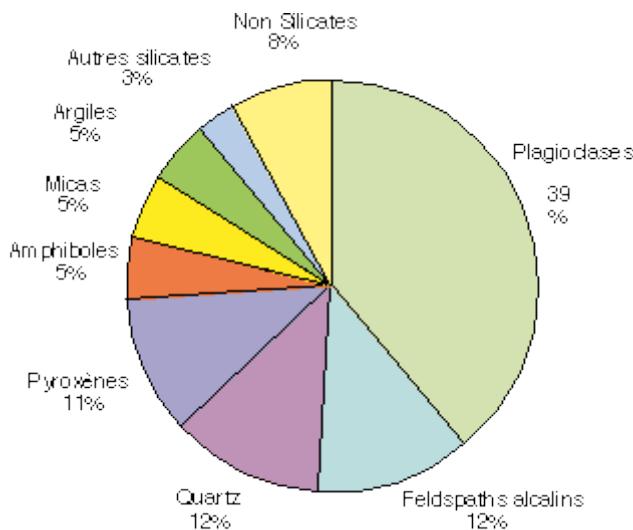


Chapitre 2 : Les silicates

Les silicates représentent environ 92 % en poids et en volume des constituants de l'écorce terrestre, soit près de 600 espèces minérales. En conséquence, il est utile d'en décrire les principales architectures des cristaux du groupe des silicates de manière à pouvoir comprendre les transformations d'un minéral à un autre, les cristallisations à partir d'un liquide en fusion, les échanges ioniques entre la phase liquide et la phase solide ou entre deux phases solides, les mécanismes du métamorphisme, etc.



Pourcentage en volume des minéraux de la croûte terrestre (continental+océanique). Les silicates représentent 92 %.

1. Caractères généraux des silicates

Dans tous les silicates, on retrouve le tétraèdre (SiO_4) dont les liaisons O-Si-O sont très résistantes, ce qui permet alors une classification simple. Les caractères généraux de ces silicates sont les suivants :

- le tétraèdre est constitué d'un cation Si^{4+} entouré de quatre anions O^{2-} , il possède donc quatre charges négatives à neutraliser, soit par polymérisation de tétraèdres identiques, soit par combinaison avec des cations,
- dans ces édifices ainsi réalisés, il y a fréquemment substitution d'un atome Si^{4+} par un atome Al^{3+} (de rayon ionique semblable). Cette substitution provoque la libération d'une valence négative compensée par un cation,
- les tétraèdres polymérisés délimitent un certain volume « libre » dans lequel s'insèrent facilement des groupements $(\text{OH})^{1-}$ qui sont alors neutralisés par l'adjonction de cations compensateurs

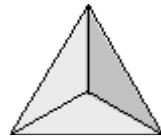
Les silicates peuvent être groupés en 7 familles qui se distinguent par leur structure de base associant de manière différente des tétraèdres (SiO_4) : nésosilicates,

sorosilicates, cyclosilicates, inosilicates en chaîne simple, inosilicates en chaîne double, phyllosilicates et tectosilicates.

2. les différentes familles des silicates :

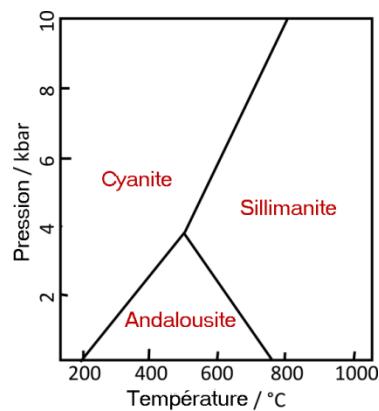
1. Les nésosilicates : tétraèdres isolés

La formule globale des nésosilicates s'écrit $(\text{SiO}_4)^4^-$. Ces tétraèdres sont isolés, ils peuvent être réunis par deux cations bivalents (Fe et Mg) ou un cation tétravalent (Zn). Dans cette famille entrent notamment les péridotites (dont le seul représentant important est l'*olivine*) les olivines de formule chimique $(\text{Fe,Mg})_2\text{SiO}_4$. La composition des olivines peut-être représentée entre deux pôles : un pôle magnésien Mg_2SiO_4 (forstérite) et un pôle ferrique Fe_2SiO_4 (fayalite). les *grenats*, et bon nombre de silicates d'alumine du métamorphisme (principalement l'*andalousite* et la *staurotide*) sont aussi des nésosilicates..



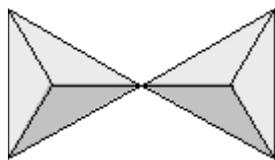
Les silicates d'alumine :

Les minéraux de ce groupe : sillimanite, andalousite et cyanite, sont caractéristiques des roches métamorphiques alumineuses et très utiles pour l'interprétation des événements géologiques, car ce sont des indicateurs des températures et pressions régnant lors du processus métamorphique, le diagramme indique leurs conditions de stabilité. Ils sont polymorphes, c-à-d, de même formule chimique Al_2SiO_5 , mais de structure cristalline différente.



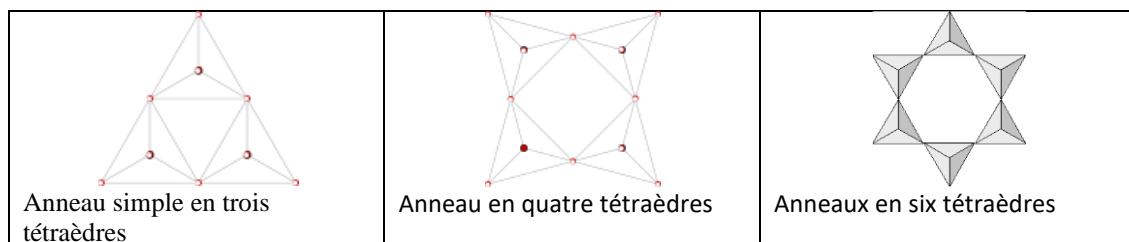
2. Les Sorosilicates : tétraèdres en paire

La formule globale des sorosilicates s'écrit $(\text{Si}_2\text{O}_7)^{6-}$. Cette structure est assez rare. On peut citer le cas des *épidotes* : la lawsonite qui est un sorosilicate alumino-calcique $[\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})]$.



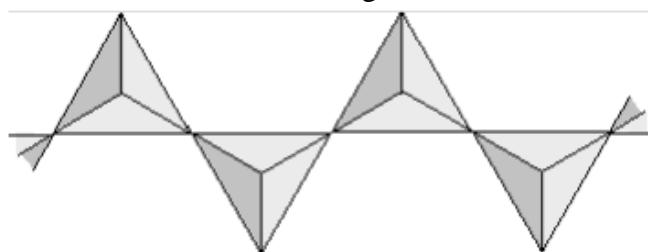
3. Les Cyclosilicates : tétraèdres en anneaux

Les tétraèdres sont disposés en anneaux et suivant que ceux-ci possèdent trois $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$, quatre $[\text{Si}_4\text{O}_12]^{8-}$ ou six tétraèdres $[\text{Si}_6\text{O}_18]^{12-}$. Exemple : Le beryl est un cyclosilicate de formule chimique $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$. L'émeraude est une variété de beryl qui contient du chrome.



4. Les inosilicates (1) : tétraèdres en chaîne simple

Chez les inosilicates, les tétraèdres sont disposés en chaînes. Chaque tétraèdre partage deux sommets avec ses voisins. On distingue :



1. Les tétraèdres à chaînes simples, de formule de base $(\text{Si}_2\text{O}_6)^{4-}$ ou $(\text{SiO}_3)^{2-}$. Cette famille est représentée par les **pyroxènes**, minéraux importants de la croûte terrestre. Les pyroxènes sont des ferro-magnésiens calciques qui se divisent en deux grandes classes selon leur structure cristalline et leur composition chimique

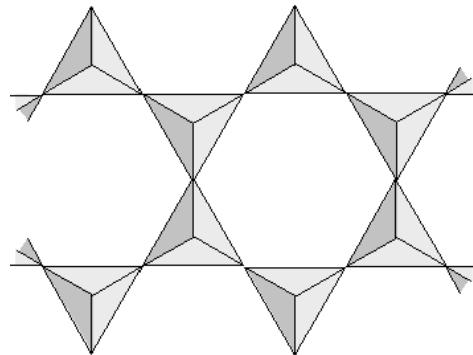
:

a. Les orthopyroxènes, de structure orthorhombique et qui sont composés de fer et de magnésium. La formule générale des orthopyroxènes est $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{Si}_2\text{O}_6$.

b. Les clinopyroxènes, de structure monoclinique, qui contiennent, en plus du fer et du magnésium, du calcium. La formule générale des clinopyroxènes est $(\text{Mg},\text{Fe},\text{Ca})_2\text{Si}_2\text{O}_6$. Les clinopyroxènes ne contiennent jamais plus de 50% de Ca.

2. Les tétraèdres à chaînes doubles, de formule de base $(\text{Si}_4\text{O}_{11})^{6-}$ ou $(\text{Si}_8\text{O}_{22})^{12-}$. Cette famille est représentée par les **amphiboles**, minéraux importants de la croûte terrestre. Les amphiboles sont des ferro-magnésiens hydratés (ils contiennent la molécule OH⁻ dans leur formule chimique qui s'incorpore au centre de chaque hexagone formé dans la structure tétraédrique à chaînes doubles).

Comme pour les pyroxènes, on distingue des amphiboles ferromagnésiens de formule générale $(\text{Mg},\text{Fe})_7[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$, des amphiboles ferromagnésiens et calciques de formule générale $\text{Ca}_2(\text{Mg},\text{Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$. Il existe aussi des amphiboles alumineuses appelées hornblendes, qui sont les plus importantes, et de formule chimique générale $(\text{Ca},\text{Na},\text{K})_2(\text{Mg},\text{Fe},\text{Al})_5\text{Si}_6(\text{Si},\text{Al})_2\text{O}_{22}(\text{OH})_2$.

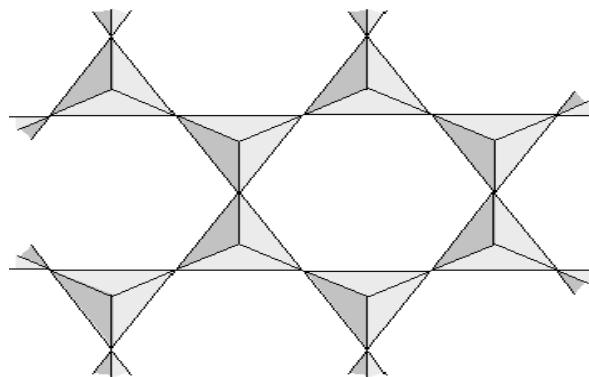


5. Les phyllosilicates

Silicates dont les tétraèdres sont disposés en feuillets. Ils mettent en commun trois oxygènes. La formule de base est $(\text{Si}_2\text{O}_5)^2-$ ou $(\text{Si}_4\text{O}_{10})^{4-}$.

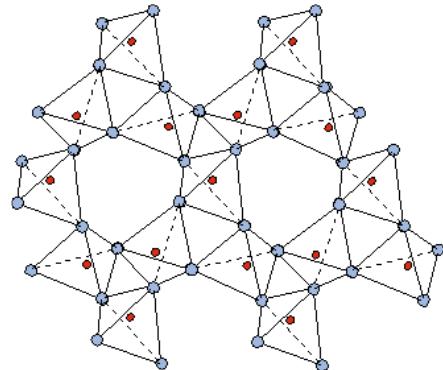
L'exemple le plus important de phyllosilicates est la famille des micas. Il s'agit de silicates hydratés, plus ou moins alumineux et presque toujours potassiques, qui contiennent en proportion variable du fer et du magnésium.

Les micas sont monocliniques. Les principaux représentants de cette famille sont la **muscovite**, ou **micas blancs** de formule chimique : $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$, et la **biotite** ou **micas noirs** de formule chimique générale : $\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$.



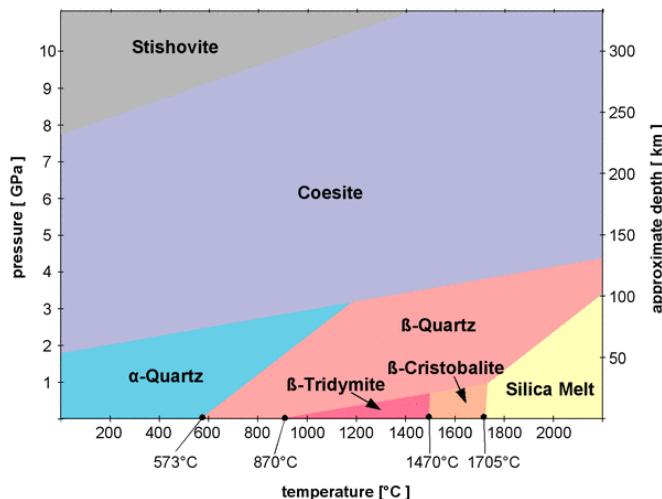
6. Les tectosilicates

Silicates dont les tétraèdres sont liés entre eux par leurs sommets. La formule de base est SiO_2 ou Si_4O_8 . Le **quartz** et les **feldspaths ainsi que les feldspathoïdes** sont les principaux tectosilicates.



Le quartz

Le quartz (silice, SiO_2) représente environ 12 % de l'ensemble des minéraux de la croûte terrestre. Il possède six variétés polymorphiques, chacune cristallisant dans des conditions de pression et de température bien définies (fig.22) : quartz α , quartz β , tridymite, cristobalite, coésite et stishovite. Le quartz stable aux conditions de température et de pression de la surface de la Terre est le quartz α .



Les feldspaths

Les feldspaths forment le plus important groupe de minéraux de la croûte terrestre. Ils sont hautement cristallisés et ont la propriété de former des macles et de rayer le verre. En combinaison avec d'autres minéraux, les feldspaths potassiques (ou alcalins ou orthoses) composent des roches plutôt acides, telles les syénites et les granites (grenues) ou les trachytes et les rhyolites (microlithiques). Les feldspaths plagioclases composent quant à eux, pour ce qui concerne les roches grenues, les diorites, les gabbros, plus rarement les tonalites et parfois les syénites. Lorsque

l'on en retrouve dans les roches microlithiques, il s'agit la plupart du temps d'andésites ou de basaltes.

Le feldspath potassique, $KAlSi_3O_8$, existe en trois polymorphes qui diffèrent par l'ordonnancement aluminium - silicium dans les tétraèdres.

- La sanidine C'est le polymorphe qui intervient à la plus haute température
- L'orthose: c'est le polymorphe de température intermédiaire, ∴ Son nom provient de sa faculté à se cliver selon deux plans orthogonaux. Elle est présente dans les roches plutoniques et métamorphiques, mais ne se trouve que rarement dans les laves. Sa dureté est précisément de 6 puisqu'elle est une des références de l'échelle de Mohs. Sa densité est comprise entre 2,56 et 2,58 g/cm³. La macle de Carlsbad est fréquente.
- Le microcline (voir aussi amazonite) est le polymorphe de basse température : . Il ne peut être différencié de l'orthose que par un examen optique. Le microcline montre souvent des macles polysynthétiques (également nommées macles du microcline). L'anorthose $(K,Na)AlSi_3O_8$ est un microcline sodique.

Les plagioclases

Les plagioclases sont des feldspaths calco-sodiques. Ils forment une série continue entre leurs deux termes extrêmes : l'albite $NaAlSi_3O_8$ (voir : pierre de soleil), sodique, et l'anorthite $CaAl_2Si_2O_8$, calcique.

Leur clivage (cassure) est oblique.

Tableau des plagioclases selon la proportion albite/anorthite

Nom	% $NaAlSi_3O_8$	% $CaAl_2Si_2O_8$	Densité
albite	100-90	0-10	2.63
Oligoclase	90-70	10-30	2.6
Labradore	70-50	30-50	2.68
andesine	50-30	50-70	2.71
bytownite	30-10	70-90	2.74
anorthite	10-0	90-100	2.76