

MINÉRALOGIE

Cyril Langlois

30 avril 2013

Table des matières

1 Minéraux cardinaux	2
1.1 Tectosilicates : le quartz (Q) et ses polymorphes	2
1.2 Tectosilicates : les feldspaths (F)	3
1.2.1 Feldspaths <i>sensu stricto</i> :	3
1.2.2 Zéolites	3
1.2.3 Feldspathoïdes (f)	3
1.2.4 Groupe de la haüyne	3
1.2.5 Scapolites	4
2 Minéraux caractéristiques	4
2.1 Phyllosilicates : les micas	4
2.2 Phyllosilicates : les chlorites	4
2.3 Phyllosilicates : les margarites	5
2.4 Inosilicates : les pyroxènes	5
2.4.1 Remplacements Mg - Ca - Na - Fe	5
2.4.2 Remplacement Al^{3+} - Fe^{3+}	5
2.5 Nésosilicates : les péridots	6
2.6 Inosilicates : les amphiboles	6
3 Minéraux accessoires	7
3.1 Nésosilicates : les zircons	7
3.2 Oxydes	7
3.3 Carbone	8
4 Silicates des roches métamorphiques	8
4.1 Silicates d'alumine	8
4.2 Staurotide et chloritoïde	8
4.3 Cyclosilicates : la cordiérite	8
4.4 Nésosilicates : les grenats	8
4.5 Sorosilicates : les épidotes	9

Abréviations : HT : Haute(s) Température(s); MT : Moyenne(s) Température(s);
BT : Basse(s) Température(s).
Idem HP : hautes pressions; MP : moyennes pressions; BP : basses pressions. R : Roches

1 Minéraux cardinaux

1.1 Tectosilicates : le quartz (Q) et ses polymorphes

Formule : SiO_2

M. cardinaux
Tectosilicates

Polymorphes du quartz

- Quartz α Phase de basse température
- Quartz β Phase de haute température
- Tridymite Phase de basse température (laves)
- Cristobalite Phase de haute température (laves)
- Coésite Phase de haute pression (≥ 2 GPa = 20 kbar)
- Stishovite Phase de très haute pression (≥ 8 GPa)



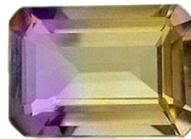
Variétés colorées



Améthyste (*violet*)



Citrine (*jaune*)



Amétrine (*améthyste + citrine*)



Quartz fumé (*brun*)

Quartz laiteux

Blanc

Présence de microbulles

Vert

Présence de chlorite

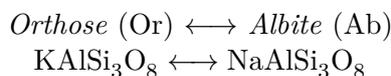
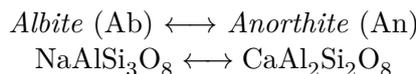
Rouge

Présence d'hématite

Bleu

Présence de tourmaline

1.2 Tectosilicates : les feldspaths (F)

M. cardinaux
Tectosilicates1.2.1 Feldspaths *sensu stricto* :Formule générale : $(K, Na)AlSi_3O_8$ Solution solide des feldspaths alcalins, F_K Solution solide des feldspaths alcalins sodiques, F_{Ca-Na} Feldspaths potassiques, F_K

- *Orthose* Basse et moyenne températures, roches volcaniques
- *Sanidine* Haute température, roches volcaniques « trempées »
- *Microcline* Basse température, roches métamorphiques
- *Albite « Low Ab »* Basse température
- *Albite « high Ab »* Haute température

1.2.2 Zéolites

Formules équivalant à des « feldspaths hydratés ».

Température de formation relativement élevée, minéraux indices du *passage de la diagenèse au métamorphisme*.

1.2.3 Feldspathoïdes (f)

Formules équivalant à des feldspaths « désilicifiés ».

M. cardinaux
Tectosilicates

Par conséquent, **la présence simultanée dans une roche de feldspathoïdes et de quartz est impossible**. Les deux minéraux ne peuvent constituer un assemblage stable.

feldspathoïdes sodiques

- *Néphéline* $NaAlSiO_4$ $Ab-2SiO_2$ roche cristallisée en profondeur.

Feldspathoïdes potassiques

- *Leucite* $KAlSi_2O_6$ $Or-SiO_2$ roches métamorphiques
- *Kalksikite* $KAlSiO_4$ $Or-2SiO_2$ roches métamorphiques

1.2.4 Groupe de la hâüyne

Formules équivalant à des feldspathoïdes « salés ».

Couleur **bleue**.

- *Sodalite* $Na_8(Al_6Si_6O_{24})Cl_2$
- *Noséane* $Na_8(Al_6Si_6O_{24})SO_4$

– *Haüyne* $(\text{Na, Ca})_8(\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24})(\text{SO}_4, \text{S})$

La sodalite équivaut à une « néphéline salée » \Rightarrow ces minéraux traduisent l'interaction des magmas avec des solutions salines très concentrées.

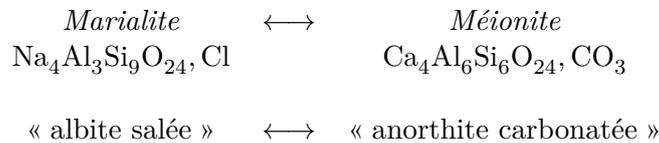
La *lazurite*, qui entre dans la composition du lapis-lazuli, est une variété de sodalite, formée dans des calcaires soumis à un métamorphisme de contact par des solutions salées, émises par des pegmatites.

Remarque : ne pas confondre la *lazurite* et l'*azurite* ($\text{CuCO}_3, \text{H}_2\text{O}$) minéral qui accompagne la malachite.

1.2.5 Scapolites

Formules équivalant à feldspaths + CO_2 .

Les scapolites constituent une solution solide entre deux pôles, *marialite* et *méionite*.



Le pôle sodique se rencontre dans le métamorphisme d'anciennes évaporites. Le pôle carbonaté serait un puit de CO_2 dans les roches profondes au niveau du Moho et dans le manteau supérieur.

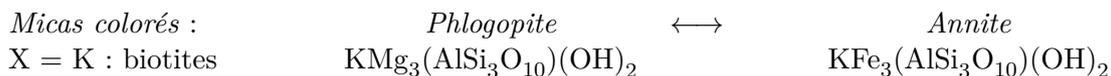
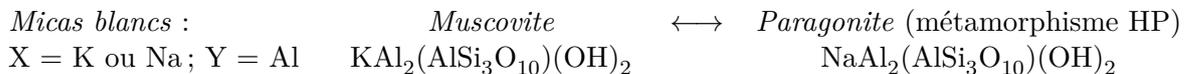
2 Minéraux caractéristiques

2.1 Phyllosilicates : les micas

Formule générale $\text{X}_2\text{Y}_{4-6}\text{Z}_8\text{O}_{20}(\text{OH}, \text{F})_4$.

*M. caractéristiques
Phyllosilicates*

- **X** : K, Na, Ca ; remplacés parfois par Ba, Rb, Cs
- **Y** : Al^{VI} , Mg, Fe
- **Z** : Si, Al^{IV}
- Y_4 : micas *octaédriques* ; Y_6 : micas *trioctaédriques*



Dans le site Z, l'aluminium peut être remplacé par du Fe^{2+} , donnant sa couleur au minéral.

2.2 Phyllosilicates : les chlorites

Formule générale : $\text{Y}_{12}\text{Z}_8\text{O}_{20}(\text{OH})_{16}$

*M. caractéristiques
Phyllosilicates*

Les chlorites peuvent être considérées comme la superposition de deux espèces :

- Un minéral $\text{Y}_8\text{Z}_8\text{O}_{20}(\text{OH})_4$

– Un pôle pur $\text{Mg}_6(\text{Si}_8\text{O}_{20})(\text{OH})_4$, le *talc*

Le talc forme des feuillets reliés par des couches de *brucite*, $\text{Mg}(\text{OH})_2$, groupés par 6, donc de formule globale $\text{Mg}_6(\text{OH})_{12}$.

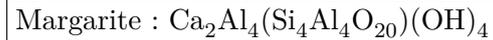
Le pôle pur ainsi obtenu est la *serpentine*, $\text{Mg}_{12}(\text{Si}_8\text{O}_{20})(\text{OH})_{16}$

Toutes les chlorites dérivent de ce pôle pur par substitution :

- Substitution $\text{Mg} \longleftrightarrow \text{Fe}$
- Substitution de Tschermak, $\text{MgSi} \longleftrightarrow \text{AlAl}$

Remarque : Un critère morphologique de distinction d'un mica et d'une chlorite macrocristallins est qu'un mica plie quand une chlorite casse.

2.3 Phyllosilicates : les margarites



Aussi appelés « micas durs ». Formule semblable à celle des micas, mais avec $X = \text{Ca}$.

2.4 Inosilicates : les pyroxènes



*M. caractéristiques
Inosilicates*

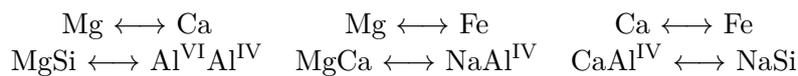
Inosilicates à *chaîne simple*. La structure générale des inosilicates à chaîne simple peut également se résumer par : XYT_2O_6

avec X (site cationique tétraédrique) : cation di- ou trivalent, Ca, Mg, Al^{3+} ; Y (site cationique octaédrique) : cation divalent, Fe, Al^{VI} ; T (site tétraédrique) : Si, Al^{IV} .

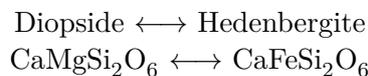
Les pyroxènes constituent ainsi plusieurs solutions solides, par remplacement de différents cations.

2.4.1 Remplacements Mg - Ca - Na - Fe

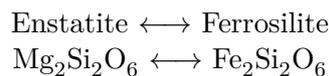
Ces échanges de cations permettent de représenter les pyroxènes dans plusieurs polygones reliant différents pôles purs (figure 1).



Pyroxènes monocliniques = clinopyroxènes, Cpx



Pyroxènes orthorhombiques = orthopyroxènes, Opx



2.4.2 Remplacement Al^{3+} - Fe^{3+}

Cette solution solide a pour pôles Diopside ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$), Jadéite ($\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$) et Acmite ($\text{NaFeSi}_2\text{O}_6$) (figure 1).

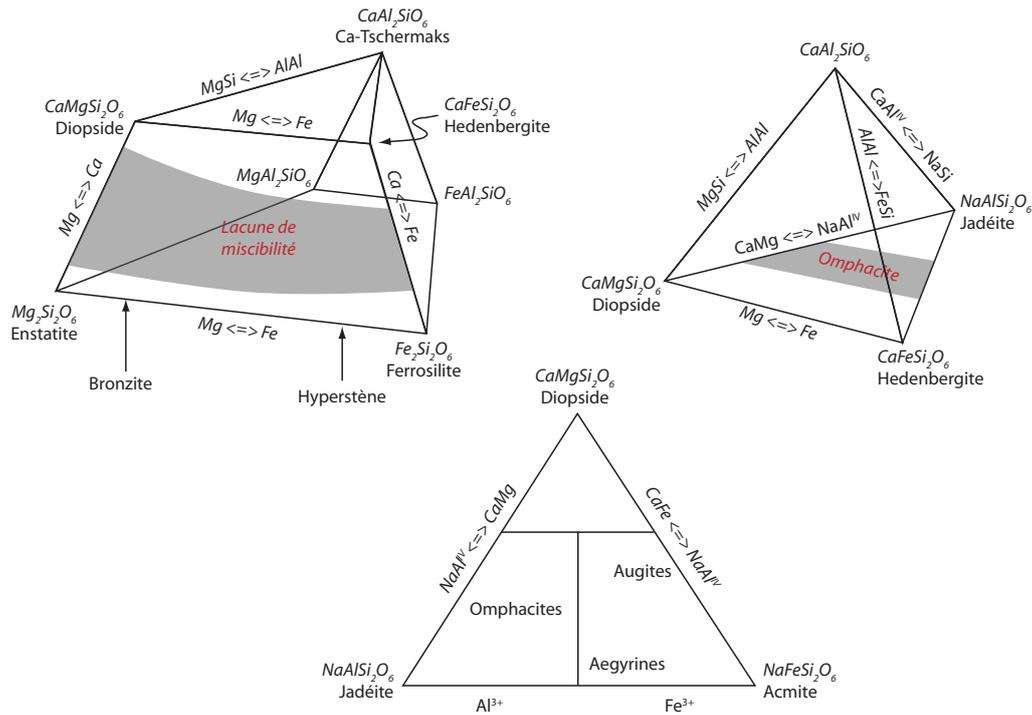


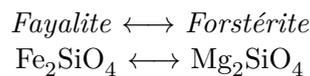
FIGURE 1 – Solutions solides des pyroxènes

2.5 Nésosilicates : les péridots

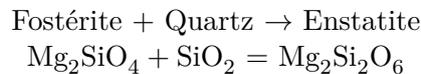
Formule générale : $(R^{2+})_2SiO_4$

M. caractéristiques
Nésosilicates

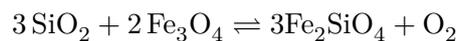
Les péridots constituent une solution solide entre deux pôles purs, la *fayalite* (pôle ferreux) et la *forstérite* (pôle magnésien).



La forstérite n'est pas stable en présence de quartz. Il se produit alors la réaction :



La fayalite pure, par contre, est stable en présence de quartz. Les deux minéraux peuvent apparaître avec la réaction Quartz-Fayalite-Magnétite :



2.6 Inosilicates : les amphiboles

Base structurale : $[\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]^{14-}$

M. caractéristiques
Inosilicates

Inosilicates à chaîne double.

Formule générale : $A_{0-1}B_2C_5T_8O_{22}(\text{OH}, \text{F})_2$.

- A = Na, absent (0) ou présent (1)
- B = Ca, Fe, Mg
- C = Ca, Mn, Cr
- T = Si ou Al^{IV}

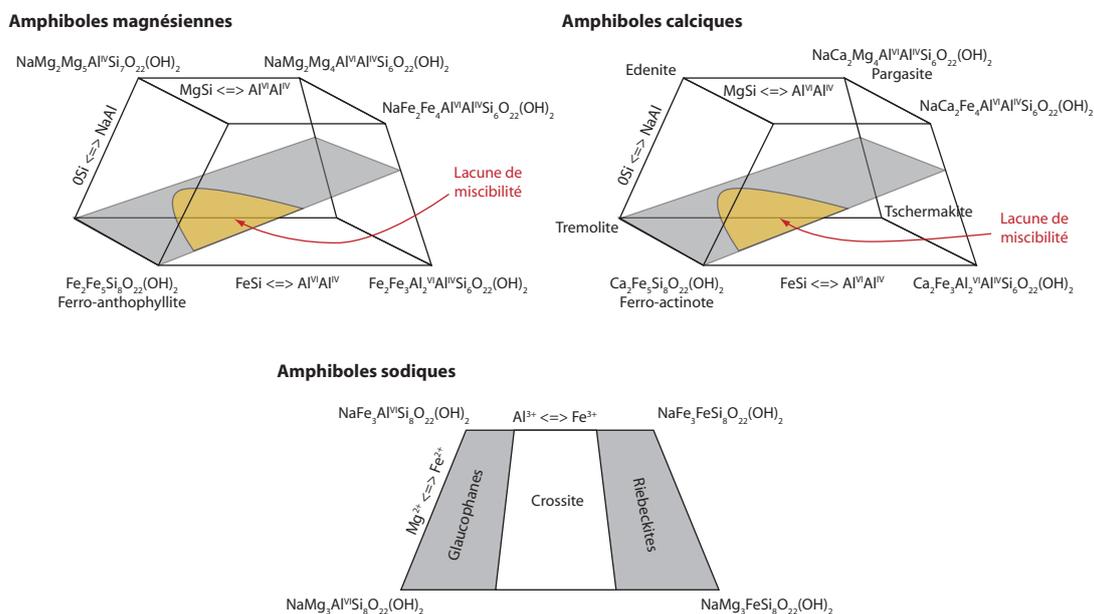


FIGURE 2 – Solutions solides des amphiboles

Amphiboles ferromagnésiennes : A vacant ; B = Mg ou Fe (figure 2)

- Amphiboles orthorhombiques : Anthophyllite ↔ Gedrite (ferrifère)
- Amphiboles monocliniques : Cunningtonite (Mg) ↔ Grünerite (Fe)

Amphiboles calciques : B = Ca (figure 2)

Trémolite (pôle Mg) ↔ Actinote (pôle Fe)

Amphiboles sodi-calciques : B = Ca et Na.

Amphiboles sodiques : B = Na (figure 2)

- Glaucophanes des schistes bleus HP.
- Riebeckite des roches hyperalcalines à néphéline et autre feldspathoïdes sodiques.

3 Minéraux accessoires

3.1 Nésosilicates : les zircons

Formule : ZrSiO₄

M. accessoires
Nésosilicates

3.2 Oxydes

Oxydes de zirconium ZrO₂

M. accessoires
Oxydes

Oxydes à structure de spinelle

- Spinelle vrai : MgAl_2O_4
- Hercynite : FeAl_2O_4
- Chromite : FeCr_2O_4

3.3 Carbone

- Graphite
- Diamant (HP-HT)

4 Silicates des roches métamorphiques

Certains minéraux alumineux sont caractéristiques des roches métamorphiques et apparaissent lors du passage de la roche par certaines conditions de pression et de température.

4.1 Silicates d'alumine

Formule : Al_2SiO_5

*M. métamorphiques
Silicates d'Al*

La formule Al_2SiO_5 correspond à trois polymorphes, chacun caractéristique d'un champ pression-température.

- *Andalousite* : BP-HT
- *Disthène* : HP-BT
- *Sillimanite* : HP-HT

Le **point triple** de ce trio de polymorphes se situe vers **500 à 600 °C** et **0,4 à 0,5 GPa (4 kbar)**.

4.2 Staurotide et chloritoïde

Staurotide : $(\text{Fe, Mg})_2(\text{Al, Fe})_9\text{O}_6(\text{SiO}_4)_4(\text{O, OH})_2$

Chloritoïde : $(\text{Fe, Mg, Mn})_2(\text{Al, Fe})\text{Al}_3\text{O}_2(\text{SiO}_4)_2(\text{OH})_2$

Ces minéraux n'apparaissent que dans les roches fortement ferrifères. Les termes magnésiens (remplacement $\text{Fe} \longleftrightarrow \text{Mg}$) peuvent apparaître à haute pression.

4.3 Cyclosilicates : la cordiérite

$\text{Al}_3(\text{Mg, Fe})_2(\text{Si}_5\text{AlO}_{18})$

Les teneurs en fer de la cordiérite sont variable, avec un fréquent remplacement du magnésium par le fer. Une cordiérite « classique » contient de 0 à 60-70% de Fe.

4.4 Nésosilicates : les grenats

Formule : $(\text{R}^{3+})_2(\text{R}^{2+})_3(\text{Si}_3\text{O}_{12})$

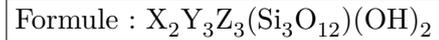
$R^{3+} = Al$

- $Al_2Fe_3(Si_3O_{12})$: grenat *almandin*.
Roches métamorphiques paradérivées (schistes à protolithe argileux, p. ex.)
- $Al_2Mg_3(Si_3O_{12})$: grenat *pyrope*.
Roches mantelliques, roches métamorphiques magnésiennes de HP (éclogites) [solution solide pyrope-almandin, à dominance magnésienne]...
- $Al_2Mn_3(Si_3O_{12})$: grenat *spessartine*.
Assez courant dans les pegmatites [solution solide spessartine-almandin]

 $R^{2+} = Ca$

- $Al_2Ca_3(Si_3O_{12})$: grenat *grossulaire*.
Métamorphisme des roches carbonatées impures (marnes).
- $(Fe, Ti)_2Ca_3(Si_3O_{12})$: grenat *andradite*.
Métamorphisme de contact et hydrothermal des roches carbonatées (skarns) ou ultrabasiques.
- $Cr_2Ca_3(Si_3O_{12})$: grenat *vert*, *ouvarovite*.
Rare. Parfois dans les serpentines, en association avec la chromite.

4.5 Sorosilicates : les épidotes



- X : Ca
- Y : Al, Fe, Mn
- Z : Fe (cas de la zoïsite)

Exemple : la *pistacite*, $Ca_2Fe_3Al_3(SiO_4)(Si_2O_7)(O, OH)$, fréquente dans les glaucophanites et les éclogites de l'île de Groix, ou dans les gabbros du Chenaillet.