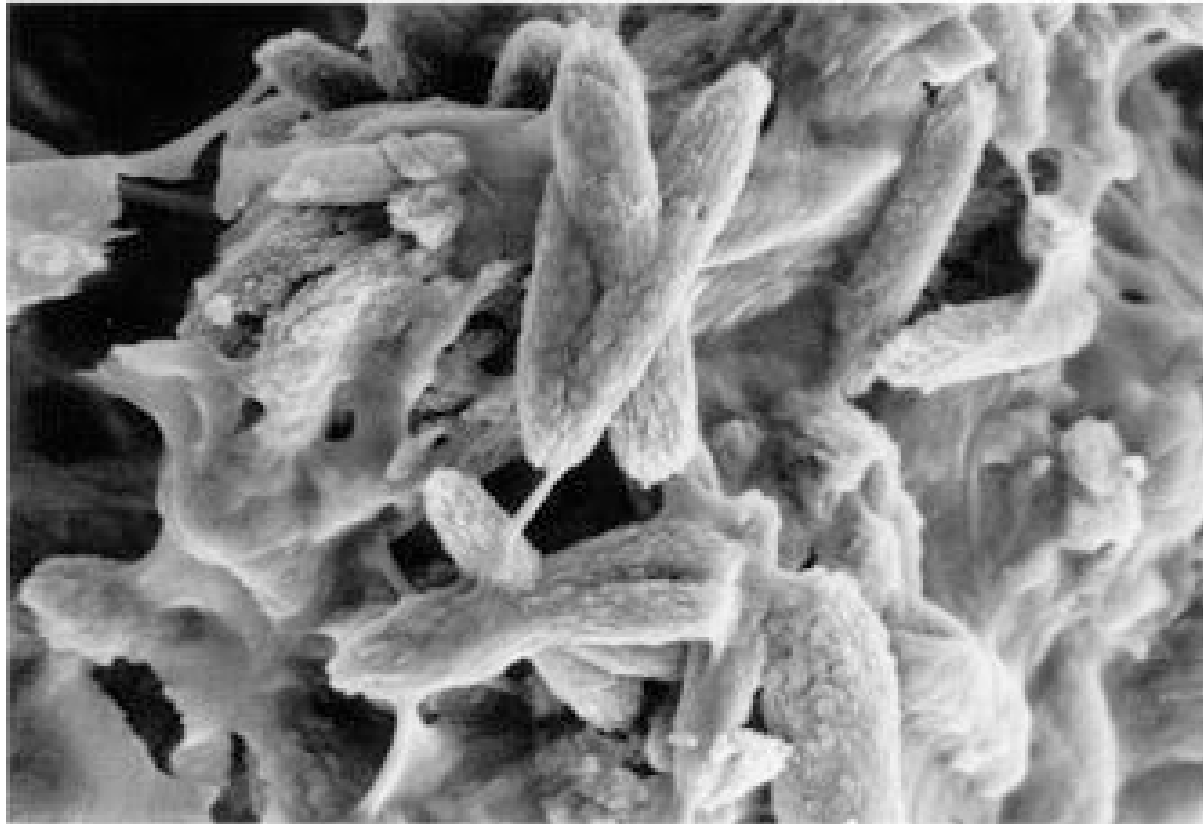


Lumière naturelle

Lumière polarisée

Echelle du millimètre

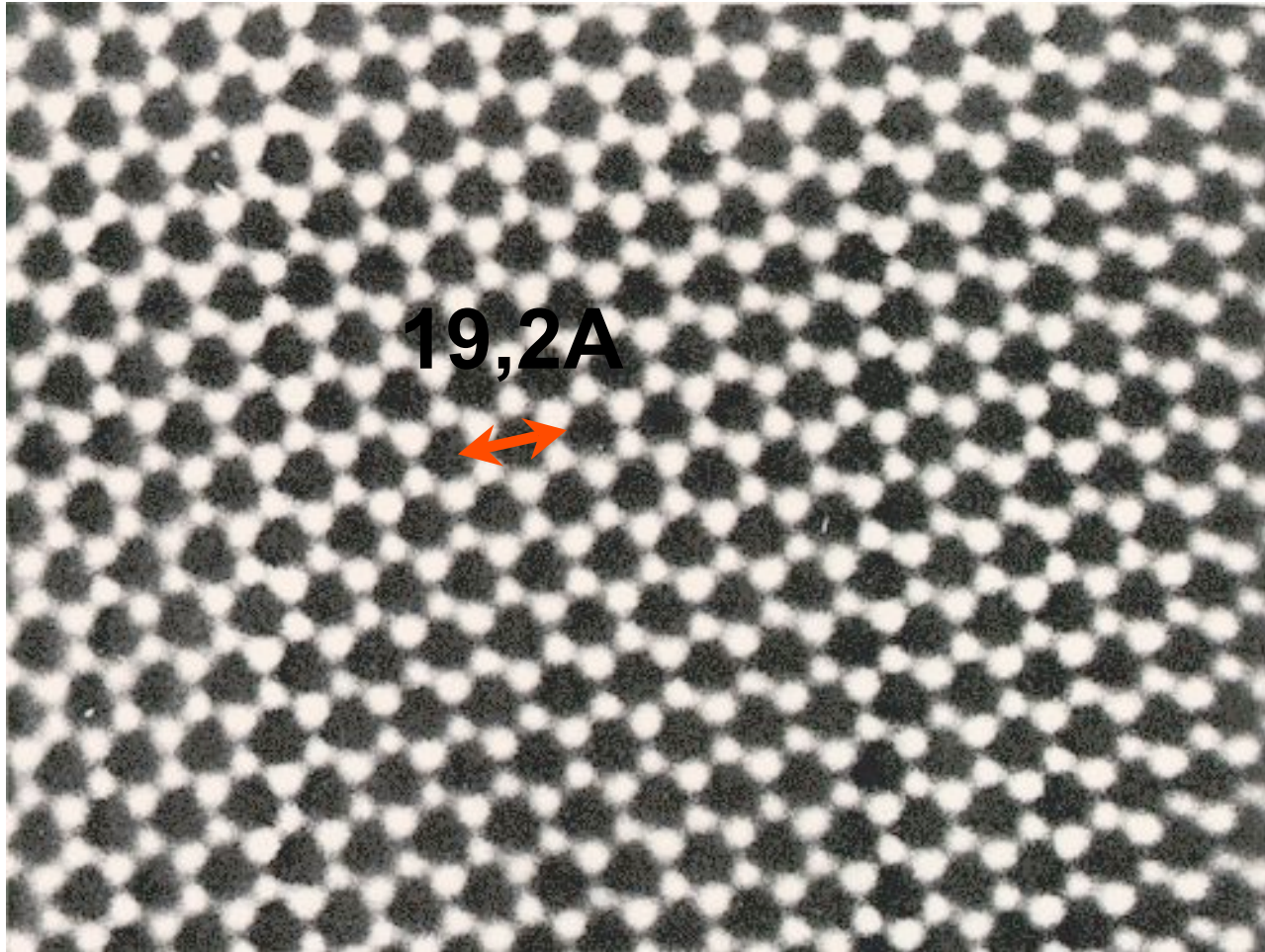
Microscopie électronique à balayage: échelle du μm



Précipités de carbonates bactériens atoll de Kiritimati, Pacifique
photo au microscope électronique à balayage

largeur de l'image: 10 microns

Microscopie électronique en transmission: **en dessous du nm**



Sections hexagonales de canaux dans un silicate de métamorphisme: les ronds représentent les tétraèdres et non les atomes individuels

I) Les olivines $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$

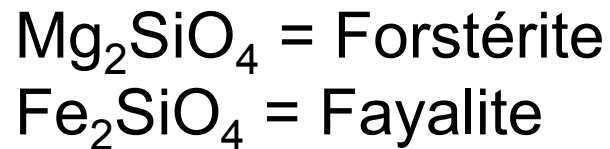
2 pôles purs: Forstérite (Mg) et fayalite (Fe)



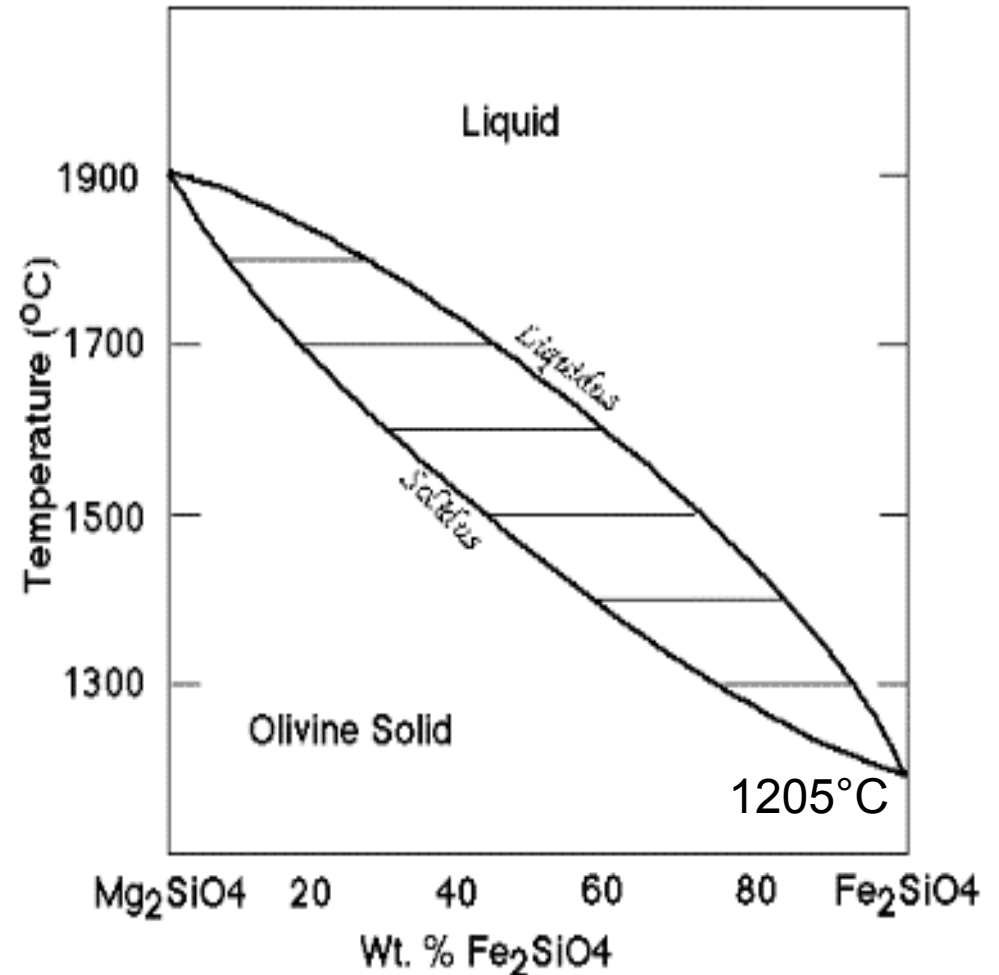
Olivines du Pakistan

Solution solide

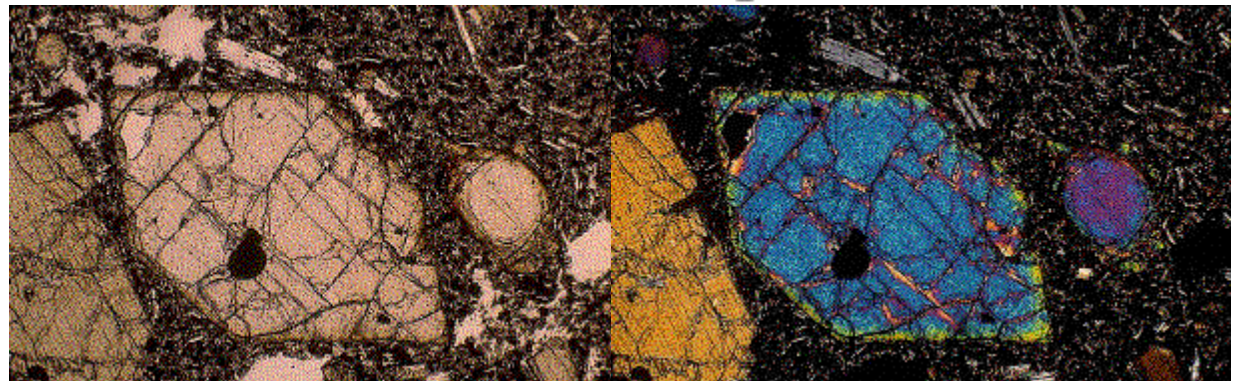
Les olivines vont se former précocement lors du refroidissement d'un magma: formes bien développées.



Olivine Melting Curve



Cristaux précoces dans une lame mince de basalte



Relation structure et propriétés

La densité du minéral augmente avec la teneur en fer

La couleur devient de plus en plus foncée avec la teneur en fer

Mg^{2+} est remplacée progressivement par Fe^{2+}



Occurrence naturelle

a) Les olivines = premiers produits de cristallisation (magmas riches en fer et Mg et pauvres en silice)

b) Les roches les plus riches en olivines sont les dunites et les péridotites (ol, px, gt) = roches du manteau

c) Présentes dans les basaltes (fond des océans)

d) Forstérites = matériau à pt de fusion élevé (1890°C)
minéraux réfractaires (ex: briques de four de verrerie)

Lors de l'altération olivine = serpentines (amiantes)



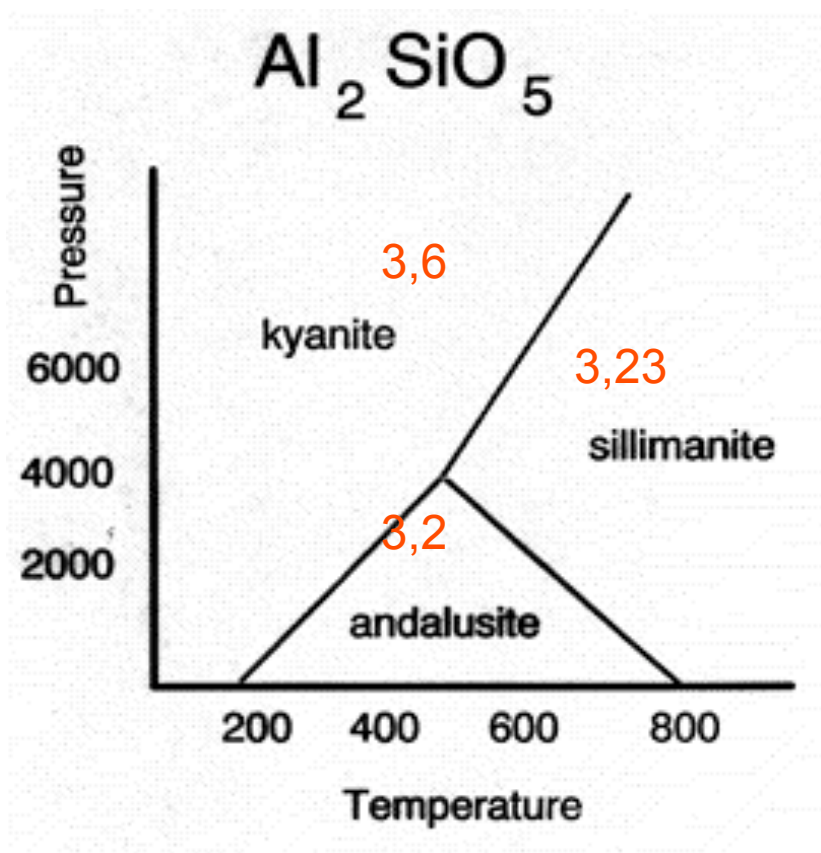
III) Les silicates d'alumine, Al_2SiO_5

Le disthène: métamorphisme de haute pression



Adaptation d'une structure minérale à des modifications de P-T = différents polymorphes

Intérêt: calage P-T des roches qui contiennent ces phases.



Point triple vers 500°C
et 4 kbars (12 km env.)

Augmentation de la densité avec P

Les pyroxènes



Diopside : $(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe})_2\text{Si}_2\text{O}_6$
(manteau >)



Jadéite: $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$
(métamorphisme
alpin)

Des cristaux trapus

Les amphiboles





Les micas

Morphologie en feuillets

Biotite (mica) $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$

Muscovite (mica) $\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$

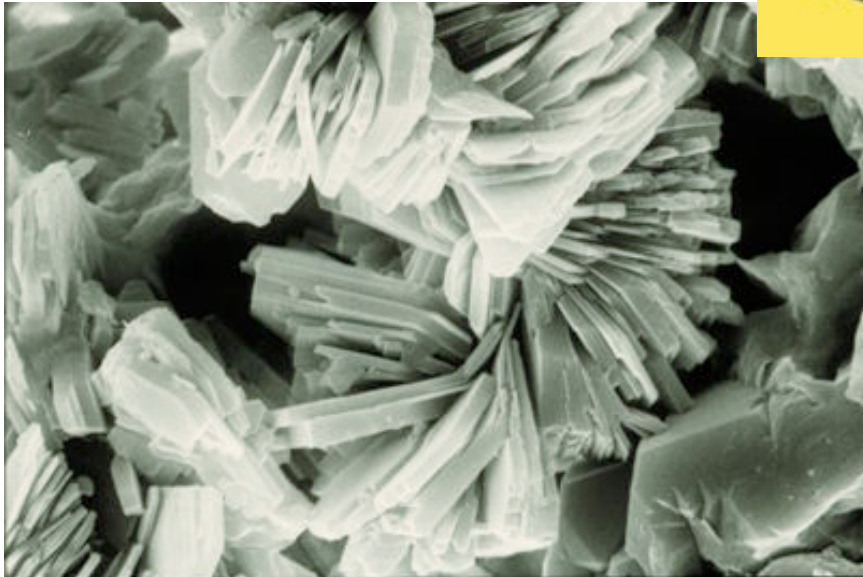
Comme les amphiboles, les micas sont hydroxylés

Les argiles

Les minéraux des sols



Kaolinite



La famille du quartz



Formes contrastées:
cristaux formés dans
des filons
hydrothermaux...

Le quartz pratiquement inaltérable ne sera que fragmenté pour fournir les grains blancs de sable



les feldspaths

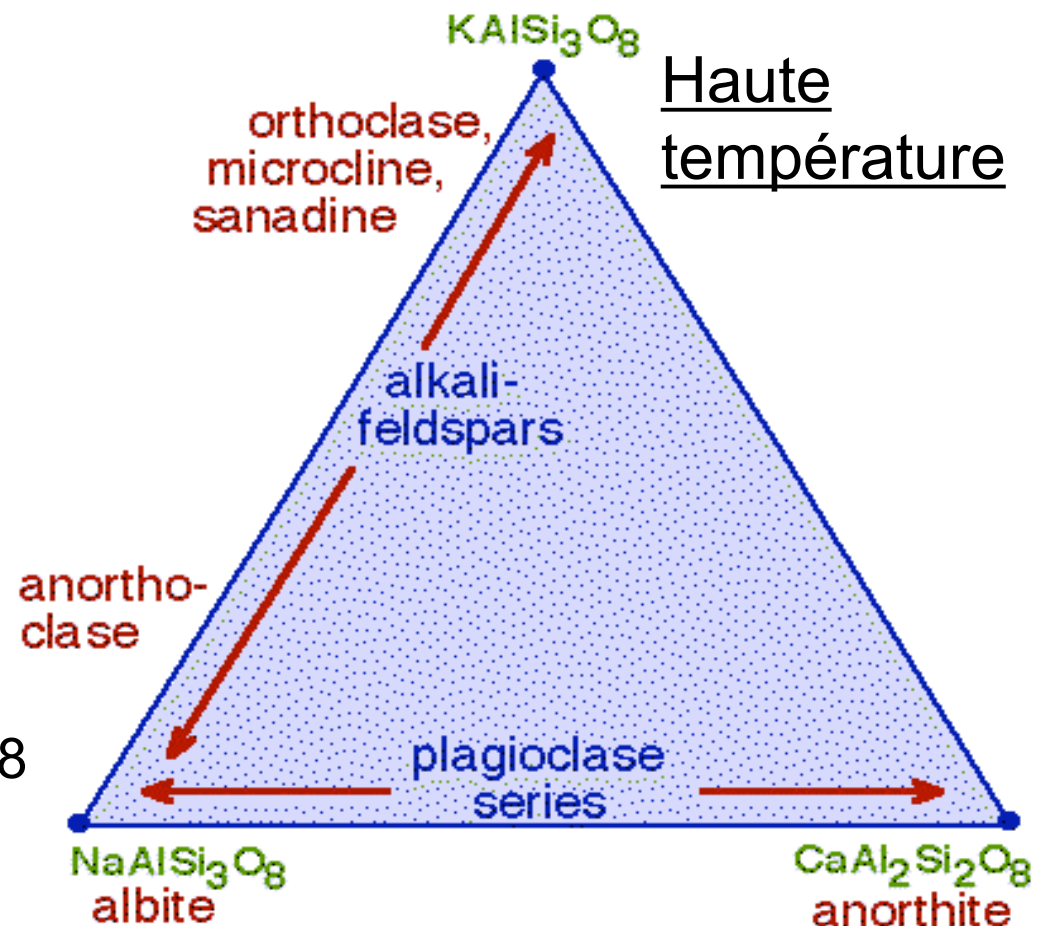
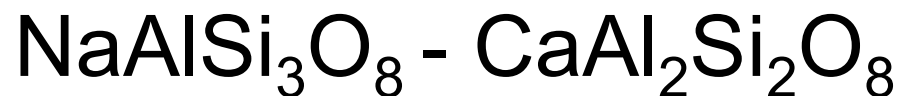
- substitution couplée:



-feldspaths alcalins:



- feldspaths calco-
sodiques: plagioclases



- Oxydes et sulfures: contrôlent le degré d'oxydation des magmas

- Les carbonates

Magnétite Fe_3O_4 Hématite Fe_2O_3



Pyrite FeS_2

Sidérîte FeCO_3



Principal constituant des roches
sédimentaires carbonatées : **La Calcite**





Cuivre



Or

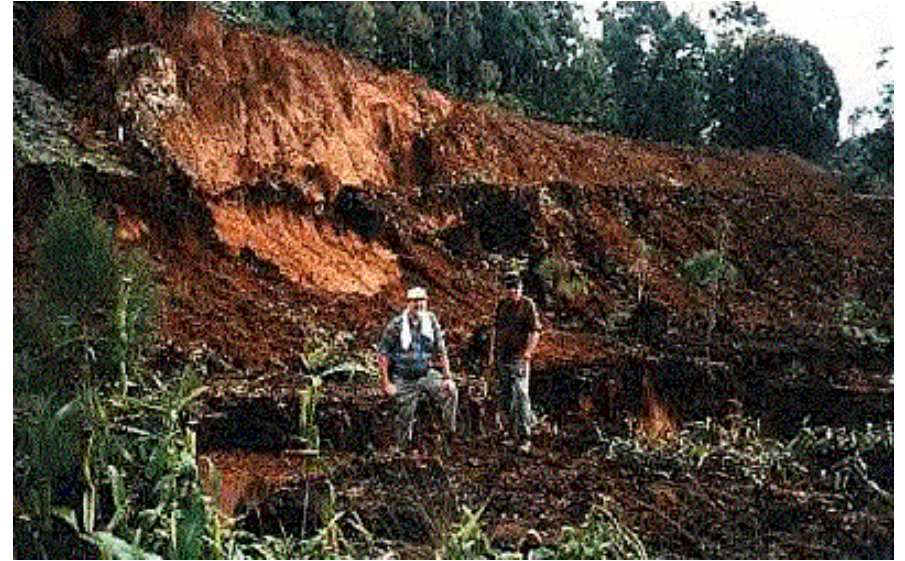


Argent



Billes de Mercure liquide

Les métaux : éléments à l'état natif



Les oxydes de fer
Cristallisés ou amorphes

ferrihydrites

