

# 1- Introduction

- La pétrographie** (du grec *petra*, pierre, et *graphein*, écrire) est la branche des Sciences de la Terre qui s'intéresse à la description et à la classification des roches.
- La pétrologie** (du grec *logos*, discours, parole) s'intéresse à l'étude et interprétation des processus responsables de la genèse des roches.
- Une roche** est un agrégat naturel de **minéraux**, de verre et/ou de matière organique qui compose l'écorce terrestre.
- Un minéral** est un solide naturel, possédant une composition chimique définie et une structure atomique ordonnée.

## 2- Les minéraux des roches magmatiques et leur ordre d'apparition

La composition minéralogique d'une roche magmatique est fonction de la composition chimique du magma et de ses conditions de cristallisation.

Les minéraux qui constituent plus de 99 % des roches magmatiques appartiennent à 8 groupes de minéraux (principalement des silicates et d'alumino-silicates) : quartz, feldspaths, feldspathoïdes, olivines, pyroxènes, amphiboles, biotites (micas), oxydes de fer

La composition chimique des roches magmatiques se représente sous forme d'oxydes (éléments majeurs, mineurs) et sur base de la teneur en  $\text{SiO}_2$  on distingue les groupes suivants:

- roches acides :  $> 66\% \text{SiO}_2$
- roches intermédiaires : 52 à 66 %  $\text{SiO}_2$
- roches basiques ( mafiques ) : 45 à 52 %  $\text{SiO}_2$
- roches ultrabasiques ( ultramafiques ) :  $\leq 45\% \text{SiO}_2$

Les minéraux essentiels des roches magmatiques appartiennent à la classe des silicates :

- quartz
- feldspaths : orthose  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ - albite  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$  – anorthite  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$
- feldspathoïdes : néphéline  $\text{Na}_3\text{K}(\text{AlSiO}_4)_4$  – leucite  $\text{KAlSi}_2\text{O}_6$
- micas : muscovite  $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$  – biotite  $\text{K}(\text{Mg,Fe})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$
- olivine  $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$
- pyroxènes
- amphiboles

quartz, feldspaths, feldspathoïdes = **minéraux felsiques**

olivine, biotite, pyroxènes, amphiboles = **minéraux mafiques**

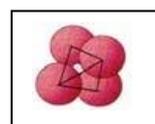
+ minéraux accessoires tels que apatite  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH,F,Cl})$ , ilménite  $\text{FeTiO}_3$ , magnétite  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , zircon  $\text{ZrSiO}_4$ , sphène  $\text{CaTiSiO}_5$

Sur base du pourcentage en volume de minéraux mafiques,

on classe les roches magmatiques en trois catégories :

- **leucocrates (0 à 30%) ;**
- **mésocrates (30 à 60 %) ;**
- **mélanocrates (60 à 100%).**

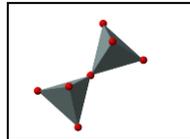
### 2-1 : Rappel sur la famille des silicates



## 1-Nésosilicates ou silicates en îlots : (Environ 2 % de la croûte terrestre)

Les nésosilicates sont formés de l'ion  $[\text{SiO}_4]^{4-}$  ; il s'agit de la famille des péridots, des grenats, des silicates d'alumine ou encore du zircon. Les tétraèdres sont isolés entre eux (ils n'ont pas d'atome d'oxygène en commun) et sont reliés par des cations.

<b>Groupe du zircon</b>	Syst.	Dens	Dur.	Description sommaire
Zircon, $\text{ZrSiO}_4$	Q	4.5	7.5	Prismes quadratiques terminés par des pyramides. Incolore à brun. Eclat résineux à adamantin.
Thorite, $\text{ThSiO}_4$	Q	5.2	5	Prismes terminés par des pyramides. Parfois massive. Brun jaune à orangé. Eclat résineux.
<b>Groupe de l'olivine</b>	Syst.	Dens	Dur.	Description sommaire et type de gisement
Forstérite, $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$	O	3.3	6.5	Cristaux tabulaires épais, grains irréguliers. Jaune-vert, éclat vitreux. Dans les roches éruptives basiques.
Olivine, $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$	O	3.5	6.5	Cristaux très rares. Grains informes, vert-jaunâtre, éclat vitreux. Dans les roches basiques.
Fayalite, $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$	O	4.3	6.5	Cristaux tabulaires épais, grains irréguliers. Vert jaune à brun, éclat vitreux. Dans les roches éruptives.
Téphroïte, $\text{Mn}_2\text{SiO}_4$	O	4.1	6	Cristaux tabulaires épais, grains irréguliers. Vert olive à brun. Eclat vitreux. Dans les gîtes de Mn.
<b>Groupe de la phénacite</b>	Syst.	Dens	Dur.	Description sommaire et type de gisement
Phénacite, $\text{Be}_2\text{SiO}_4$	R	3	8	Prismes courts à allongés. Incolore à jaune, brun. Transparent, éclat vitreux. Dans les pegmatites. et les filons hydrothermaux.
Willémitte, $\text{Zn}_2\text{SiO}_4$	R	4.1	5.5	Cristaux prismatiques, masse compacte ou fibreuse. Incolore à brun. Fluorescent aux rayons UV. Gîtes de Zn.



## 2- Les sorosilicates :

Les sorosilicates sont des minéraux de la famille des silicates dont les tétraèdres  $[\text{SiO}_4]$  sont groupés par deux (soror = « sœur ») par un de leurs sommets (donc de degré 1)

Il existe deux types de famille : les épidotes et les idocrases.

- Les épidotes  $[\text{Ca}_2\text{Fe}^{3+}\text{Al}_2(\text{SiO}_4)(\text{SiO}_7)\text{O}(\text{OH})]$  ont une structure monoclinique et possèdent un ion Ca en site octaédrique notamment la zoïsite, la clinozoïsite, l'allanite.

- Les idocrases (vésuvianite) sont composées de calcium et ont une structure quadratique.

### 3- Les cyclosilicates

Les cyclosilicates sont des minéraux de la famille des silicates. L'unité structurale des cyclosilicates consiste en anneaux (ou cycles) formés de tétraèdres reliés entre eux par mise en commun d'un oxygène, donnant des rapports Si : O = 1 : 3.

Anneaux simples de

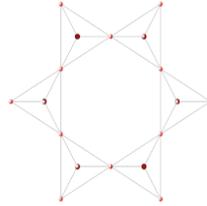
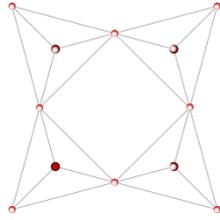
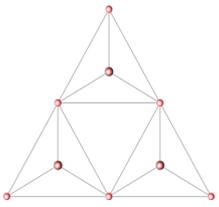
Anneaux simples de

Anneaux simples de

trois tétraèdres  $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$

quatre tétraèdres  $[\text{Si}_4\text{O}_{12}]^{8-}$

six tétraèdres  $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$



Béryl/émeraude,  $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{Si}_6\text{O}_{18})$

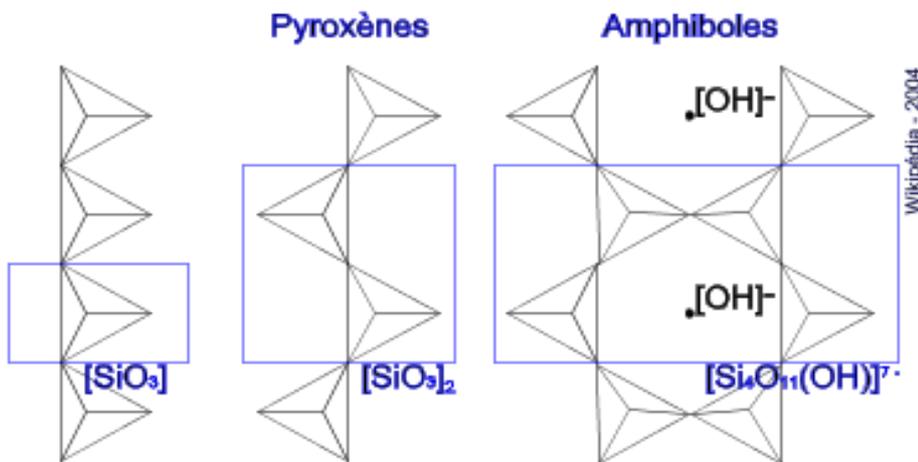
Cordiérite,  $(\text{Mg,Fe})_2\text{Al}_3(\text{Si}_5\text{AlO}_{18})$ ,

Tourmaline,  $(\text{Na,Ca})(\text{Al,Li,Mg})_3(\text{Al,Fe,Mn})_6(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{BO}_3)_3(\text{OH})_4$

Dioptase,  $\text{CuSiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$

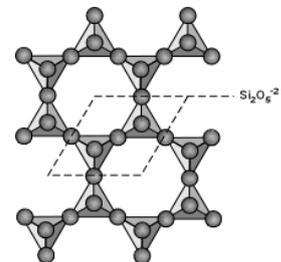
### 4- Les inosilicates

Les inosilicates chaîne simple sont des minéraux de la famille des silicates dont les groupes  $[\text{SiO}_3]^{2-}$  sont organisés en chaînes (alternées) ou rubans



### 5- Les phyllosilicates

Les phyllosilicates (silicates en feuilles) sont des minéraux du groupe des silicates construits par empilement de couches tétraédriques (« T »)



où les tétraèdres partagent trois sommets sur quatre

Le talc  $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$

La biotite :  $K(Mg,Fe)_3(Al,Fe)Si_3O_{10}(OH)_2$

La muscovite :  $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$

La chlorite  $(Mg,Fe)_3(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2 \cdot (Mg,Fe)_3(OH)_6$

Les minéraux argileux

La kaolinite  $Al_2Si_2O_5(OH)_4$

L'illite  $KAl_2(OH)_2 \cdot (AlSi_3(O,OH)_{10})$

Le groupe des smectites  $2Al_2O_3 \cdot 8SiO_2 \cdot 2H_2O \cdot nH_2O$

## 6- Les Tectosilicates

Les tectosilicates sont des minéraux formés par association de motifs élémentaires tétraédriques  $[SiO_4]^{4-}$  par tous leurs sommets et chaque oxygène est lié à deux cations.

- **Groupe du quartz** -  $n = 1$ ,  $SiO_2$  : Quartz, Tridymite, Cristobalite, Kéatite, Coésite, Stishovite
  
- **Groupe des feldspathoïdes**
  - Kalsilite  $KAlSiO_4$
  - Néphéline  $Na_3KAl_4Si_4O_{16}$
  - Haüyne  $(Na,Ca)_{4-8}Al_6Si_6(O,S)_{24}(SO_4,Cl)_{1-2}$
  
- Leucite  $KAlSi_2O_6$
- Pollucite  $CsAlSi_2O_6 \cdot H_2O$
- Analcime  $NaAlSi_2O_6 \cdot H_2O$
  
- **Groupe des feldspaths** -  $n = 4$ ,  $MT_4O_8$ 
  - Feldspaths alcalins
  - feldspaths-potassiques
  - Microcline -  $KAlSi_3O_8$
  - Orthose -  $KAlSi_3O_8$
  - Sanidine -  $KAlSi_3O_8$
  - Anorthoclase -  $(Na,K)AlSi_3O_8$
  - Feldspaths-Plagioclase
  - Albite -  $NaAlSi_3O_8$

Oligoclase -  $(\text{Na,Ca})(\text{Si,Al})_4\text{O}_8$  (Na:Ca 4:1)

Andésine -  $(\text{Na,Ca})(\text{Si,Al})_4\text{O}_8$  (Na:Ca 3:2)

Bytownite -  $(\text{Na,Ca})(\text{Si,Al})_4\text{O}_8$  (Na:Ca 1:4)

Anorthite -  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$

**Groupe des zéolithes** -

Natrolite -  $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10} \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$

Chabazite-Ca -  $\text{CaAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$

Heulandite-Ca -  $\text{CaAl}_2\text{Si}_7\text{O}_{18} \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$

Stilbite -  $\text{NaCa}_2\text{Al}_5\text{Si}_{13}\text{O}_{36} \cdot 17 \text{H}_2\text{O}$

## Origine des roches magmatiques et leur mode de gisements

La composition chimique des roches magmatiques est très variable en fonction des processus géologiques qui déterminent la composition des magmas parents et du chemin de cristallisation.

*Le magma parent* est le magma produit par la *fusion partielle* de la matière première (la source) dont il provient. La composition de ce magma parent est déterminée par la composition de la source et par les conditions dans lesquelles s'est déroulé le processus de fusion partielle (pression, température, taux de fusion partielle,...). *Le manteau terrestre* est constitué de roches ultramafiques (péridotites) qui par fusion partielle vont produire des basaltes. La fusion partielle du manteau se produit par **décompression adiabatique** : En remontant vers la surface, un volume de roche est sujet à une pression de plus en plus faible ; on parle donc de décompression. Si le volume de roche n'échange pas de la chaleur avec l'environnement, on parle de décompression adiabatique.

Ce phénomène intervient soit au niveau des rides médio-océaniques, soit lors de la remontée de panaches mantelliques issus du manteau profond. Dans le premier cas, les basaltes produits vont contribuer à la formation de la croûte océanique et dans le deuxième cas, ils vont souvent former des îles océaniques (ex : Hawaii).

Les magmas parents étant des *solutions silicatées complexes*, leur cristallisation s'effectue généralement dans un intervalle de température en produisant plusieurs espèces de minéraux. Au cours de ce *chemin de cristallisation*, la composition du liquide silicaté évolue ainsi que la nature et la composition des phases minérales qui cristallisent à partir des liquides successifs. Par ailleurs, la composition des magmas parents peut être modifiée de façon plus ou moins prononcée suite à un ensemble de processus appelés processus de différenciation.

## Mise en place des roches magmatiques volcaniques et plutoniques

Les roches magmatiques se rencontrent dans la croûte terrestre sous différentes formes (Fig en bas) :

- **Les Sills**: corps tabulaires concordants par rapport à la foliation ou la stratification
- **Les Laccolites** : intrusions concordantes, généralement mises en place dans des roches sédimentaires non déformées, ayant une forme de champignon;

- **Les Lopolites** : intrusions concordantes, généralement stratiformes, en forme de bassin ou d'entonnoir ;
- **Les dikes** : intrusions de faible épaisseur, tabulaires et discordantes par rapport à la foliation ou la stratification de l'encaissant ;
- **Les batholites**: intrusions de grande taille (>100km<sup>2</sup> ), de composition intermédiaire à acide concordantes à discordantes par rapport à l'encaissant.
- **Les éruptions volcaniques** quant à elles peuvent être **fissurales** ou **centrales** (cônes, volcans boucliers, dômes volcaniques, cônes de cendres, stratovolcans, calderas).

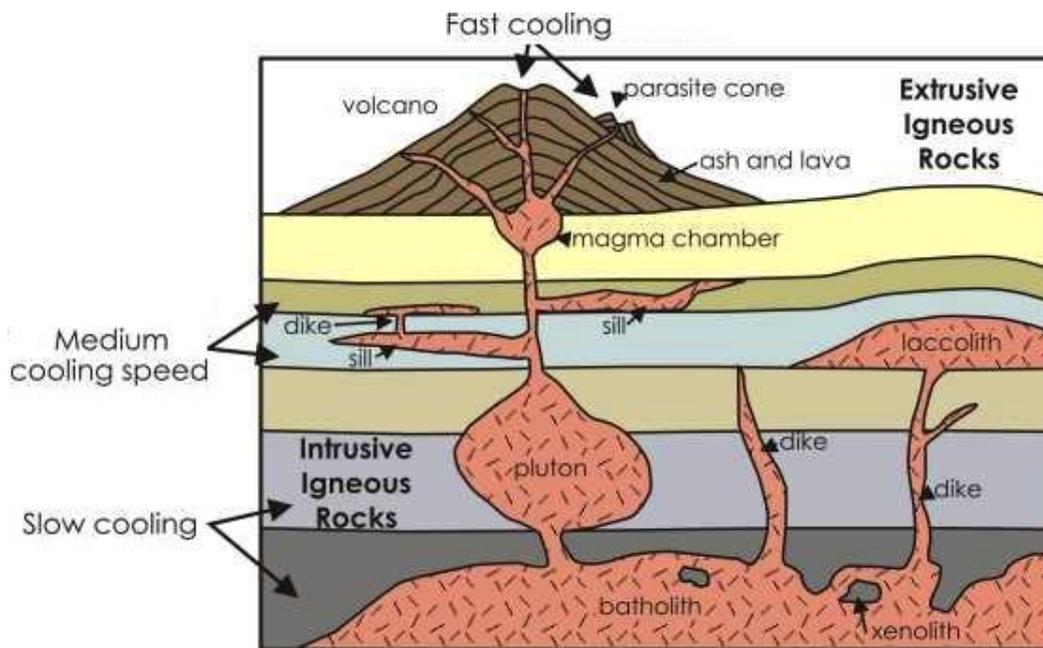
Selon leur structure, on distingue des **laves cordées** (Pahoehoe), des **laves Aa**, des **coulées de blocs** ou finalement des **laves en coussins**.

### Les Roches plutoniques •

- **Granite** : roche souvent grenue, de teinte claire ( blanche, grise, rosée, rouge, bleutée) composée essentiellement de quartz, orthose et plagioclase (albite, oligoclase) ± biotite, mica blanc, amphibole, apatite, sphène, zircon.
- **Diorite** : roche grenue, mésocrate, composée principalement de plagioclase (% en Anorthite < 50), d'amphibole et de biotite. Le pyroxène peut être présent. Le quartz est absent ou peu abondant.
- **Gabbro** : roche souvent grenue, mésocrate à mélanocrate, composée essentiellement de plagioclase (% en Anorthite ≥ 50), de pyroxènes et d'olivine.
- **Péridotite** : roche plutonique grenue, holomélanocrate avec 90 à 100% de minéraux ferromagnésiens (olivine, pyroxènes).

**Les Roches volcaniques** :elles sont désignées d'après leur composition minéralogique et chimique.

- **Rhyolite** : c'est l'équivalent volcanique du granite et contient souvent des cristaux de quartz et d'orthose (obsidienne = rhyolite entièrement vitreuse)
- **Andésite** : c'est l'équivalent volcanique de la diorite, souvent de couleur grise elle contient des phénocristaux de plagioclase, d'amphibole, de biotite et parfois de pyroxène.
- **Basalte** : c'est l'équivalent volcanique du gabbro et représente la roche volcanique la plus abondante (croûte océanique). De couleur noire, elle contient des phénocristaux plus ou moins abondants de plagioclase, pyroxène et olivine.



## Classification des roches magmatiques

Il s'agit d'une classification simplifiée basée sur la composition minéralogique et appelée **classification de Streckeisen**. Cette classification est faite en fonction des proportions des minéraux essentiels présents dans la roche. La classification est utilisée en microscopie en quantifiant précisément les différents minéraux mais elle est également d'usage pour une description macroscopique sachant que la quantité et la nature relative des principaux minéraux confère un aspect macroscopique variable à la roche. Pour exemple, un granite montre souvent une couleur dominante rose (minéraux gris et rose de grande taille) ponctuée de petits minéraux noirs, un gabbro une couleur foncé noir et une diorite, un aspect plus gris.

Une distinction est faite entre :

- les roches plutoniques de profondeur à refroidissement lent;
- les roches filoniennes (péri-plutonique ou hypovolcanique);
- les roches volcaniques (effusives) à refroidissement rapide.

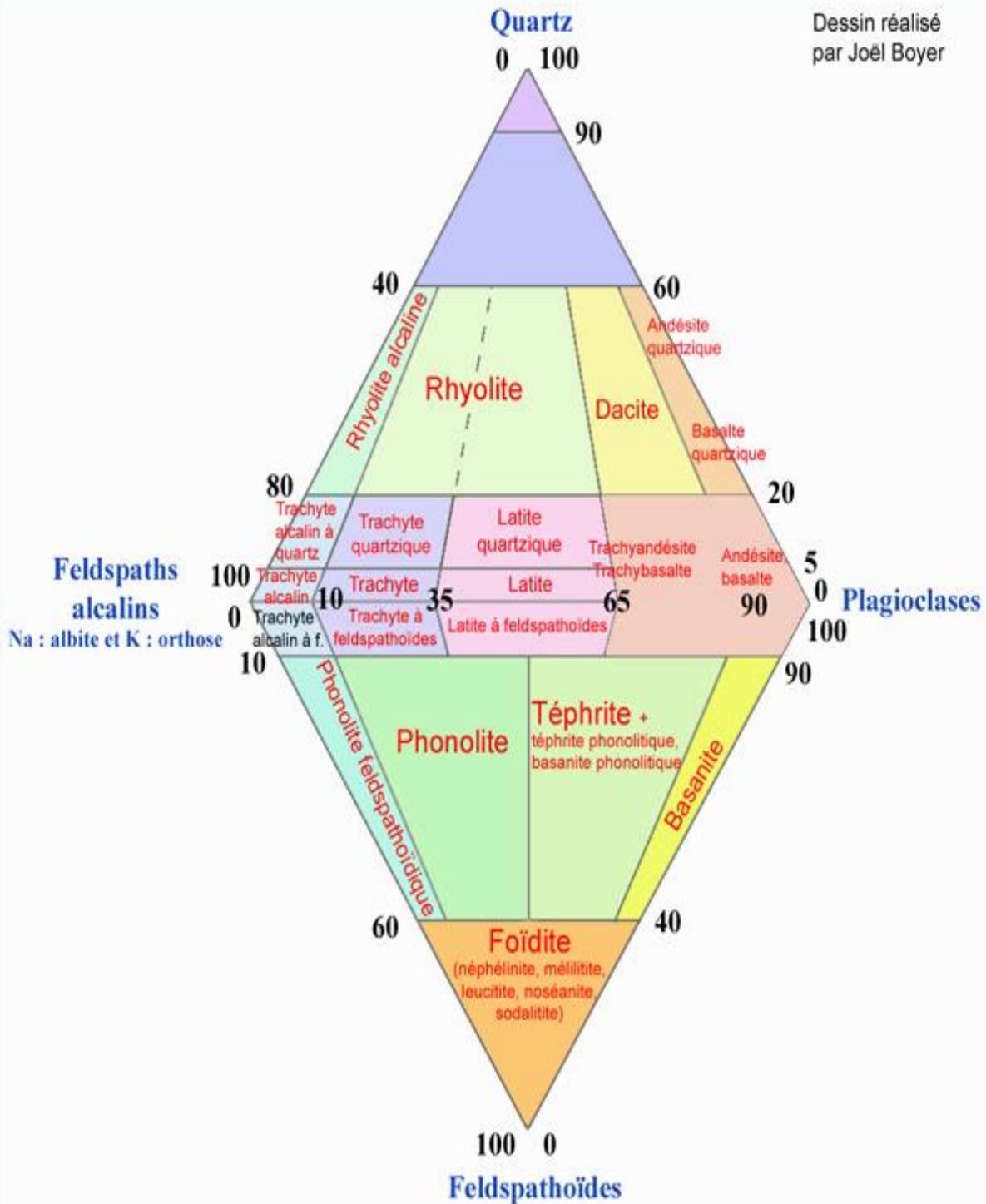
On parle de roche acide si le minéral dominant est le quartz, et de roche basique lorsque le minéral dominant est un minéral ferro-magnésien de type pyroxène.

Les deux diagrammes ci-dessous présentent les principales nomenclatures de roches magmatiques volcaniques (effusives) et plutoniques en fonction du pourcentage de quartz, feldspaths alcalins, plagioclases et feldspathoïdes

# Diagramme de Streckeisen pour les roches effusives

Chaque sommet indique la présence de 0 à 100% du minéral concerné.

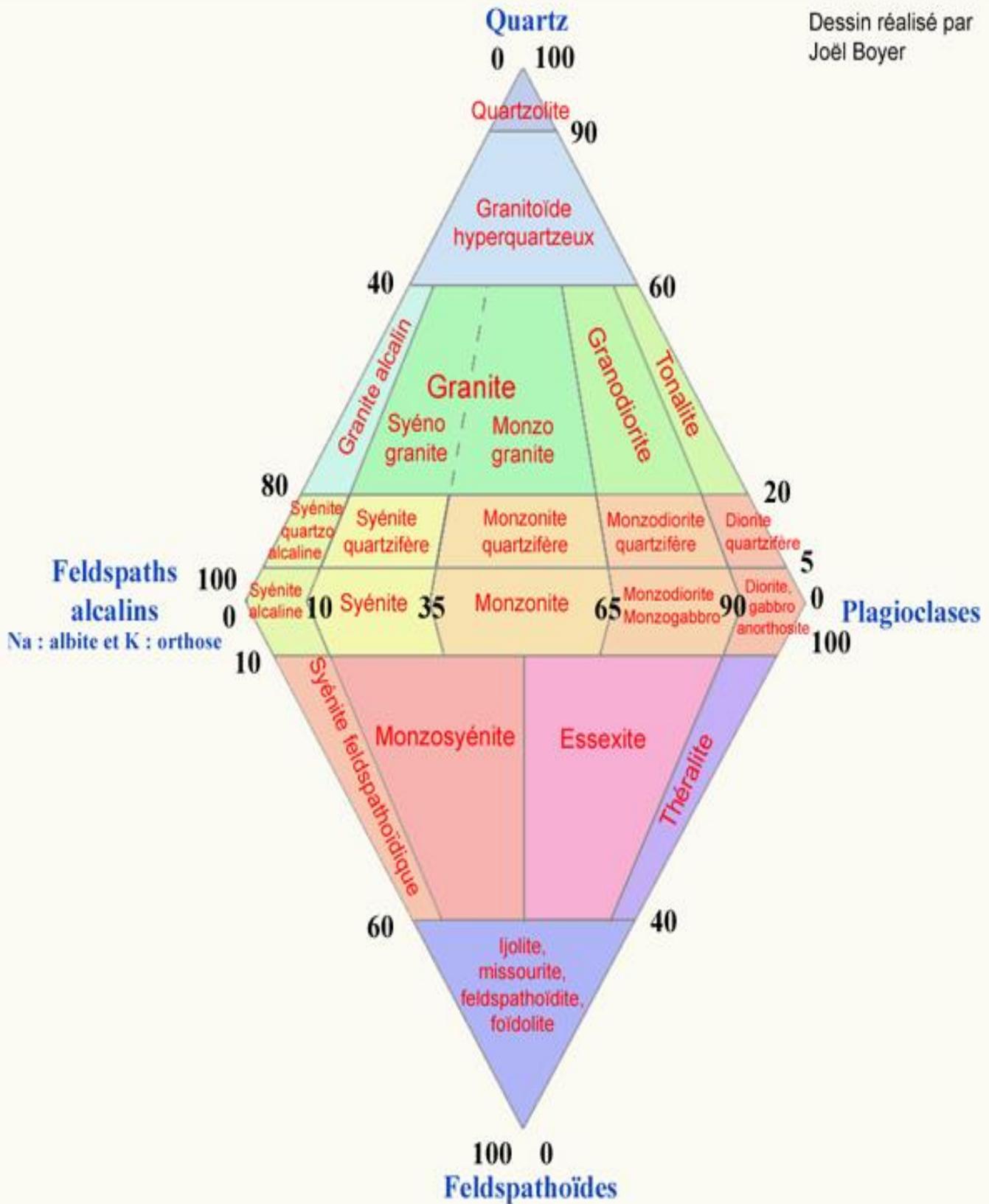
Dessin réalisé  
par Joël Boyer



# Diagramme de Streckeisen pour les roches plutoniques

Chaque sommet indique la présence de 0 à 100% du minéral concerné.

Dessin réalisé par  
Joël Boyer



# Les grands groupes de roches magmatiques

## 1-Les roches plutoniques

Les **roches plutoniques** sont des roches magmatiques grenues, en général de grande extension géographique (formant un pluton).

Les roches plutoniques se forment par refroidissement lent d'un magma. C'est la lenteur du refroidissement (typiquement, plusieurs dizaines de milliers d'années) qui permet la formation de gros cristaux (visibles à l'œil nu). Elle est due à la grande profondeur de mise en place du pluton. Les roches plutoniques affleurent ensuite grâce à l'érosion.

Les roches filoniennes (aplites, pegmatites), formées en périphérie des plutons, sont parfois classées parmi les roches plutoniques

### Classification des Roches plutoniques

#### a- Classification visuelle

---

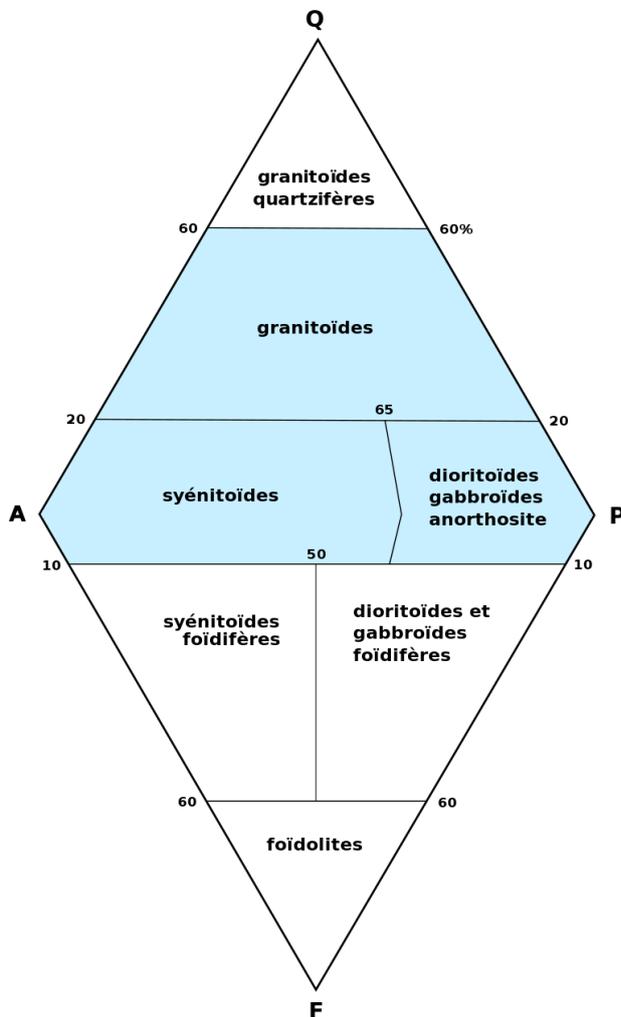
La taille des cristaux des roches plutoniques permet de les voir à l'œil nu ou à la loupe. Les roches plutoniques sont préférentiellement classées en fonction des proportions de leurs différents minéraux. Les grands groupes de roches plutoniques sont déterminés par la proportion de minéraux clairs (**quartz**, **feldspaths** et **feldspathoïdes**) et de minéraux foncés (ferromagnésiens : **olivine** et **pyroxènes**):

- 0 - 12,5 % de minéraux ferromagnésiens : roches hololeucocrates, quasiment blanches ;
- 12,5 - 37,5 % : roches leucocrates ; elles comportent notamment :
  - les granites,
  - les granodiorites,
  - les diorites quartziques,
  - les syénites,
  - les diorites,
  - les syénites néphéliniques ;
- 37,5 - 62,5 % : roches mésocrates ; elles comportent notamment :
  - les gabbros ;
- 62,5 - 87,5 % : roches mélanocrates ; elles comportent notamment :
  - les métagabbros ;
- 87,5 - 100 % : roches holomélanocrates, quasiment noires ; elles comportent notamment :
  - les péridotites,
  - les pyroxénites.

## b- Classification minéralogique

Une classification minéralogique plus précise que la précédente est basée sur les proportions (en volume, généralement) des trois principaux minéraux ou groupes de minéraux (normées à 100 %, c.-à-d. en ignorant les éventuels autres minéraux).

- Pour les roches comportant moins de 90 % de minéraux ferromagnésiens on se base sur les proportions des minéraux feldspath alcalin, plagioclase et, soit quartz, soit feldspathoïdes (sachant que quartz et feldspathoïdes sont incompatibles, c.-à-d. ne sont pas présents simultanément). C'est la classification de Streckeisen (1974), recommandée par l'Union internationale des sciences géologiques.
- Pour les roches comportant plus de 90 % de minéraux ferromagnésiens, dites ultramafiques, on se base sur les proportions des minéraux olivine, orthopyroxène et clinopyroxène.



**Classification simplifiée.** En bleu, les domaines de roches courantes.

## 2- Les Roches volcaniques

Les **roches volcaniques** sont des roches magmatiques, résultant du refroidissement rapide d'une lave (un magma arrivé à la surface), d'où leurs autres noms de **volcanites**, **roches extrusives**, **roches effusives** ou **roches éruptives**.

Les noms des roches volcaniques sont d'origines variées.

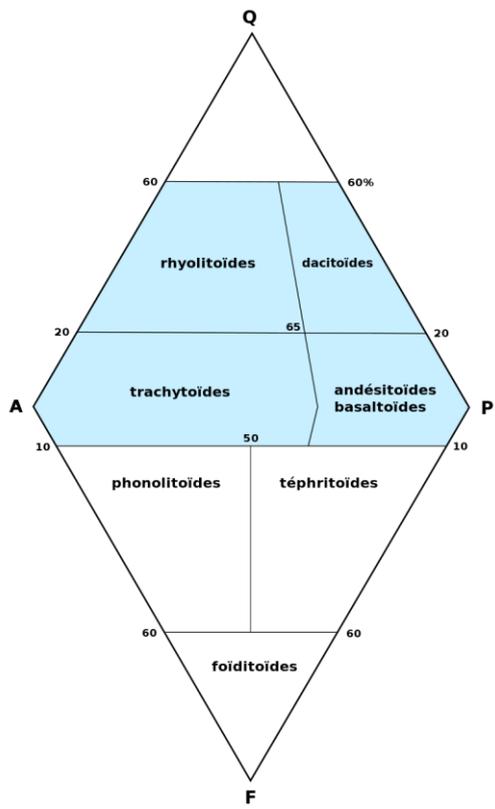
Les principaux minéraux rencontrés dans les roches volcaniques et qui servent à établir la classification sont les suivants :

- quartz :  $(\text{SiO}_2)$  ;
- feldspaths alcalins, orthose principalement :  $(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_8 \text{ K}$  ;
- plagioclases compris entre le pôle albite (sodique) :  $(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_8 \text{ Na}$  et le pôle anorthite calcique :  $(\text{Si}_2\text{Al}_2)\text{O}_8 \text{ Ca}$  ;
- pour les plagioclases,  $\text{An} < 50$  signifie que la roche est plus sodique que calcique (c'est-à-dire est que les plagioclases contenus dans la roche ont une composition plus proche de l'albite),  $\text{An} > 50$  l'inverse (c'est-à-dire une composition plus proche du pôle calcique, l'anorthite) ;
- feldspathoïdes (roches sous-saturées) ;
- olivines, pyroxènes et amphiboles constituent les minéraux ferro-magnésiens qui apportent leur couleur sombre à la roche.

### Classification des Roches volcaniques

**Classification minéralogique** (voir classification de **Streckeisen** en haut)

Pour classer les roches volcaniques ou effusives (de structure microlithique ou aphanitique), on peut utiliser le même principe que celui des roches magmatiques de profondeur (dites plutoniques ou phanéritiques), basé sur la présence ou non de certains minéraux majeurs et qui reflète le chimisme de la roche . Mais contrairement à ces dernières, la rapidité du refroidissement ne permet souvent que de crystalliser de petits cristaux, invisibles à l'œil nu, voire seulement du verre volcanique. C'est la mésostase. La mésostase est souvent accompagnée de phénocristaux, mais ceux-ci ne représentent qu'une petite partie de la roche. Pour déterminer précisément la roche il faut faire appel à une analyse



**Classification simplifiée.** En bleu, les domaines de roches courantes