

TP6 : roches et minéraux du magmatisme

Définition de minéral = espèce chimique naturelle se présentant le plus souvent sous la forme d'un solide cristallin, c'est-à-dire un solide dont les atomes sont disposés de manière régulière et périodique. Ce solide est polyédrique.

Définition de roche = matériau composé d'un assemblage de minéraux ; la nature et la proportion des minéraux permettent de nommer la roche. Tous les minéraux ne sont pas forcément visibles à l'œil nu. Les minéraux peuvent être accompagnés d'un liant.

Principe de la classification des roches = selon leur mode de formation, on distingue roches magmatiques, roches métamorphiques, roches sédimentaires.

Définition de roche magmatique = ce sont des roches résultant de la solidification d'un magma, i.e d'un refroidissement et d'un changement de phase.

Un magma est lui-même le résultat de la fusion partielle d'une roche mère ; il contient un liquide riche en silicium, des particules solides non fondues et des gaz.

I- Description d'une roche magmatique à l'œil nu

Méthode : Pour identifier un échantillon de roche magmatique on doit :

- 1- **Démonter l'état magmatique : roche compacte, non friable (sauf si érosion en cours), et sans direction particulière des cristaux**
- 2- **Etablir sa texture, c'est-à-dire les modalités d'agencement des minéraux : holocristalline/grenue ou hémicristalline/microlitique. Relier immédiatement la texture et les modalités de refroidissement**
- 3- **Qualifier la couleur. Relier immédiatement la couleur et la chimie magmatique.**
- 4- **Lister les minéraux constitutifs et estimer leur abondance**
- 5- **Enfin proposer un nom**

a. La texture (ou structure) rocheuse

- (1) si la roche est entièrement cristallisée, sa structure est qualifiée de grenue ou holocristalline. La structure grenue résulte d'un refroidissement lent, donc en profondeur, du magma. La roche à structure grenue appartient à la famille des roches magmatiques plutoniques.

- structure grenue simple : tous les cristaux ont une taille homogène de quelques millimètres
- structure grenue aplitique = structure microgrenue : les cristaux font un millimètre ou moins et sont difficilement discernables.
- structure grenue pegmatitique : les phénocristaux sont de grande taille (de l'ordre du cm ou plus)
- structure grenue porphyroïde : une catégorie de minéraux possède une taille supérieure aux autres.

- (2) Si la roche présente des cristaux discernables à l'œil, appelés phénocristaux, inclus dans une pâte sans cristaux apparents, la structure est dite hémicristalline.

Cette structure hémicristalline résulte d'un refroidissement rapide du magma, en surface, à l'origine de la pâte ; un épisode précoce et lent de cristallisation a fourni dans un premier temps les phénocristaux.

Au microscope on découvre en général que la pâte est riche en microcristaux et recèle du verre non cristallisé : la texture peut, après cette vérification, est nommée microlitique.

La roche à structure microlithique appartient aux roches magmatiques volcaniques ou roches magmatiques effusives.

La structure microlitique peut montrer aussi des bulles et/ou des inclusions d'autres roches, ce qui renseigne sur la genèse de la roche.

- (3) Si la roche ne présente aucun cristal mais uniquement une pâte brillante à fracture conchoïdale, la structure est dite vitreuse.

b. La couleur de la roche

La couleur est donc un indice de la chimie de la roche et des minéraux qu'il est possible d'y trouver.

- (1) une roche sombre ou mélanocrate traduit la richesse en minéraux sombres ferromagnésiens (olivine, pyroxène)
- (2) une roche claire ou leucocrate traduit l'abondance de la silice et des minéraux clairs (quartz, feldspath)
- (3) on utilise l'adjectif mésocrate pour un gris moyen
- (4) la couleur rouge est le résultat d'un fort taux de fer ferrique et masque la couleur leucocrate ou mélanocrate initiale

c. L'identification des minéraux

On décrit sur UN minéral :

- sa couleur
- la présence d'une macle, c'est-à-dire un accolement ou une interpénétration de deux minéraux de taille similaire.

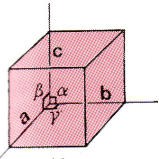
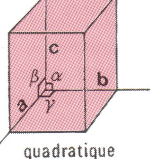
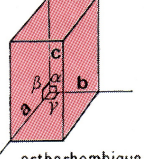
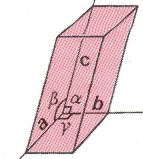
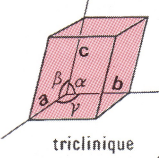
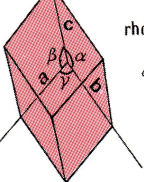
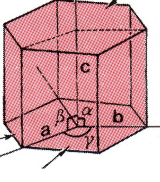
On reconnaîtra en particulier à l'œil nu la macle de Carlsbad, composée de 2 cristaux accolés dont l'un brille tandis que l'autre est mat, fréquente sur l'orthose.

- la présence d'un clivage, c'est-à-dire d'un réseau de fines fractures parallèles entre elles
- sa dureté : ce paramètre représente la résistance à la destruction mécanique de sa structure. En pratique un minéral est plus dur qu'un autre s'il raye ce dernier.

L'échelle de Mohs propose une classification de la dureté par rapport à 10 minéraux de référence

Indice de dureté	Minéral référence	Test possible
10	Diamant	
9	Corindon	
8	Topaze	
7	Quartz	
6	Orthose	Verre
		Acier
5	Apatite	
4	Fluorine	
3	Calcite	
		Ongle
2	Gypse	
1	Talc	

- pour les spécialistes, sa forme géométrique, c'est-à-dire, le polyèdre qui le représente le mieux parmi les 7 polyèdres suivants :
 Un cristal possède sa forme caractéristique s'il est automorphe : sa cristallisation précoce autorise une forme polyédrique.
 En cas de cristallisation tardive, le cristal peut être xénomorphe et posséder une forme quelconque.

système cubique	système quadratique	système orthorhombique	système monoclinique
 <p>cubique $a=b=c$ $\alpha=\beta=\gamma=\frac{\pi}{2}$</p>	 <p>quadratique $a=b \neq c$ $\alpha=\beta=\gamma=\frac{\pi}{2}$</p>	 <p>orthorhombique $a \neq b \neq c$ $\alpha=\beta=\gamma=\frac{\pi}{2}$</p>	 <p>monoclinique $a \neq b \neq c$ $\alpha=\gamma=\frac{\pi}{2} \neq \beta$</p>
système triclinique	système rhomboédrique	système hexagonal	
 <p>triclinique $a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq \frac{\pi}{2}$</p>	 <p>rhomboédrique $a=b=c$ $\alpha=\beta=\gamma \neq \frac{\pi}{2}$</p>	 <p>hexagonal $a=b \neq c$ $\alpha=\beta=\frac{\pi}{2}$ $\gamma=2\pi/3$</p>	

Principaux minéraux à savoir reconnaître :

	Caractères macroscopiques	
Quartz	Aspect de sucre candy : éclat huileux ; incolore à gris. Cristal hexagonal (souvent xénomorphe). Raie le verre.	
<u>Feldspath</u> Plagioclase	<u>Blanc mat</u> Souvent rectangulaire (triclinique)	Quelquefois verdâtre
<u>Feldspath</u> Orthose	<u>Blanc mat</u> Souvent rectangulaire (monoclinique) Macle de Carlsbad fréquente Raie l'acier	Quelquefois vieux rose
Micas	Très brillant Forme de paillettes pseudo hexagonales Rayable à l'ongle : possible d'enlever des paillettes	Noir brillant : mica noir ou <u>biotite</u> Argenté : mica blanc ou <u>muscovite</u>
Pyroxène	Noir luisant (ou brun verdâtre) Rectangle ou carré Non rayable à l'ongle	A ne pas confondre avec amphibole et mica noir
Amphibole	Sombre mais pas noir (marron, vert, bleu) Forme en baguette	
Olivine	Vert clair Raie le verre	Quelquefois vert sombre

II- Description d'une roche magmatique au microscope polarisant

A- L'outil : le microscope polarisant

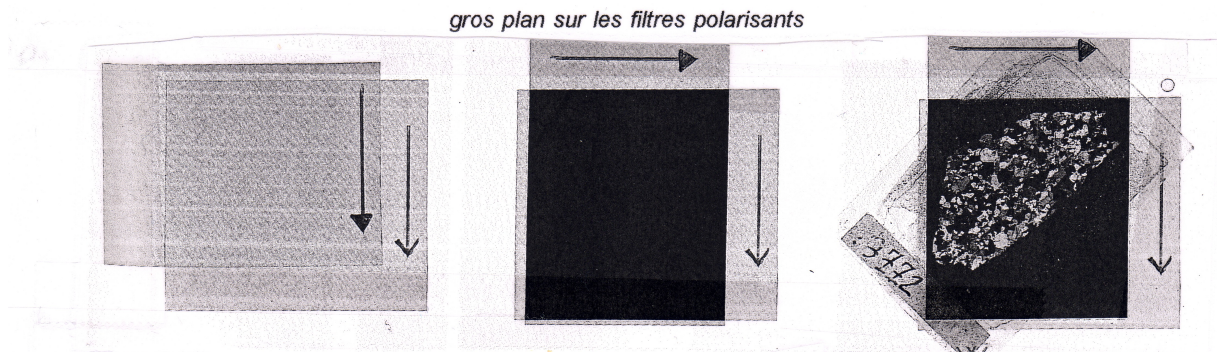
1- Notion de lumière polarisée

On peut considérer la lumière comme un ensemble d'ondes dont chacune vibre dans un plan perpendiculairement à la direction de propagation du rayon. Varient d'une onde à l'autre l'orientation du plan de vibration et la longueur d'onde.

Les matériaux dits polarisants ont la propriété de ne se laisser traverser que par les ondes vibrant dans un plan précis, le plan de polarisation. Un polariseur se comporte donc comme un filtre. A sa sortie, la lumière filtrée est formée d'ondes vibrant dans le même plan de polarisation. Ne varient que les longueurs d'onde. La lumière est qualifiée de polarisée.

Si on intercale un deuxième polariseur dit analyseur sur le trajet de la lumière polarisée, on assiste à :

- une extinction complète de la lumière si les plans de polarisation du polariseur et de l'analyseur diffèrent
- aucun changement si les plans de polarisation du polariseur et de l'analyseur sont confondus



Le microscope polarisant est équipé d'un polariseur situé à la sortie de la lampe et d'un analyseur escamotable et mobile.

2- Notion de lame mince

Une lame mince est une coupe fine de roche, parfaitement parallélépipédique, de 20 à 30 μm d'épaisseur, incluse dans une résine et polie en surface.

Sur une lame mince la plupart des minéraux sont translucides et autorisent une observation microscopique.

Les minéraux se laissant traverser par la lumière polarisée possèdent des indices de propagation de la lumière supérieurs à l'indice de l'air : le cristal apparaît alors en relief.

On appelle réfringence l'apparence en relief des cristaux à fort indice.

Les minéraux intercalés entre le polariseur et l'analyseur, même en positions croisées, sont quelquefois capables de dévier la lumière polarisée et apparaîtront lumineux.

On appelle biréfringence la capacité des minéraux à se teinter entre polariseur et analyseur croisés.

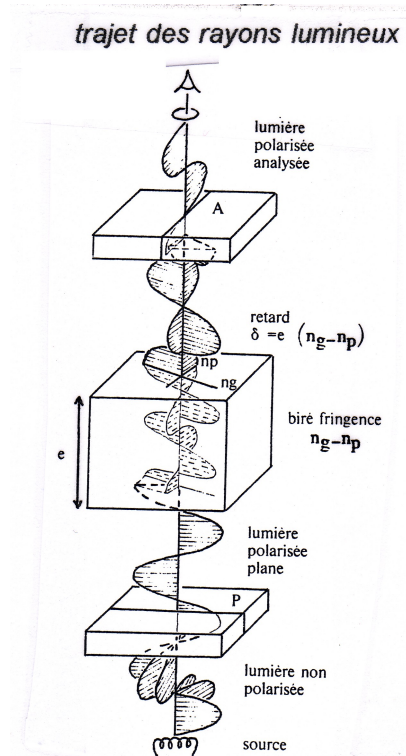
On explique cette biréfringence par une anisotropie des indices de propagation de la lumière au sein des cristaux.

Plusieurs cas :

- Les minéraux cubiques, le verre et les inclusions fluides des roches ne sont pas biréfringents : ils sont éteints (noirs) entre polariseur et analyseur croisés.
- La biréfringence légère donne des teintes de polarisation du 1^{er} ordre, blanche, grise et noire.
- La biréfringence accentuée est dite du 2^{ème} ou du 3^{ème} ordre et donne des teintes vives.

Tous les minéraux biréfringents présentent une position d'extinction, qui empêche toute lumière de traverser la lame.

En faisant tourner la lame mince, les minéraux changent de teinte et passent par leur position d'extinction.



B- Méthode de travail sur une lame mince

Méthode : Pour identifier une lame mince de roche magmatique on doit :

- 1- **Démontrer l'état magmatique : aucune direction particulière des cristaux. Se voit sur la lame à l'œil nu**
- 2- **Etablir sa texture, c'est-à-dire les modalités d'agencement des minéraux : holocristalline ou hémicristalline. Relier immédiatement la texture et les modalités. La texture s'identifie facilement en LPA**
- 3- **Lister les minéraux constitutifs : on commencera par lister les critères intéressants vus en LPNA puis en LPA**
- 4- **Enfin proposer un nom**

1. Reconnaissance de la texture en lame mince

La texture grenue ou holocristalline montre une juxtaposition de cristaux qui se touchent, sans interstice ni verre. On distingue facilement les cristaux automorphes des cristaux xénomorphes.

La texture microlitique ou hémicristalline montre :

- des phénocristaux
- des microcristaux : s'ils sont nombreux ils donnent une couleur marron à la lame en LPNA
- du verre non cristallisé, donc toujours noir en LPA

Le verre et les microcristaux constituent ensemble la pâte; la différence pâte/verre est impossible à faire à l'œil nu mais nécessaire au microscope.

2. Reconnaissances des minéraux sur lame mince

Etape 1 = observation en lumière polarisée non analysée LPNA dite lumière naturelle

- estimation de la forme des minéraux et de la couleur ; certains minéraux ont une couleur changeante en LPNA et sont dits pléochroïques
- estimation de la réfringence (du relief)
- recherche des traces d'altération (poussière)

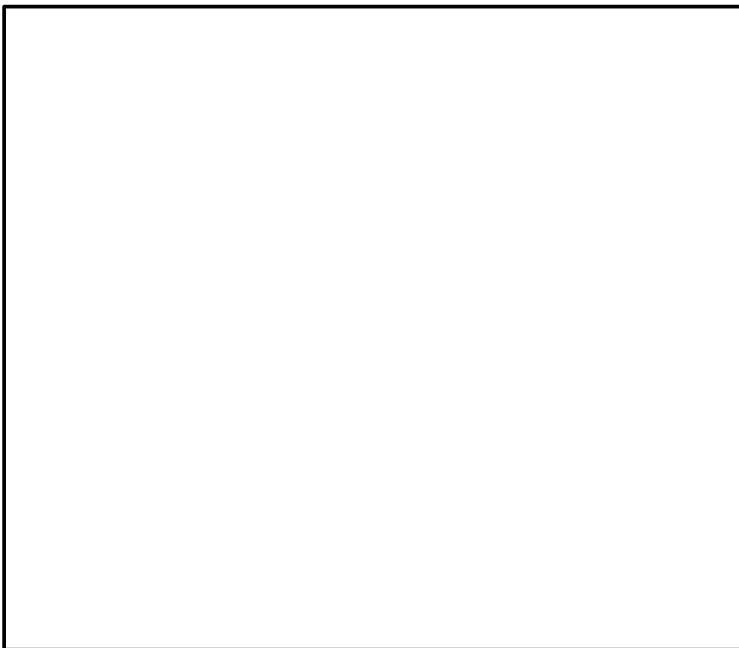
Etape 2 = observation en lumière polarisée analysée

- observation de la biréfringence (i.e des teintes de polarisation) : on différenciera deux groupes, les minéraux polarisant dans le blanc et le gris et ceux polarisant dans les teintes vives (quelle que soient ces teintes)
- observation des clivages, des macles et des fractures

Principaux minéraux à savoir reconnaître

	En LPNA	En LPA
Quartz	Incolore et limpide Faible relief	1^{er} ordre Extinction roulante
Feldspath Plagioclase	Incolore mais poussiéreux Faible relief	1^{er} ordre Macle polysynthétique (aspect code barre)
Feldspath Orthose	Incolore mais poussiéreux Faible relief	1^{er} ordre Macle de Carlsbad
Mica noir = biotite	Orangé à marron Pléochroïque Fort relief Clivage : aspect en lame de parquet	2^{ème} et 3^{ème} ordre, dont l'éclat est atténué par la teinte orange Clivage
Mica blanc = muscovite	Incolore	2^{ème} et 3^{ème} ordre, très vif Clivage
Pyroxène	Faiblement coloré Relief fort Clivages à 90°	2^{ème} ou 3^{ème} ordre, souvent orange Clivages à 90° Macle en sablier possible
Amphibole	Brun, vert ou bleu selon la chimie Pléochroïque Clivages à 120°	2^{ème} ou 3^{ème} ordre Clivages à 120°
Olivine	Incolore et limpide Relief fort	3^{ème} ordre (très vif) Craquelures Forme trapue

Dessin d'observation de deux lames minces :
avec texture grenue



avec texture microlitique



III- Les associations minérales et le nom des roches

A- Les 8 roches magmatiques à connaître

Les roches sont classées : de la plus claire et plus siliceuse en haut du tableau, à la plus sombre et ferromagnésienne en bas du tableau.

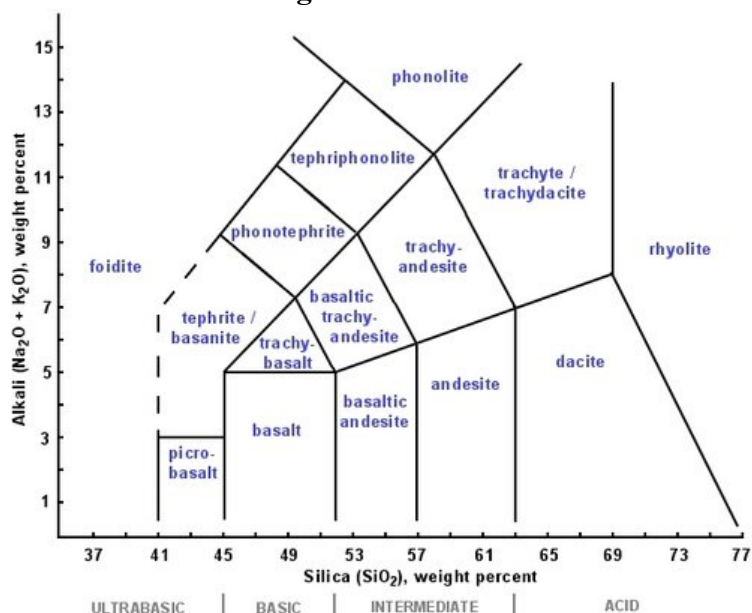
	Roches volcaniques	Composition minéralogique	Roches plutoniques
Roches leucocrates riches en silice	rhyolite	quartz/ plagio/orthose/mica	granite
	trachyte	plagio/orthose/mica	syénite
Roches mésocrates	andésite	plagio/amphibole/mica (pyroxène possible)	diorite
Roches mélanocrates	basalte	plagio/pyroxène (olivine possible)	gabbro
		pyroxène/olivine	péridotite

B- Le diagramme TAS et les roches volcaniques

a. L'analyse chimique des roches : en % massique

SiO ₂	50	58,65	73,29	66,1
Al ₂ O ₃	15	17,43	13,30	15,73
Fe ₂ O ₃	3,9	3,21	0,62	1,38
FeO	7,3	3,48	1,08	2,92
MgO	7	3,28	0,30	1,74
CaO	10,2	6,26	1,13	3,83
Na ₂ O	2	3,82	3,66	3,75
K ₂ O	0,3	1,99	4,24	2,73
H ₂ O	0	1,06	1,90	0,85

b. Utilisation du diagramme TAS



C- La classification de Streckeisen (1974) applicable aux roches plutoniques

a. L'analyse modale d'une roche

Le mode d'une roche est la présentation du pourcentage volumique de chacun des minéraux la constituant.

		R1	R2	R3	R4
Minéraux « clairs »	Quartz	25	10	0	0
	Orthose	40	10	72	0
	Plagioclase	26 dont 10 sodique et 16 calcique	45	12	0
Minéraux ferro magnésien	Biotite	5	15	2	0
	Amphibole	1	20	7	1
	Pyroxène	0	0	4	25
	Olivine	0	0	0	72
	Minéraux opaques	3	0	3	2

b. Utilisation de la représentation de Streckeisen

Méthode :

Règle 1 : choisir le triangle adéquat

Pour les roches possédant moins de 90% de minéraux ferromagnésiens, on utilise le losange de Streckeisen : le triangle du haut pour les roches contenant du quartz et le triangle du bas pour les roches contenant un minéral hyposiliceux de la famille des feldspathoïdes. Quartz et feldspathoïdes sont incompatibles.

Pour les roches possédant plus de 90% de minéraux ferromagnésiens, on utilise le triangle de Streckeisen.

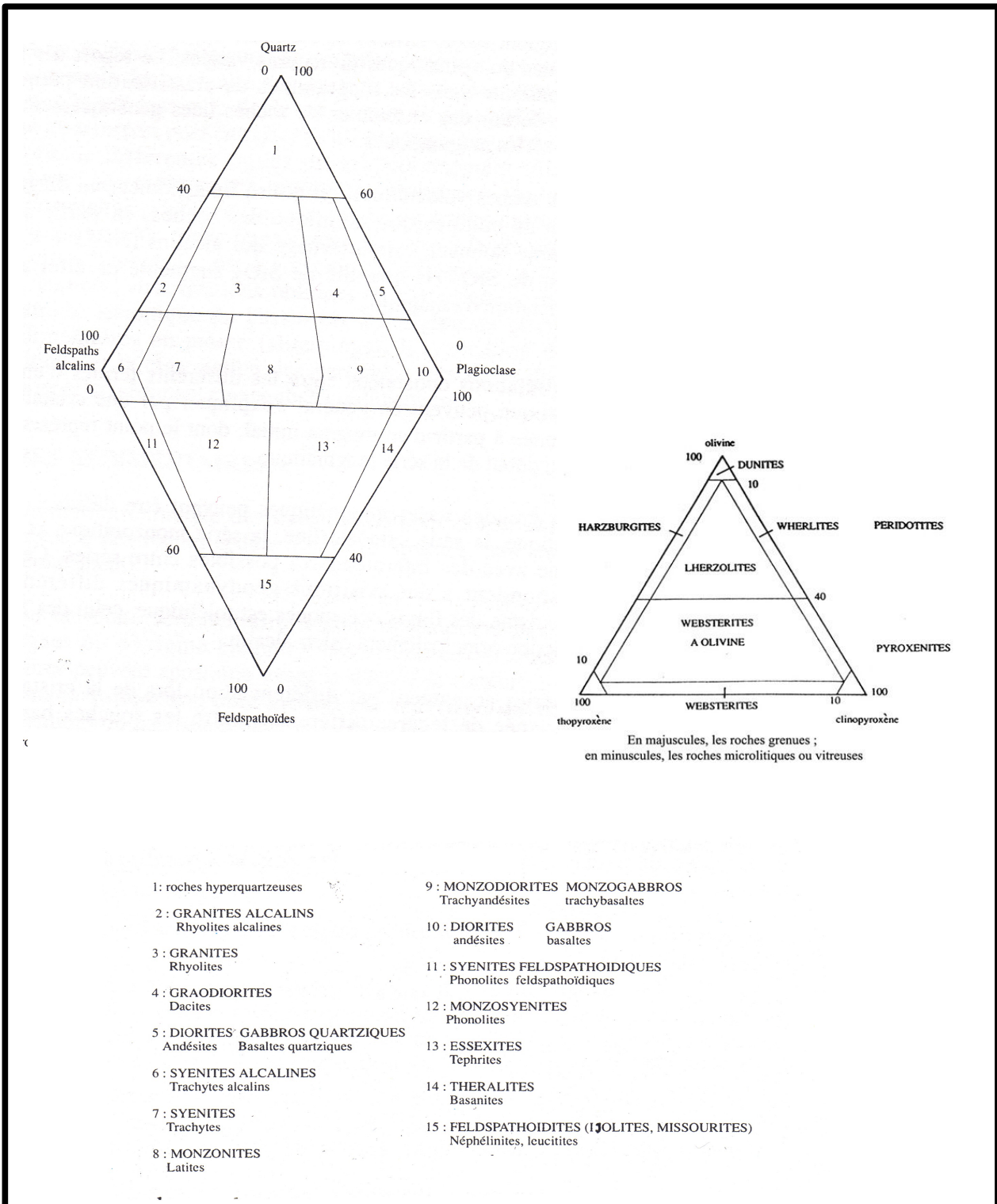
Règle 2 : Les pourcentages utilisés sont des pourcentages volumétriques concernant les seuls minéraux présents aux 3 sommets du triangle retenu ; il faut que la somme des 3 minéraux utilisés fasse 100%.

Réaliser une conversion des pourcentages

Règle 3 : placer 3 droites dans le triangle ; chaque droite regroupe l'ensemble des points dont la teneur en un minéral est fixe. Les 3 droites se coupent en un point

Règle 4 : le point obtenu se situe dans une case ; parmi les roches possibles dans cette case on utilise la texture et les minéraux accessoires pour proposer un nom.

Il faut connaître la forme d'ensemble du losange de Steckeisen, le nom des 3 sommets, et la position approximative de la case granite et de la case basalte.



- | | |
|--|--|
| 1: roches hyperquartzzeuses | 9 : MONZODIORITES MONZOGABBROS
Trachyandésites trachybasaltes |
| 2 : GRANITES ALCALINS
Rhyolites alcalines | 10 : DIORITES GABBROS
andésites basaltes |
| 3: GRANITES
Rhyolites | 11 : SYENITES FELDSPATHOÏDIQUES
Phonolites feldspathoïdiques |
| 4: GRAODIORITES
Dacites | 12 : MONZOSYENITES
Phonolites |
| 5 : DIORITES GABBROS QUARTZIQUES
Andésites Basaltes quartziques | 13 : ESSEXITES
Tephrites |
| 6 : SYENITES ALCALINES
Trachytes alcalins | 14 : THERALITES
Basanites |
| 7 : SYENITES
Trachytes | 15 : FELDSPATHOÏDITES (JOLITES, MISSOURITES)
Néphélinites, leucitites |
| 8 : MONZONITES
Latites | |

Exercice :

Version graduée de la partie supérieure du losange, pour positionner les roches R1 à R4

