

## LES MINÉRAUX DES ROCHES

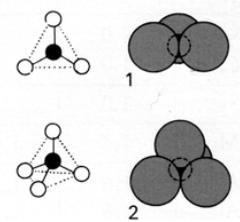
Les **minéraux** sont les constituants de base des roches, comme les cellules sont les constituants élémentaires de la matière vivante. Ils résultent de l'assemblage par différents types de liaisons d'atomes ou d'ions agencés pour la plupart en édifices géométriques : les **cristaux**. Dans les minéraux, les liaisons peuvent être de quatre types : ioniques, covalentes, métalliques ou de Van der Waals.

Les cristaux sont des assemblages d'atomes géométriquement agencés en une construction ordonnée limitée par des faces planes qui se recourent selon des arêtes.

Dans un minéral constitué de plusieurs éléments, les cations sont entourés d'anions et réciproquement. On appelle **nombre de coordination ou coordinence** le nombre d'anions associés à un cation. Autour de chaque cation les anions s'organisent en **polyèdres** tels que l'empilement soit maximal.

Le polyèdre sera un triangle lorsque les trois anions entourant le cation seront dans un plan ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) ou un tétraèdre lorsqu'un quatrième anion sera en dehors du plan ( $\text{SiO}_4^{4-}$ ).

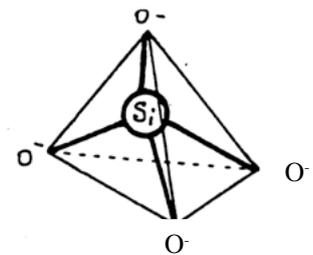
Dans un cristal, les polyèdres associés ne mettent jamais une face en commun, rarement une arête mais le plus souvent des sommets.



### LES SILICATES

Les diverses variétés de silice et les minéraux silicatés représentent 99 % du poids et du volume de l'écorce terrestre. Le motif élémentaire est le tétraèdre ( $\text{SiO}_4^{4-}$ ).

Fréquemment, il y a **substitution d'un Si par un Al** dans les tétraèdres. La valence de  $\text{Al}^{3+}$  étant inférieure à celle de  $\text{Si}^{4+}$ , une valence négative supplémentaire est libérée et elle est compensée par un cation. La classification des silicates repose sur le mode d'assemblage des tétraèdres dont les motifs d'association permettent de définir 6 types d'assemblages.



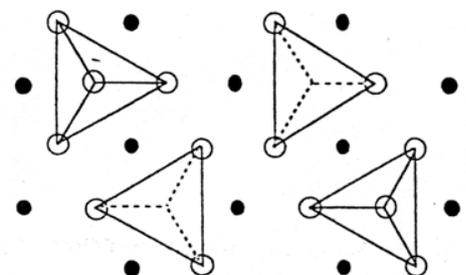
Quand les tétraèdres sont polymérisés, ils délimitent un volume libre où s'insèrent des  $\text{OH}^-$ . Il en résulte un déséquilibre de charge qui devra être neutralisé par des cations compensateurs. De tels minéraux ne sont pas stables à haute température.

#### Les tétraèdres isolés : néosilicates

Le préfixe néso vient du grec qui signifie île. Les tétraèdres ne sont pas reliés par leur O mais par les cations généralement bivalents Mg et Fe. Dans cette catégorie, entrent les **péridots** dont le représentant est l'**olivine** dont la formule est  $(\text{MgFe})_2\text{SiO}_4$ . Dans cette famille, on trouve un pôle magnésien (**forstérite**  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ ) et un pôle ferreux (**fayalite**  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ).

Les olivines présentent une très forte anisotropie mécanique. La vitesse des ondes P est de  $9,89 \text{ km}\cdot\text{sec}^{-1}$  selon l'axe a et  $7,72 \text{ km}\cdot\text{sec}^{-1}$  selon l'axe b. Les cristaux d'olivine se placent dans le manteau avec leur axe a dans la direction du flux de matière produit par les courants de convection. Il en résultera une

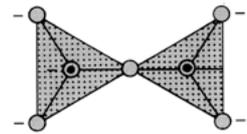
anisotropie de vitesse sismique significative.



Le **zircon ou silicate de zirconium**  $\text{Zr}(\text{SiO}_4)$  est un minéral très résistant. Le zirconium est tétravalent et il sature les quatre valences libres du silicium. Le **grenat**, l'**andalousite**, le **disthène** et la **silimanite** sont des minéraux du métamorphisme. Ces trois derniers sont des isomorphes de formule  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ .

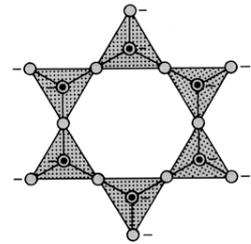
### Les tétraèdres en paires : sorosilicates

Deux tétraèdres ont un oxygène commun appelé *oxygène de coordination*. La formule de base s'écrit  $(\text{Si}_2\text{O}_7)^{6-}$ . Les minéraux de ce type sont rares. L'**épidote** et la **lawsonite**, sont des minéraux du métamorphisme.



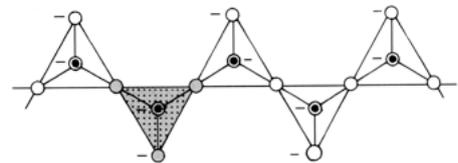
### Les tétraèdres en anneaux : cyclosilicates

3, 4 ou 6 tétraèdres peuvent se regrouper en *courbe fermée*. Dans le cas de 6 tétraèdres, il y a 6 oxygènes de coordination et 12 ayant une valence libre. La formule est  $(\text{Si}_6\text{O}_{18})^{12-}$ . Les minéraux de cette famille sont peu fréquents : Le **béryl** (émeraude) et la **cordiérite**, un minéral du métamorphisme.



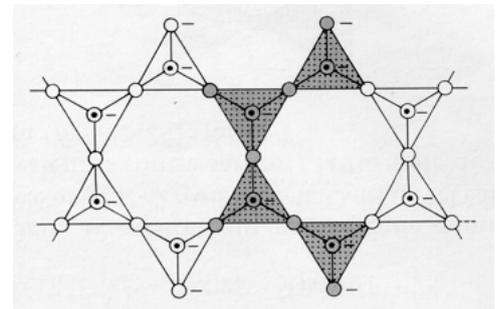
### Les tétraèdres en chaînes simples : inosilicates (1)

Les arêtes des tétraèdres sont disposées linéairement, chaque tétraèdre étant associé à ses deux voisins par 2 oxygènes de coordination. L'unité de base est  $(\text{SiO}_3)^{2-}$  ou  $(\text{Si}_2\text{O}_6)^{4-}$ . C'est le cas des **pyroxènes**. On distingue des **orthopyroxènes (Opx)** de formule  $\text{MgFe}(\text{SiO}_3)$  avec un pôle ferreux (hypersthène) et un pôle magnésien (enstatite) et des **clinopyroxènes (Cpx)** de formule  $(\text{MgFe})\text{CaSi}_2\text{O}_6$  avec un pôle magnésien (diopside). Les **Cpx sont plus fusibles que les Opx**. Enstatite et diopside sont les pyroxènes essentiels du manteau. La **jadéite** est un pyroxène sodique rencontré dans les roches métamorphiques HP-BT.



### Les tétraèdres en chaînes doubles : inosilicates (2)

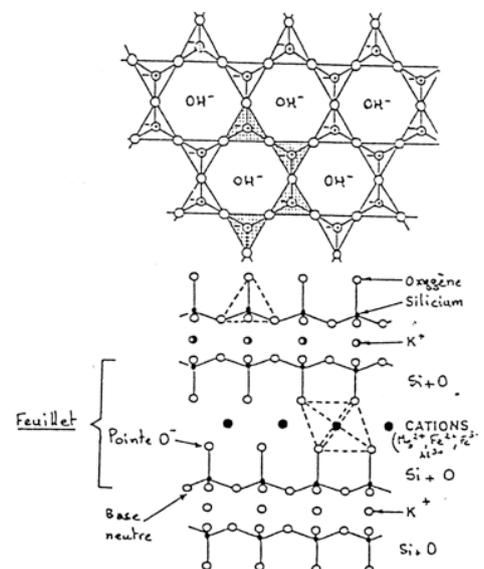
Deux chaînes identiques aux précédentes se soudent. La plus petite unité dont la répétition fournit l'architecture du minéral est une association de 4 tétraèdres. La formule de base est :  $(\text{Si}_4\text{O}_{11})^{6-}$ . Au centre de chaque hexagone formé par les tétraèdres, s'insère un radical  $[\text{OH}]^-$  qui accroît la valence d'ensemble. C'est le cas des **amphiboles** comme la **hornblende**. Contrairement aux pyroxènes, ce sont donc des **minéraux hydroxylés**. Une amphibole sodique, le **glaucophane** et une amphibole fibreuse ferro-magnésienne, l'**actinote** sont des minéraux fréquents du métamorphisme.



### Les phyllosilicates ou silicates en feuillets

Des chaînes doubles sont associées en un feuillet plan infiniment grand. La formule de base est  $(\text{Si}_4\text{O}_{10})^{4-}$ . Chaque octaèdre n'a qu'un seul oxygène non saturé. Chaque couche de tétraèdres forme un plan réticulaire dans lequel la pointe des tétraèdres est toujours dirigée du même côté. Deux couches successives s'opposent par leurs bases. Entre elles se trouvent des  $\text{K}^+$ . La couche suivante oppose les pointes de ses tétraèdres à la précédente.

On appelle **feuillet**, l'ensemble de deux couches qui s'opposent par les pointes de leurs tétraèdres et qui sont limitées par les bases triangulaires neutres. Dans un feuillet, les deux couches de tétraèdres sont légèrement décalées l'une par rapport à l'autre. Entre elles les cations  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  sont inclus au centre d'octaèdres et des  $\text{OH}^-$  solidarissent les feuillets entre eux.



$Al^{3+}$  peut remplacer  $Si^{4+}$  au centre des tétraèdres.  $K^+$  peut alors être remplacé par  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$  ou  $Fe^{2+}$  pour compenser le déficit de charges ainsi créé. Étant donnée leur structure, ces minéraux ont un plan de clivage très net. Ils peuvent se débiter en lames d'où leur nom de phyllosilicates.

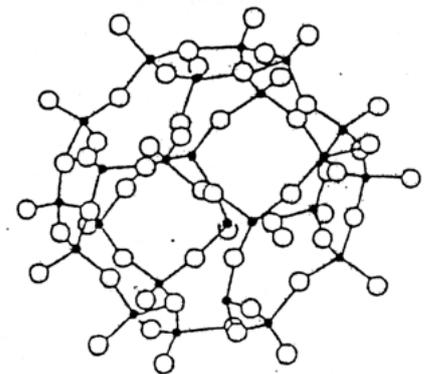
Les minéraux de cette catégorie sont le **talc**, la **muscovite** ou mica blanc, la **biotite** ou mica noir, la **chlorite** (altération des pyroxène, amphibole et biotite), la **serpentinite** (altération hydrothermale des minéraux de la péridotite), les minéraux argileux comme l'**illite**, la **kaolinite** et les **smectites** (= **montmorillonite**) qui proviennent de l'altération des Feldspaths. Tous ces minéraux sont facilement altérables sauf la muscovite.

### Les tétraèdres associés dans les trois plans de l'espace : tectosilicates

Les tétraèdres sont soudés les uns aux autres par leurs 4 sommets. Chaque oxygène appartient donc à deux tétraèdres et le motif élémentaire se ramène à  $SiO_2$ , électriquement neutre.

Le **quartz** répond à cette formule. Il existe sous deux formes, de basse température et de haute température (transformation réversible à  $573^\circ$ ). Il est quasi inaltérable d'où sa présence dans les roches sédimentaires comme les grès.

Il existe une forme de ultra haute pression (UHP) appelée **coésite**. Dans le schéma ci-contre, les ronds blancs représentent les oxygènes pontants, les petits points noirs représentent le silicium.



Dans ces tétraèdres,  $Si^{4+}$  peut être substitué par  $Al^{3+}$  en proportions variables :  $AlSi_3O_8$ ,  $AlSi_2O_6$ ,  $AlSiO_4$ . **Feldspaths** et **feldspathoïdes** répondent à ces formules. Les valences libérées sont alors compensées par  $Na^+$ ,  $K^+$  ou  $Ca^{2+}$ .

- Si le taux de substitution est élevé, on a des feldspathoïdes (33% pour la leucite, 50% pour la nephéline). Ceci suppose donc une pauvreté de la roche en silice. **Une roche contenant des feldspathoïdes n'a jamais de quartz** (poles opposés dans le diagramme de Streickeisen).
- Si le taux de substitution est plus faible, on a des feldspaths. Dans les feldspaths alcalins, la substitution est de 25 %. Elle est compensée par K pour l'**orthose**. Dans les feldspaths plagioclases, elle est compensée par Na pour l'**albite** et par Ca pour l'**anorthite** où la substitution est de 50 %. Les **plagioclases** constituent une série qui va de l'albite (pôle sodique) à l'anorthite (pôle calcique).

### LES CARBONATES

Le carbonate de calcium  $CaCO_3$  se présente sous deux formes : la **calcite** et l'**aragonite** (cette dernière sous forme de baguettes). La calcite est la forme la plus fréquente dans les roches sédimentaires.

D'autres cations peuvent se combiner tels que Mg. La **dolomite** a pour formule  $CaMg(CO_3)_2$ . C'est le constituant des dolomies, roches sédimentaires d'aspect ruiniforme (cirque de Mourèze, sortie BCPST 1).

