

# Les granitoïdes

Approche pétrographique



# Les granitoïdes : granites et roches voisines

## I. Approche pétrographique des granitoïdes

### A. Examen macroscopique et microscopique d'échantillons de granitoïdes ►

- A.1. Planche de détermination des principaux minéraux à la loupe
- A.2. Planche de détermination des principaux minéraux au microscope polarisant
- A.3. Examen macroscopique et microscopique d'échantillons de granitoïdes
- A.4. Structure ou texture des granitoïdes

### B. Composition chimique des granitoïdes ►

- B.1. Composition chimique globale des granitoïdes
- B.2. Composition de quelques minéraux des granitoïdes
- B.3. Composition chimique des feldspaths, minéraux essentiels des granitoïdes

### C. Les granitoïdes : des roches magmatiques plutoniques quartzo-feldspathiques ►

Diaporama de J.Chauvet

Photos : J.Chauvet , CRPG Nancy

# A. Examen macroscopique et microscopique d'échantillons de granitoïdes



Examen macroscopique



A l'œil nu

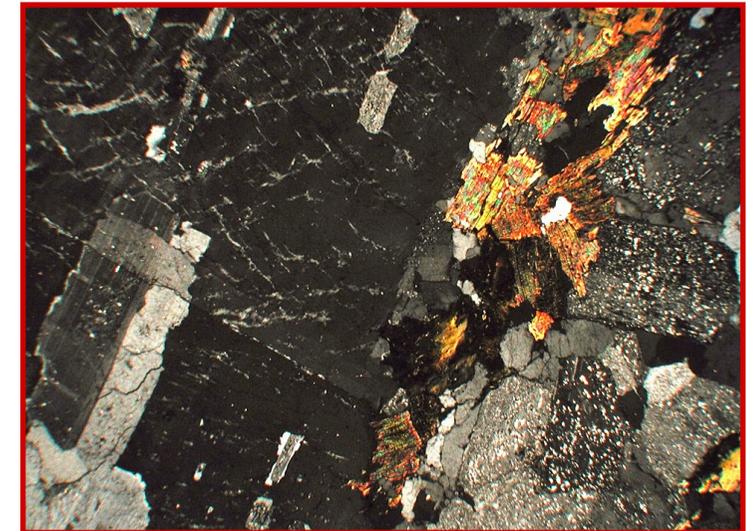
Examen microscopique



En lumière polarisée non analysée (LPNA)



A la loupe binoculaire



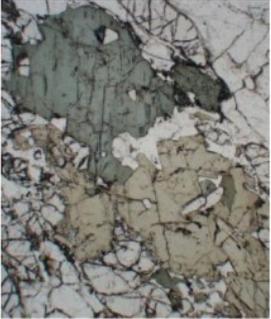
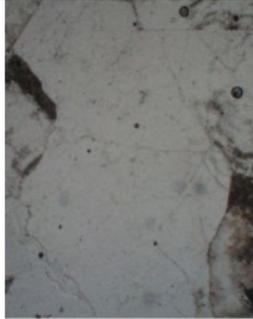
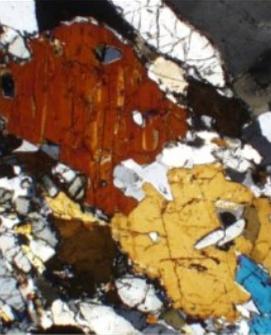
En lumière polarisée et analysée (LPA)

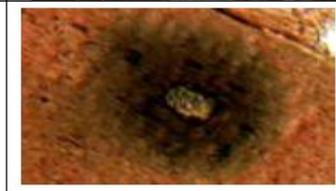
# A.1. Planche de détermination des principaux minéraux à la loupe



Minéraux Caractéristiques	Feldspath		Mica		Quartz
	Orthose	Plagioclase	Biotite	Muscovite	
<b>Aspect, forme et couleur</b>	Minéral blanc rosé, et souvent sub-rectangulaire	Minéral blanc, mat, souvent sub-rectangulaire	Minéral en lamelles ou paillettes brunes foncées ou noires brillantes	Minéral en lamelles ou paillettes incolores ou argentées.	Minéral à l'aspect de gros sel. Incolore à gris.
<b>Photographie</b>					

## A.2. Planche de détermination des principaux minéraux au microscope polarisant ◀

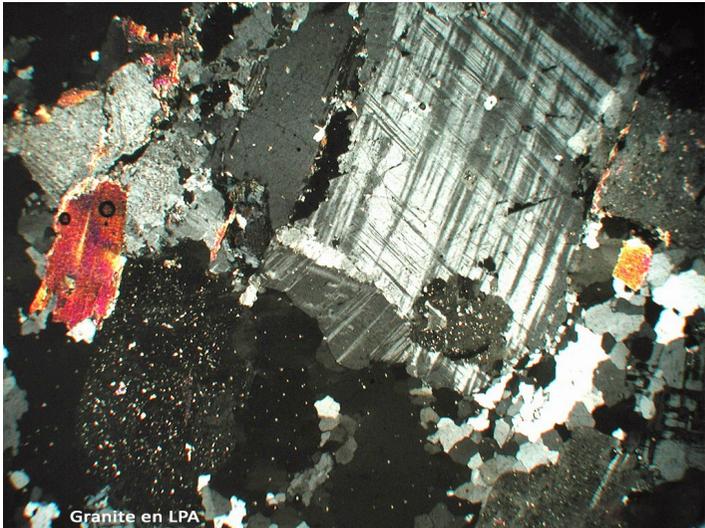
		AMPHIBOLES	MICAS		QUARTZ	FELDSPATHS	
		Hornblende	Muscovite	Biotite	Quartz	Orthose	Plagioclases
MICROSCOPE POLARISANT	En LPNA lumière polarisée sans analyseur	Minéral brun-verdâtre, dont la couleur varie en fonction de l'orientation. Deux séries de fissures parallèles (2 clivages). 	Minéral incolore, limpide, souvent en baguettes allongées. Fines fissures parallèles très nettes (clivages). 	Minéral brun foncé à beige dont la couleur varie avec l'orientation. Fines fissures parallèles dans le sens de la longueur (clivages). 	Minéral incolore très limpide. 	Minéral incolore avec nombreuses impuretés lui donnant un aspect sale. 	Minéral incolore. Présence de fissures parallèles perpendiculaires à l'allongement (clivages). 
	En LPA Lumière polarisée avec analyseur	Teintes vives de polarisation : rouge, magenta, bleu, vert, très atténuées par la couleur naturelle du minéral. 	Teintes de polarisation : jaune, rose ou magenta très vives. 	Teintes vives de polarisation : rouge, magenta, bleu, vert, jaune, très atténuées par la couleur naturelle. 	Teinte de polarisation : gris clair à blanc. 	Teintes de polarisation : gris plus ou moins foncé. Marbrures ; présence de deux moitiés de cristal de teintes différentes. 	Teintes de polarisation : gris plus ou moins clairs répartis en bandes parallèles (macule polysynthétique). 



**Zircon parfois en inclusion dans la Biotite**  
zircon reconnaissable à une auréole sombre due à sa radioactivité qui altère la Biotite.  
Teintes vives en LPA.  
*Ici vu à fort grossissement.*

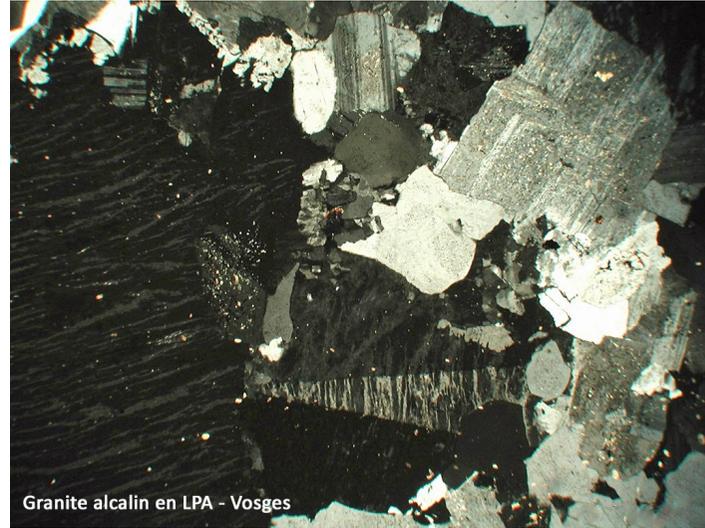
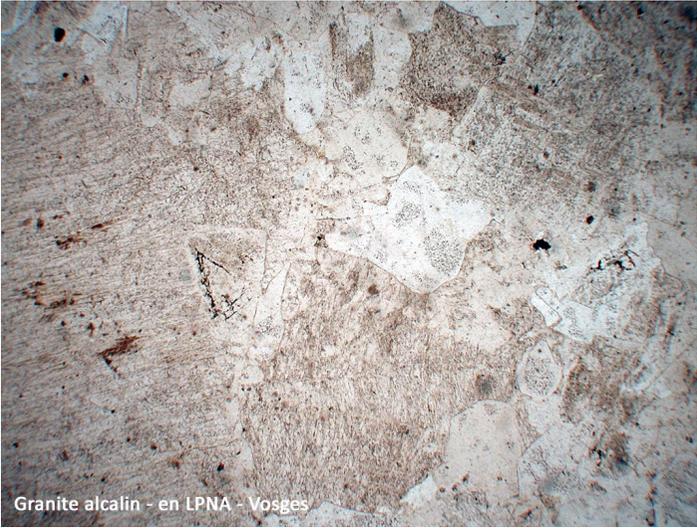
# A.3.Examen d'échantillons de granitoïdes

## Granites



**Granite (Massif de l'Aston, Pyrénées)**

**Structure** holocristalline grenue  
**Minéraux :** Quartz + Feldspath alcalin avec macle du microcline + Plagioclase altéré et fracturé + Muscovite + Biotite chloritisée



**Granite alcalin (Vosges)**

**Structure** holocristalline grenue  
**Minéraux :** Quartz + Feldspath alcalin perthitique + Plagioclase

## A.3.Examen d'échantillons de granitoïdes

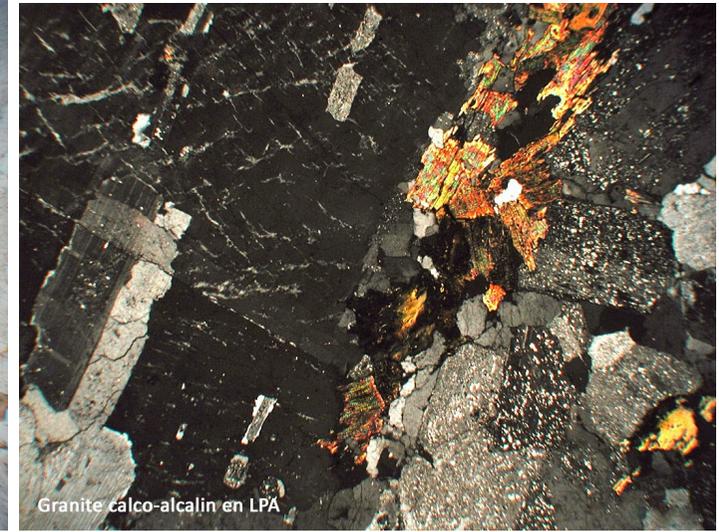
## Granites



Granite calco-alcalin (République Tchèque)



Granite calco-alcalin en LPNA



Granite calco-alcalin en LPA

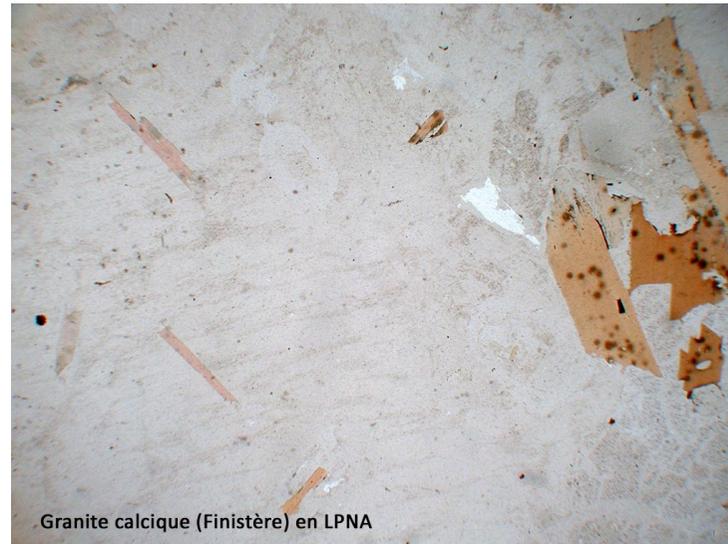
**Granite calco-alcalin (R. Tchèque)**

**Structure** holocristalline grenue

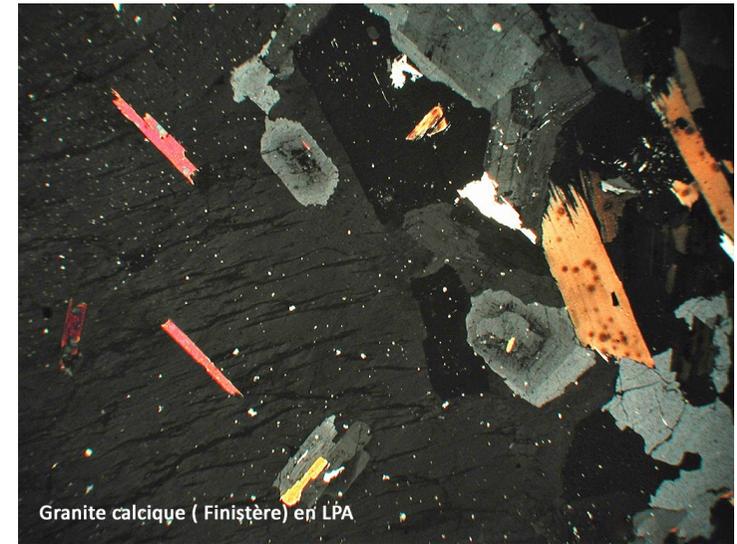
**Minéraux :** Quartz + Feldspath alcalin perthitique + Plagioclase altéré + Biotite partiellement chloritisée



Granite calcique (Finistère)



Granite calcique (Finistère) en LPNA



Granite calcique ( Finistère) en LPA

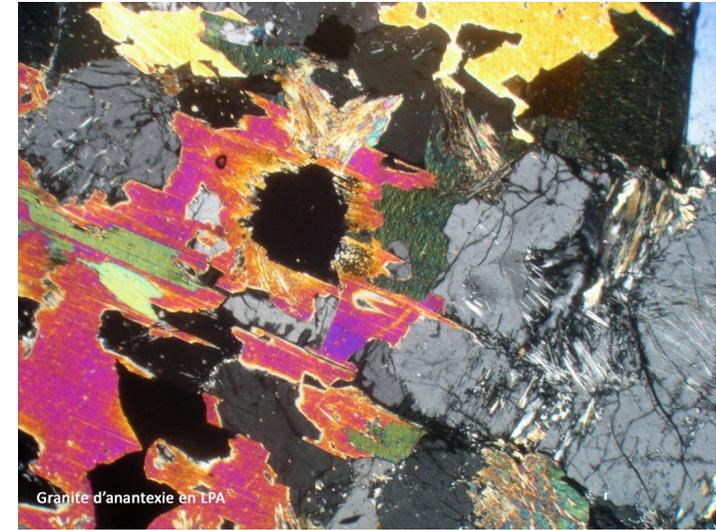
**Granite calcique (Finistère)**

**Structure** holocristalline grenue

**Minéraux :** Quartz (peu sur la photo ) + Feldspath alcalin perthitique + Plagioclase zonné + Biotite (halos noirs autour des inclusions de zircon)

## A.3. Examen d'échantillons de granitoïdes

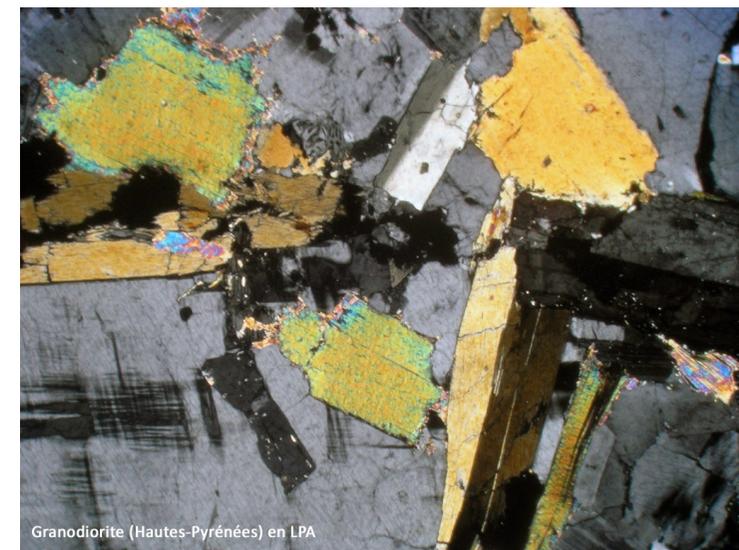
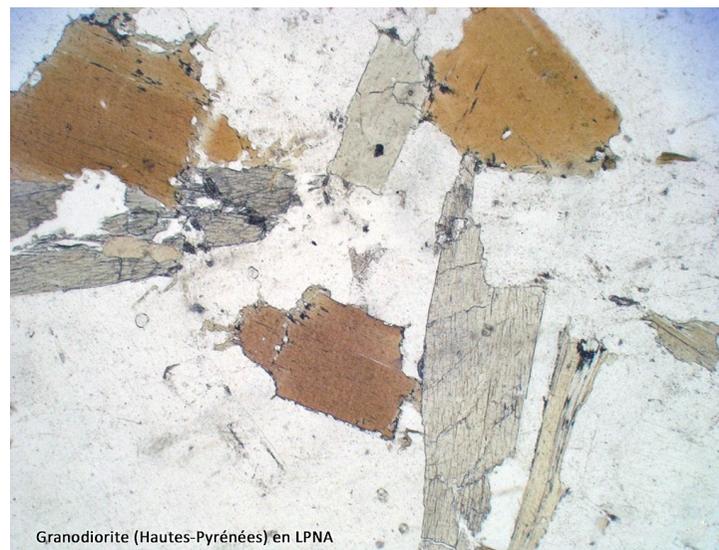
## Granite et Granodiorite



### Granite d'anatexie

Structure holocristalline grenue

Minéraux : Quartz + Feldspath potassique et cordiérite dominants + Muscovite + Biotite + Sillimanite en fibres dans la cordiérite ou associée à la biotite.



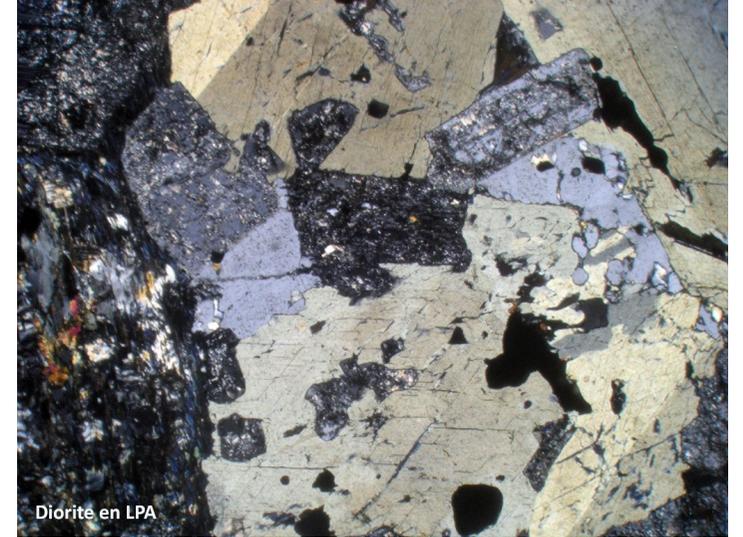
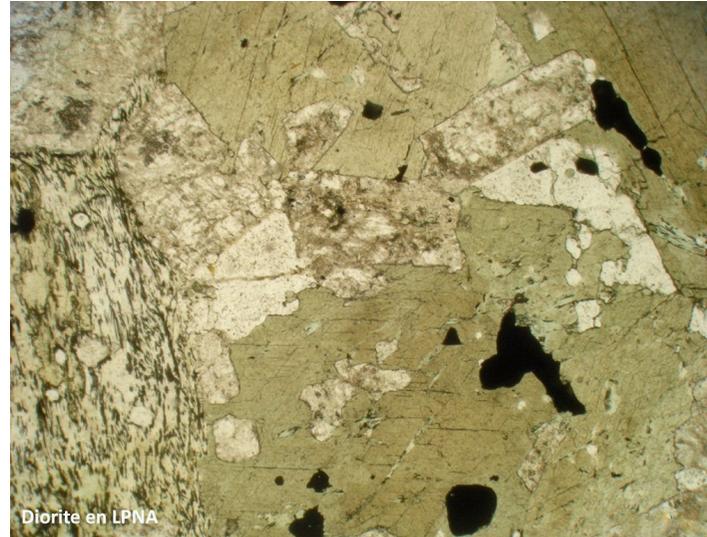
### Granodiorite (Hautes-Pyrénées)

Structure holocristalline grenue

Minéraux : Quartz interstitiel + Plagioclase à droite de la photographie + Microcline à gauche + Biotite + Amphibole (Hornblende verte)

### A.3. Examen d'échantillons de granitoïdes et roches voisines

### Diorite et Diorite quartzique ◀



**Diorite (Bas-Rhin)**

**Structure** holocristalline grenue  
**Minéraux :** Quartz rare + Plagioclase + Amphibole (hornblende) + Biotite chloritisée.

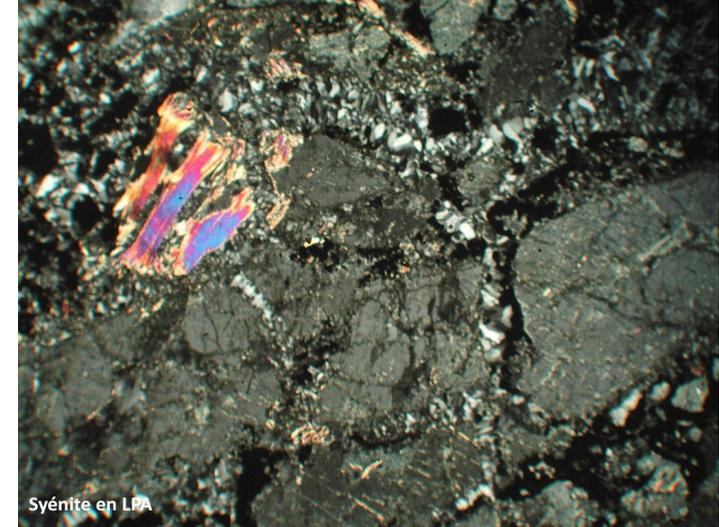
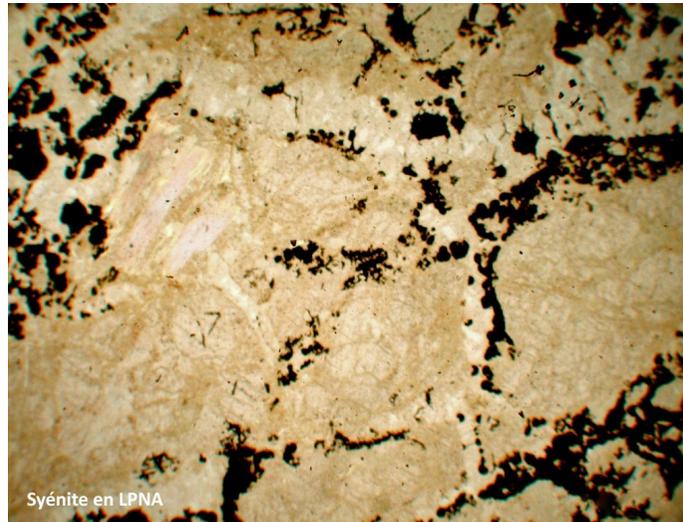


**Diorite quartzique (Odenwald-Allemagne)**

**Structure** holocristalline grenue  
**Minéraux :** Quartz + Plagioclases + Amphibole et Biotite associées (Zones sombres)

## A.3.Examen d'échantillons de roches voisines des granitoïdes

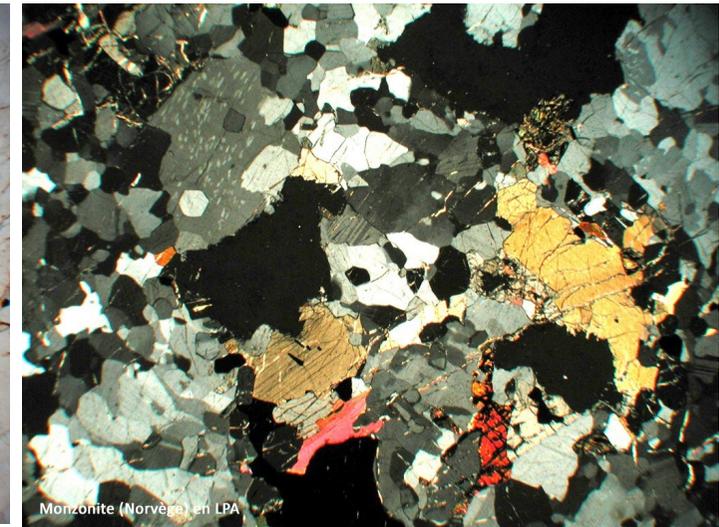
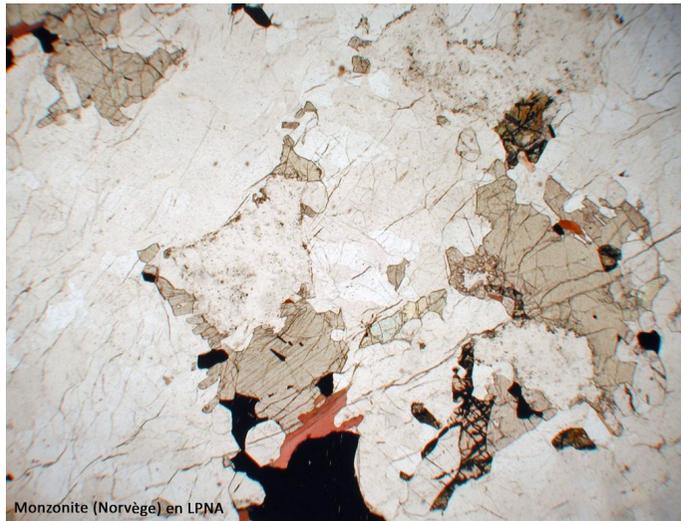
## Syénite et Monzonite



**Syénite**

Structure holocristalline grenue

Minéraux : Quartz en petits cristaux + Feldspath microcline entourés de minéraux opaques + Muscovite



**Monzonite (Norvège)**

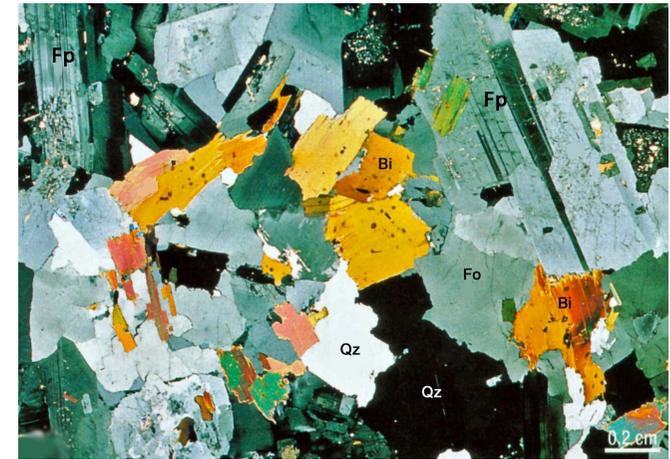
Structure holocristalline grenue

Minéraux : Quartz + Feldspaths alcalins perthitiques + Plagioclases + Biotite + Hypersthène (orthopyroxène) + Olivine altérée

## A4. Structure et texture des granitoïdes : des roches holocristallines grenues



Structure ou texture : mode d'arrangement relatif des composants minéraux à l'échelle macroscopique ou microscopique



- Les granitoïdes sont des roches entièrement constitués de cristaux : ce sont des roches **holocristallines**.
- Les granitoïdes présentent une **structure généralement grenue** : un assemblage de cristaux tous en grains visibles à l'œil nu.
- La structure holocristalline grenue est caractéristique de nombreuses **roches magmatiques plutoniques** (refroidissement lent du magma, mise en place en profondeur de la croûte terrestre).
- **Variantes de la structure des granitoïdes** (Cf. page suivante):
  - \* La structure est en général largement **grenue** (cristaux de 1 à 5 mm et plus), ou à grain régulier de 1-2 mm (**granite saccharoïde**) ;
  - \* Les faciès à grain fin (0,5 mm) sont les **aplites** (= **granites aplitiques**).
  - \* La présence de grands cristaux isolés (souvent feldspaths automorphes de plusieurs centimètres, en « dents de cheval ») définit les **granites porphyroïdes**.
  - \* Si tous les cristaux sont de grande taille, on a des **pegmatites**.
  - \* Plus rarement, on observe des **structures orbiculaire, sphérolitique, rapakivique**, .
  - \* **Structure orbiculaire** : structure caractérisée par des boules sphériques ou ovoïdes (de un à quelques centimètres) ayant un noyau grenu entouré de couches concentriques alternativement composées de feldspaths en baguettes rayonnantes et de lits de minéraux ferromagnésiens.
  - \* **Structure sphérolitique** : structure caractérisée par des petites masses sphériques de quelques millimètres au plus, à structure fibro-radiée (cristaux allongés rayonnant depuis le centre).
  - \* **Structure rapakivique** : structure caractérisée par de grands cristaux ovales à cœur rosé d'orthose et à couronne blanchâtre d'oligoclase.

# Différentes structures des granitoïdes



grenue



grenue

aplitique



pegmatitique



grenue porphyroïde



orbiculaire



rapakivique

## B.1. Composition chimique globale des granitoïdes



Granitoïdes						
oxydes et minéraux virtuels	granites alcalins	granites (stricto sensu)		granodiorites	diorites quartziques	granite moyen
		syénogranites	monzogranites			
SiO <sub>2</sub>	73,86	72,08	69,15	66,88	66,15	69,92
TiO <sub>2</sub>	0,20	0,37	0,56	0,57	0,62	0,39
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,75	13,86	14,63	15,66	15,56	14,78
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,78	0,86	1,22	1,33	1,36	1,62
FeO	1,13	1,67	2,27	2,59	3,42	1,67
MnO	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08	0,13
MgO	0,26	0,52	0,99	1,57	1,94	0,97
CaO	0,72	1,33	2,45	3,56	4,65	2,07
Na <sub>2</sub> O	3,51	3,08	3,35	3,84	3,90	4,07
K <sub>2</sub> O	5,13	5,46	4,58	3,07	1,42	3,28
H <sub>2</sub> O+	0,47	0,53	0,54	0,65	0,69	0,78
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,14	0,18	0,20	0,21	0,21	0,24
Q (*)	32,2	29,2	24,8	21,9	24,1	28,9
Or	30,0	32,2	27,2	18,3	8,3	24,5
Ab	29,3	26,2	28,3	32,5	33,0	27,8
An	2,8	5,6	11,1	16,4	20,8	9,4
Cor	1,4	0,8				1,4
CaSiO <sub>3</sub>					0,3	
MgSi <sub>3</sub> O	0,6	1,3	2,5	3,9	4,9	2,4
FeSiO <sub>3</sub>	1,1	1,7	2,2	2,9	4,1	1,3
Ma	1,2	1,4	1,9	1,9	2,1	2,3
Lim	0,5	0,8	1,1	1,1	1,2	0,8
Ap	0,3	0,4	0,5	1,5	0,5	0,3

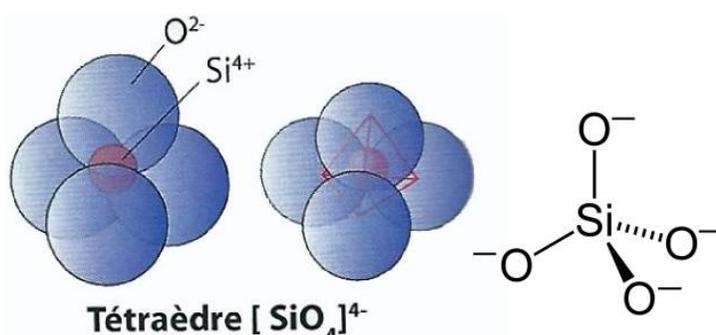
(\*) Q = quartz SiO<sub>2</sub> ; Or = orthose K<sub>2</sub>O . Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> . 6SiO<sub>2</sub> ; Ab = albite Na<sub>2</sub>O . Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> . 6SiO<sub>2</sub> ; An = anorthite CaO + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> . 2SiO<sub>2</sub> ; Cor = corindon Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ; Ma = magnétite Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> . FeO ; Il m = ilménite FeO . TiO<sub>2</sub> ; Ap = apatite P<sub>2</sub>O<sub>3</sub> . 3CaO.

Les granitoïdes contiennent plus de 66% de silice : ce sont des roches riches en silice (SiO<sub>2</sub>) qualifiées de **roches acides** (au sens minéralogique du terme). Un minéral est qualifié de neutre à 50% de silice (rapport Si/somme des cations), acide au-delà et basique en deçà. Les granitoïdes sont **pauvres en Mg, Fe et Ca**.

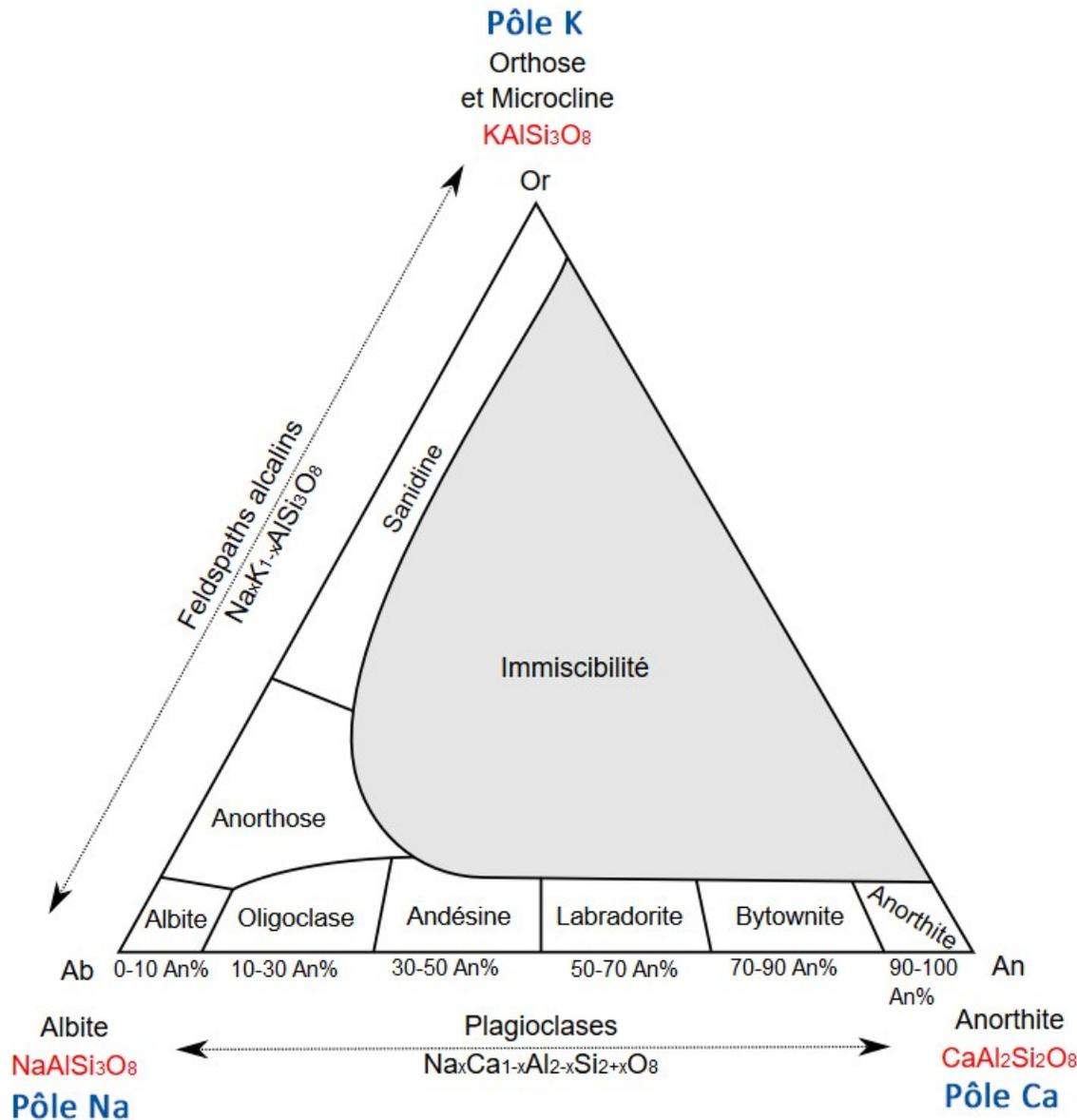
Le quartz (Q), le feldspath orthose (Or) et le feldspath plagioclase albite (Ab) constituent 65 à 90% des granitoïdes : ce sont les minéraux principaux ou cardinaux des granitoïdes.

## B.2.Composition chimique de quelques minéraux des granitoïdes



Minéraux	Composition chimique	Classe des minéraux
<ul style="list-style-type: none"> <li>Quartz</li> </ul>	$\text{SiO}_2$	<p><b>Silicates</b></p> <p>Les silicates sont des minéraux dont la « charpente » est essentiellement formée par des tétraèdres de silicium et d'oxygène (<math>\text{SiO}_4</math>) additionnés d'aluminium, magnésium, fer, calcium, potassium, sodium et autres éléments.</p> <p>Le tétraèdre <math>[\text{SiO}_4]^{4-}</math> est l'élément structural de base des silicates.</p> <p>Le cation <math>\text{Si}^{4+}</math> est au centre d'un tétraèdre équilatéral dont les sommets sont les centres des anions <math>\text{O}^{2-}</math>. Les charges négatives sont saturées par des cations périphériques non figurés.</p>  <p><b>Tétraèdre <math>[\text{SiO}_4]^{4-}</math></b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Orthose (feldspath potassique)</li> </ul>	$\text{KAlSi}_3\text{O}_8$	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Plagioclases (feldspaths calco-sodiques)</li> </ul>	Albite : $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ Anorthite : $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Biotite (mica noir)</li> </ul>	$\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})(\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2)$	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Muscovite (mica blanc)</li> </ul>	$\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2)$	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Amphibole (Hornblende)</li> </ul>	$(\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}) [(\text{MgFe})_4\text{AlCa}_2]\text{Na}(\text{OH}_2)$	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Zircon</li> </ul>	$(\text{SiO}_4)\text{Zr}$	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Tourmaline</li> </ul>	$\text{Al}_6(\text{Fe}, \text{Mn})_3\text{Na}[\text{Si}_6\text{O}_{18}] (\text{BO}_3)_3(\text{OH}, \text{F})$	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Apatite</li> </ul>	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{F}, \text{Cl})$	<p><b>Phosphates</b></p>

## B.3. Composition chimique des feldspaths : minéraux essentiels des granitoïdes



Les feldspaths sont des silicates d'alumine contenant du K, du Na ou du Ca.  
Minéraux essentiels des granitoïdes, ils interviennent dans leur classification.

Les feldspaths correspondent à un ensemble de minéraux formant **deux séries** :

- les **feldspaths alcalins** ;
- les **plagioclases** ou feldspaths calco-alcalins.

Ces deux séries se situent entre **trois pôles majeurs** :

- le pôle  $KAlSi_3O_8$ , **potassique**, représenté par l'orthose et le microcline;
- Le pôle  $NaAlSi_3O_8$ , **sodique**, représenté par l'albite ;
- le pôle  $CaAl_2Si_2O_8$ , **calcique**, représenté par l'anorthite.

La série entre les pôles potassique et sodique définit les **feldspaths alcalins**.  
La série entre les pôles sodique et calcique définit les **plagioclases**.

**Le feldspath alcalin des granitoïdes est l'orthose**. La sanidine est typique des roches volcaniques et le microcline typique des roches métamorphiques.

**Les six plagioclases** (albite, oligoclase, andésine, labradorite, Bytownite, Anorthite) constituent une série isomorphe (minéraux de même structure cristalline, de compositions chimiques voisines).

Toutes les compositions existent entre l'albite et l'anorthite, les plagioclases constituant un bon exemple de système binaire ( pôle Na et Pôle Ca) à solution solide.

On peut ainsi définir un plagioclase par sa teneur en constituant anorthitique, notée An :

- An0 désigne l'albite ;
- An100, l'anorthite;
- An > 50 qualifie un plagioclase plus proche de la composition de l'anorthite que de celle de l'albite.

Les plagioclases les mieux représentés dans les granitoïdes sont l'albite et l'oligoclase.

## C.1. Place des granitoïdes dans un tableau de classification minéralogique des roches plutoniques



La classification est basée sur le quartz et les feldspaths . Les granitoïdes sont en rouge.

ROCHES PLUTONIQUES			Roches saturées en silice		Roches sous-saturées en silice		
Coloration	Nature des feldspaths		Variations chimiques	Avec Quartz et Feldspaths	Avec feldspaths Peu ou pas de quartz	Avec feldspaths et feldspathoïdes	Avec feldspathoïdes seuls
Groupe leucocrate	Feldspaths alcalins seuls ou dominants		<p>Si, Na, K</p> <p>Mg, Fe, Ca</p>	GRANITES	SYÉNITES	Syénites néphéliniques	Ijolites et Missouriites
	Feldspaths alcalins et plagioclases			MONZOGRANITES GRANODIORITES	MONZONITES	Essexites	
Groupe mésocrate	Plagioclases seuls	Plagio An < 50 %		DIORITES QUARTZIQUES	DIORITES	Théralites	
Groupe mélanocrate		Plagio An > 50%		GABBROS QUARTZIQUES	GABBROS		
			Amphibolites, Pyroxénolites, Péridotites				



## D. Les granitoïdes : un groupe de roches magmatiques plutoniques de type granitique ◀

- **Des roches caractérisées par :**

- une **structure holocristalline grenue** témoignant d'une **origine magmatique** avec cristallisation lente en profondeur de l'écorce terrestre.
- une **composition minéralogique quartzo-feldspathique** avec plus de 20% de quartz, indépendamment de la nature du ou des feldspaths qu'on y trouve.
- une **composition chimique acide** avec plus de 66 % de silice.

- **Une grande variété de roches :**

Le groupe des granitoïdes comporte une grande variété de roches : **granites alcalins, granites calco-alcalins (syénogranites, granites monzonitiques) granodiorites et diorites quartziques.**

- **On peut les distinguer du point de vue de :**

- **leur composition chimique et minéralogique :**

- \* **minéraux cardinaux** : Quartz, feldspaths alcalins et plagioclases, biotite (pas toujours présente) ;
- \* **minéraux accessoires** : toujours présents (apatite et zircon); parfois présents (tourmaline, cordiérite, amphibole) ; exceptionnels (améthyste, pyroxènes, lépidolite, topaze).

- **leur origine** : origine du magma, mode de mise en place, contexte géodynamique.

