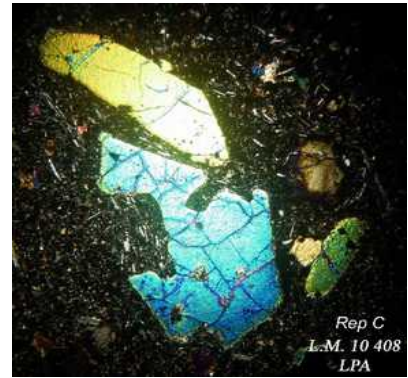




Atelier de pétrographie



ATLAS PETROGRAPHIQUE

Etude des roches magmatiques et métamorphiques par l'examen de lames minces au microscope polarisant

NOTICE GENERALE

Dominique Rossier

Danielle Piaud

Roland Maherault

Hélène Quéré

Dernière mise à jour le 12 mai 2018

Table des matières

Introduction.....	3
Un lien étroit avec un site ou une unité géologique.....	3
Contenu de l'atlas pétrographique.....	3
Utilisation des outils proposés.....	4
Tableau récapitulatif des « minéraux des roches ».....	4
Notice individuelle des lames minces.....	4
Guides d'interprétation.....	8
Guide n° 1 - Détermination des pyroxènes.....	8
Cristallographie et propriétés optiques.....	8
Composition des pyroxènes.....	11
Annexe.....	12
Guide n° 2 - Définitions de l'indice de coloration et de l'indice de différenciation pour les roches volcaniques.....	13
Guide n° 3 - Détermination des feldspaths alcalins des roches volcaniques.....	14
Guide n° 4 - Minéraux d'altération.....	16
Les altérations des feldspaths.....	16
Les altérations des péridots et pyroxènes.....	16
Lexique de certains termes employés.....	18
Bibliographie sommaire.....	20

Introduction

Un lien étroit avec un site ou une unité géologique

L'atlas est d'abord conçu comme une assistance au « pétrographe amateur » de la SAGA. Son intérêt se comprend comme un accompagnement à l'examen de la collection des lames minces de la SAGA (actuellement plus de 400 lames). Il peut également servir à une introduction pétrographique à la géologie d'une région, à la préparation d'un voyage d'étude et à l'exploitation des chapitres pétrographiques des notices des cartes géologiques comme celles au 1 / 50 000 du BRGM.

Son utilisation nécessite la pratique du microscope polarisant et des ouvrages et documents associés.

L'atlas permet à l'utilisateur d'accéder rapidement et facilement à des données pétrographiques établies par examen des lames minces au microscope polarisant. Ces lames ont été réalisées à partir des échantillons rapportés pour la plupart à l'occasion des voyages d'étude effectués par les membres de la SAGA, le plus souvent dans des régions volcaniques. L'atlas est donc destiné à regrouper les observations couvrant les sites géologiques visités. Ce n'est en aucun cas un inventaire complet. Il est structuré en grands sites ou massifs géologiques visités, chacun correspondant à une unité géologique bien documentée.

« Cet atlas, accessible à tous les membres de la SAGA, est à consulter sans modération, indépendamment de l'intérêt scientifique, pour l'esthétique de certains clichés de ce monde inépuisable des roches. »

Contenu de l'atlas pétrographique

La présente **notice générale** a un double objectif :

- Présenter l'atlas de pétrographie, son contenu et les principes de son utilisation.
- Mettre à la disposition des utilisateurs une **base documentaire** succincte : lexique, guides d'interprétation communs aux différentes familles de roches concernées et utiles à la compréhension des observations (exemple : détermination des pyroxènes).

Pour chaque famille de roches (métamorphiques, plutoniques, volcaniques), et pour **chaque massif** exploré, on trouvera :

- Une **notice spécifique**, comprenant en particulier une aide pour la localisation des échantillons prélevés dans chaque massif exploré. Aide à l'utilisateur, elle ne dispense pas d'avoir sous la main les articles, la carte géologique et les ouvrages spécialisés, pour un travail approfondi. Organisée en chapitres, elle permet à l'utilisateur de repérer la roche examinée aussi bien dans son contexte géographique que dans son contexte géologique. C'est ce qui justifie le nom d'« atlas » attribué à cet ensemble de données pétrographiques.
- Un **tableau récapitulatif** des lames minces étudiées indiquant les minéraux observés au microscope. Ce tableau est classé par **massif** et donne accès, par un lien sur le numéro de chaque lame, à une fiche **descriptive individuelle** de la lame.

Utilisation des outils proposés

Pour comprendre les principes de présentation et les possibilités d'utilisation, on consultera à titre d'exemple le dossier du complexe volcanique des Monts Dore, dossier qui a été traité en premier et qui a servi à établir les règles de rédaction et de présentation.

Tableau récapitulatif des « minéraux des roches »

Ce tableau récapitule les lames minces de l'atlas **pour un massif donné**. Pour chaque lame, il donne le numéro de la lame, le lieu de prélèvement, la nature de la roche, les principaux minéraux observés et la série de la roche. L'extrait ci-après du tableau récapitulatif des Monts Dore illustre ce principe.

N° lame	Lieu de prélèvement	Roche	Minéraux observés										Série
			Si	F.A	Pl	Foï	OI	Cpx	Opx	Amp	Bt	M.A.	
10401	Banne d'Ordanche – lac de la Cabane	Basalte	-	-	an+	X	X	X	-	-	-	X	SMA
10431	Banne d'Ordanche	Mugéarite	-	-	an+	X	X	X	-	-	-	-	SMA
10435	Banne d'Ordanche	Basalte	-	-	an+	-	X	X	-	-	-	X	SMA
11352	Banne d'Ordanche	Mugéarite	-	-	an+	X	X	X	-	X	-	-	SMA

La légende des différentes rubriques de ce tableau est précisée au sein de la notice spécifique à chaque type de roche, métamorphique, plutonique, volcanique.

Ce tableau constitue le pivot d'analyse des éléments étudiés pour un massif :

- Il donne accès à la fiche individuelle de chaque lame grâce à un lien sur le numéro de la lame.
- Le tableau affiché sur le site internet est **statique** mais une analyse par critère est possible si on le **copie** dans un outil comme **Excel**. L'utilisateur peut alors utiliser les fonctions de tri d'Excel pour **trier les lames minces** du massif selon **un ou plusieurs critères**, par exemple la présence d'un ou plusieurs minéraux. Quand l'utilisateur aura à sa disposition les tableaux pour plusieurs massifs, il pourra pratiquer des tris « transversaux » en copiant les tableaux des différents massifs sur un même document Excel (attention, ne pas oublier de supprimer les lignes de titres intermédiaires). Les liens avec les fiches individuelles des lames minces sont conservés dans l'opération de copie.

Notice individuelle des lames minces

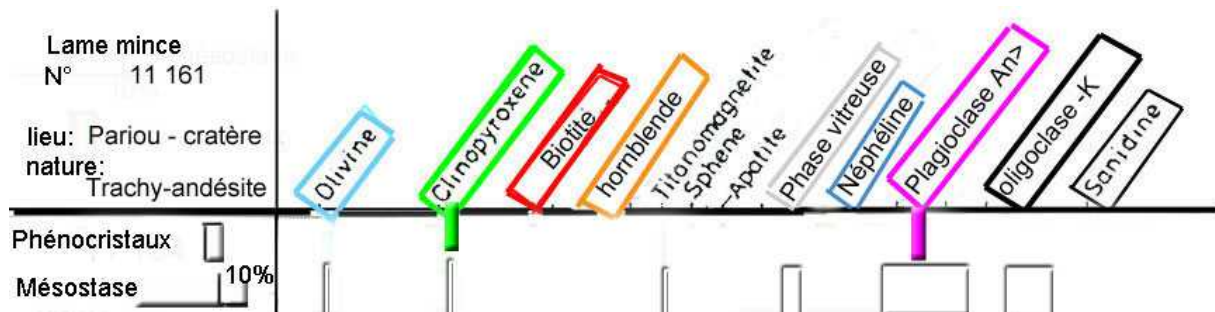
Chaque lame de l'atlas fait l'objet d'une fiche individuelle :

- **La première page** (ou les deux premières pages) est un **texte descriptif et interprétatif des observations**, précédé d'un extrait du tableau récapitulatif indiquant les minéraux observés dans la lame.
- **La seconde** (ou troisième) **page** est la **grille pétrographique** d'aide à l'identification des roches du massif étudié. Les minéraux pris en compte sont communs au même massif, mais leur liste est adaptée à chaque massif. La grille a été créée à l'occasion de l'atlas de la Chaîne des Puys qui a suivi celui des Monts Dore, pour lequel elle n'a donc pas été mise en oeuvre.

La grille donne, pour chaque lame mince, d'une part les principaux minéraux bien visibles comme **phénocristaux**, d'autre part ceux aussi présents dans la **mésostase**, avec une indication approchée de leur abondance. Son principe est repris de la « grille pétrographique et minéralogique » introduite par le Professeur Schmincke pour les deux massifs quaternaires de l'Eifel (Mertes and Schmincke, 1985. *Mafic potassic lavas of the quaternary West Eifel volcanic field.*- contrib. mineral. Petrol., 89:330-345).

Un exemple concret est donné ci-dessous avec la lame mince 11161 d'une trachy-andésite du bord du Pariou (Chaîne des Puys).

- La partie supérieure de la grille indique la liste des minéraux pris en compte dans le massif de la Chaîne des Puys.
- La partie inférieure de la grille indique les minéraux présents dans la lame. La ligne du haut est relative aux phénocristaux (traits colorés), celle du bas à la mésostase (traits grisés).
- La petite barre notée 10%, en bas à gauche indique l'échelle du % volumique des minéraux. Le volume en %, occupé par le minéral est donné à titre indicatif et n'a pas de valeur quantitative rigoureuse.



Grille pétrographique de la lame mince 11161 (trachy-andésite du Pariou)

- Les pages suivantes sont des **pages de clichés**, illustrant le texte des premières pages et l'identification de la roche. La **première page de clichés** est consacrée au « scan » de la lame, en général en LPNA, et accompagné de l'indication de ses dimensions. Des repères indexés (lettres ou chiffres) apparaissent sur le « scan ». Ils permettent de retrouver les emplacements intéressants ayant fait l'objet d'observations particulières au microscope polarisant avec clichés correspondants. Les **dernières pages** sont consacrées aux clichés présentant un intérêt pour la description complète de la roche et son identification. A chaque cliché, est associé un repaire.

Les trois images suivantes représentent un extrait de la notice de la lame 10403, successivement, la première page, le « scan » et des clichés particuliers.

Roches volcaniques – Massif des Monts Dore –vallée de la Fontsalade
N° lame mince : 10403

Minéraux										Série	Nature	
Si	F.A	Pl	Foi	Oi	Cpx	Opx	Amp	Bt	M.A.			
-	X	An-	X	-	X	-	-	-	-	X	SMA	Ph

Tableau de synthèse des valeurs prises par les clés de tri

lieu de prélèvement, description morphologique de la roche.

Observations sur le scan* LPNA

Observations eau microscope en LPNA et LPA:

Phénocristaux, si ils sont présents (roche plus ou moins porphyrique)

Mésostase: microlites et vacuoles...

Identification de la roche en référence aux appellations standard de la carte géologique et éventuellement, commentaires.

Lieu de prélèvement : Pierrier sur le versant ouest de la Sanadoire

Roche massive : Saine, gris clair.

Scan : Clair, l'indice de coloration est inférieur à 10% ! Fortement porphyrique, avec gros **plagioclases** souvent en clusters.

Polarisation chromatique

Phénocristaux :

- Hauvène-noséane** peu abondante, **Rep C** et **D**.
- Beaux cristaux de **titanite (sphène)** très bien formés, **Rep A** et **B**. On parvient à établir des franges d'interférence jusqu'au 5^{ème} ordre
- Relativement peu d'**augite** jaune-verte, **aeqyrique** (d'après la notice de la carte 716, Bourg-Lastic) **Rep A**.
- Les grands **Pl** sont des **andésines-oligoclases**. **Sanidines** (anorthoses) aux contours flous : **Rep B**
- Baguettes et petites sections droites d'**apatite**.
- Mésostase :** Claire, non vitreuse et **microcristallisée**, densément « tissée » de microlites de **Pl** et d'**anorthoses**. Rares microlites de **Cpx**.

Identification : Phonolite **leucocrate**, peu saturée, donc **trachy-phonolite**. **Miaskitique**, $\Phi 1m$ suivant la notice de la carte géologique.

Commentaires : pm

Notice/ carte BRGM n° 716 Bourg Lastic au 1/50000

Documents à consulter : Définitions de l'indice de coloration et de l'indice de différenciation

Référence de la carte géologique et mention des chapitres à consulter dans la fiche documentaire.

Dominique Rossier 7 novembre 2016 1


* Le scan LPNA consiste à examiner la lame en transmission, au scanner à haute résolution, pour faire apparaître la morphologie de la roche.

Notice de la lame 10403, première page

Roches volcaniques – Massif des Monts Dore –vallée de la Fontsalade
N° lame mince : 10403

Scan LPNA

Échelle : 3 cm à la base



Dominique Rossier 7 novembre 2016 2

Notice de la lame 10403, « scan »

Cliché BB LPA Rep B: franges
d'ordre 5 sur la titanite du Rep B



Cliché BB LPA : titanite du Rep B à côté d'une Sa



Notice de la lame 10403, deux clichés en LPA

Guides d'interprétation

Guide n° 1 - Détermination des pyroxènes

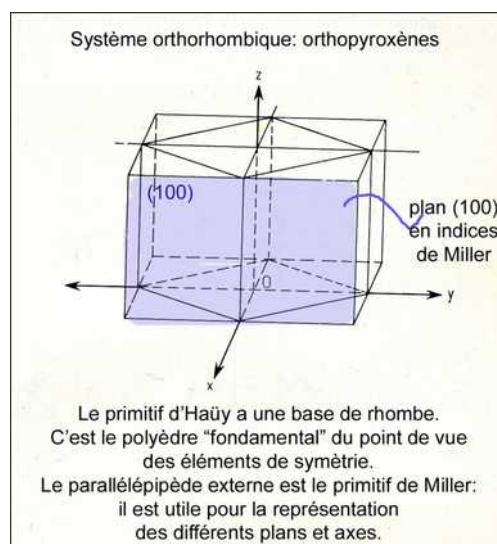
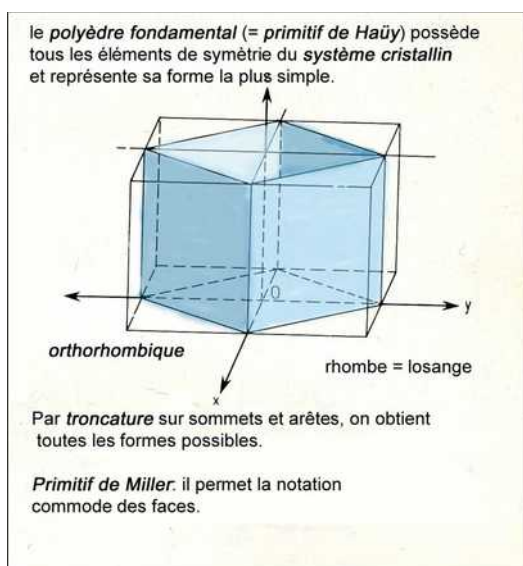
Ce guide concerne principalement les roches volcaniques.

Cristallographie et propriétés optiques

● Cristallographie

Le système cristallin des orthopyroxènes est orthorhombique. Il est monoclinique pour les clinopyroxènes. Les pyroxènes jouent un rôle central dans la détermination des roches volcaniques et dans l'interprétation de leur origine.

Le polyèdre fondamental est à base de rhombe (losange). Cependant le repérage des plans se fait dans le trièdre formé par le « primitif de Miller », à l'aide des indices de Miller (**figures 1a et 1b**). Pour les pyroxènes monocliniques les mêmes primitifs sont en fait très proches de ceux des pyroxènes orthorhombiques. Par commodité, les illustrations sont faites dans le cas des orthopyroxènes.



Figures 1a et 1b

Quelques plans usuels dans les pyroxènes, **figure 2**.

Un indice de Miller de nombre N sur l'axe x signifie que le plan passe par la coordonnée $x = 1/N$, sur l'axe des x. Exemple, le plan (102) passe par les points suivants :

- Axe des x : point de coordonnée 1
- Axe des y : point rejeté à l'infini, donc plan parallèle à l'axe des y
- Axe des z : point de coordonnée 1/2

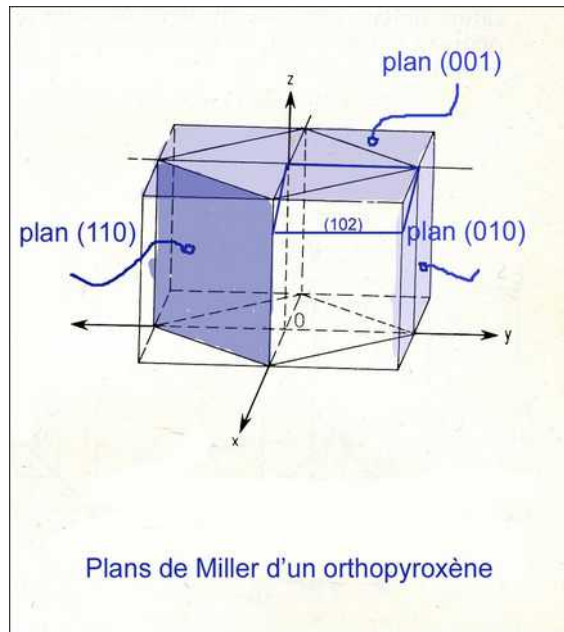


Figure 2

Dans le cristal de pyroxène, les faces de troncature sont indexées par leur triplet de Miller. Deux systèmes de clivage sont indiqués et sont valables pour tous les pyroxènes (**figure 3**).

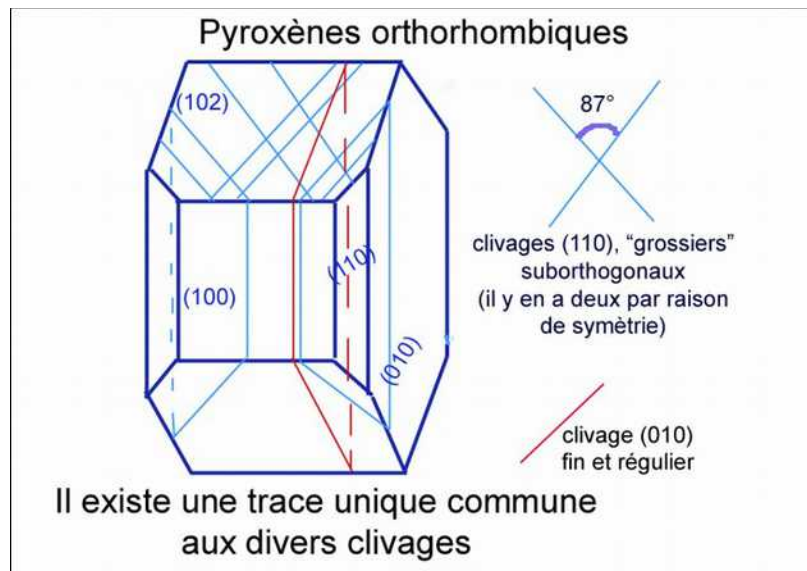


Figure 3

Règle d'or pour tous les pyroxènes

Les mesures d'angle d'extinction ne se font pas sur les faces marquées par les clivages suborthogonaux, mais sur celles où apparaît la « trace unique » (figure 3).

● Propriétés optiques en relation avec la cristallographie

On s'intéresse principalement aux axes de l'ellipsoïde des indices et à l'orientation de ces axes par rapport au système cristallin. En effet, la méthode constante dans l'observation des phénocristaux, dans les roches volcaniques, est de chercher ceux qui présentent une face contenant les axes principaux¹ **Ng** et **Np**, de façon à évaluer la biréfringence et à mesurer l'angle d'extinction avec un **repère géométrique** du cristal : soit « trace unique » des clivages, soit allongement d'un prisme.

La **figure 4** montre la disposition simple de ces axes dans le cas du système orthorhombique. Dans ce cas, les axes principaux **Ng** et **Np** sont dans le plan (010) et **Ng** est parallèle à l'axe cristallin c.

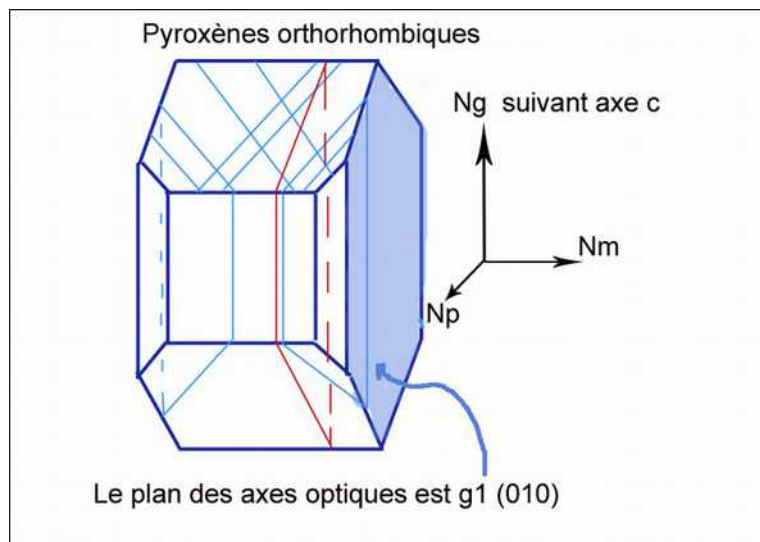


Figure 4

Pour s'assurer de la nature d'un orthopyroxène, il faut donc vérifier que l'extinction est « droite », c'est à dire que le repère géométrique du cristal (voir plus haut) est dans le plan du polariseur du microscope (figure 4). On complète en observant les teintes de Newton, qui sont dans le premier ordre.

Le cas des clinopyroxènes est moins simple. La **figure 5** donne l'exemple d'une structure monoclinique avec les principales troncutures du diopside, valables aussi pour la famille des augites, avec les positions des axes optiques par rapport à ses plans de troncuture. L'angle d'extinction est à mesurer par rapport à la « trace unique » des divers clivages : il varie suivant la composition des clinopyroxènes.

¹ A ne pas confondre avec les axes optiques proprement dits.

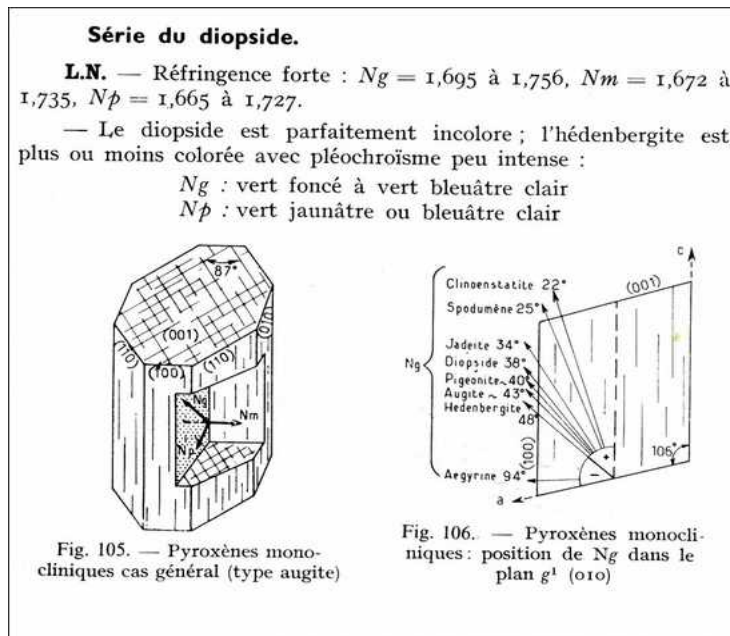


Figure 5

Composition des pyroxènes

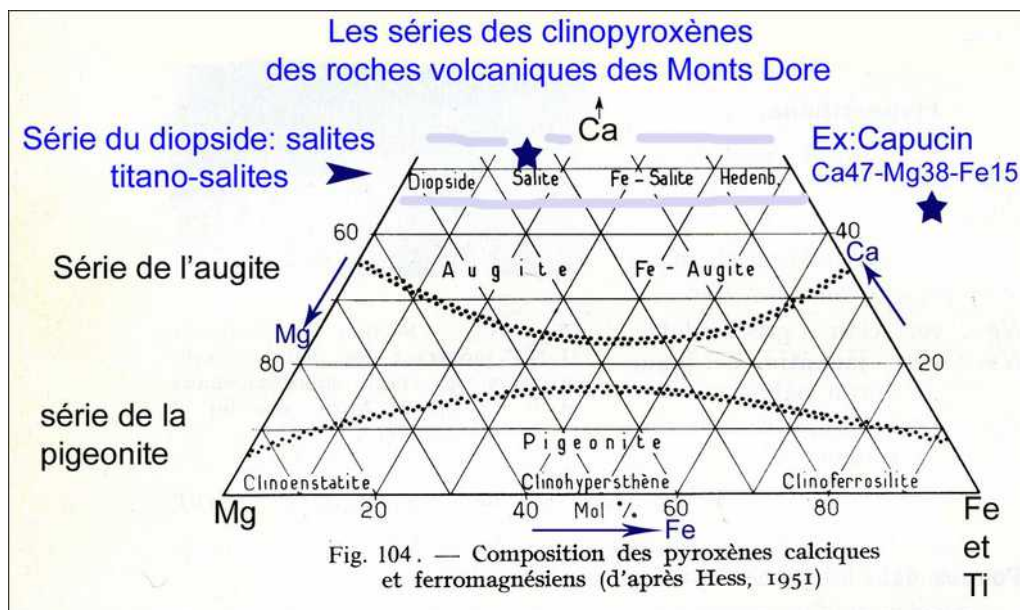


Figure 6

La majorité des pyroxènes, phénocristaux et microlites, rencontrés dans les roches des Monts Dore et de la Chaîne des Puys, et décrits dans l'atlas, sont des **augites** et des **titano-salites**.

Le cas des clinopyroxènes sodiques (**augites aegyriniques**), absents de l'abaque ci-dessus, est pris en compte pour des massifs comme la Chaîne des Puys et l'Eifel.

Le tableau en annexe est une aide à la détermination des pyroxènes (d'après Roubault, 1982, *Détermination des minéraux des roches au microscope polarisant*. Ed. Lamarre-Pointat).

Annexe

Nom ou série, composition	LPNA Caractères en lumière naturelle	LPA Biréfringence : teintes de Newton	LPA Biréfringence : extinction	LPA Caractères en lumière analysée
Orthopyroxènes (Mg,Fe) SiO ₃ Enstatite, limpide. Hypersthène, vert clair à rose, pléochroïque	Relief moyen à fort. Clivages fin g1 Clivages m grossièrement orthogonaux (88°), pour sections normales à l'allongement	0,008 à 0,016 Enstatite : blanc 1er ordre Hypersthène : jaune à orangé 1er ordre	Sections zone (hk0) à extinction droite; allongement positif	Ng suivant c Ng et Np dans g1
Clinopyroxènes Série pigeonite (Mg, Fe, Ca)SiO ₃ Ca<13% incolore	Fort relief Mêmes clivages que orthopyroxènes	0,010 à 0,030 Fin du 1 ^{er} et début du 2 ^{ème} ordre	Angle 22° à 44°	Microcristaux dans la mésostase
Clinopyroxènes Série diopside (Mg, Fe) Ca (SiO ₃) ₂ Diopside incolore (pour mémoire hédénbergite)	Fort relief Mêmes clivages que orthopyroxènes	0,028 à 0,031 Milieu du 2 ^{ème} ordre : bleu vif	Angle très variable !	Macle h1 fréquente Uniquement dans péridotites, chromifère Exsolutions semblables aux perthites
Clinopyroxènes Série augite, salite (Ca, Mg, Fe, Al) (Si, Al) O ₅ Légèrement colorés mais non pléochroïques, sauf augite titanifère	Fort relief Mêmes clivages que orthopyroxènes	0,024 à 0,029 Fin du 1 ^{er} et début du 2 ^{ème} ordre	Angle d'extinction de 39 à 47° Allongement positif	Macle h1 fréquente Macle en sablier, fréquente pour augite titanifère Structure zonée Altération par ouralisation
Clinopyroxènes Série des augites aégyrinique Composition intermédiaire entre celles des augites et l'aégyrine Na Fe (SiO ₃) ₂	Très fort relief Mêmes clivages que orthopyroxènes Pléochroïsme de vert à jaune verdâtre	0,027 à 0,048. Atteint généralement au moins le début du troisième ordre.	Angle Np de 0° à 40° Allongement négatif	Macle h1 rare Fréquemment zonés

Guide n° 2 - Définitions de l'indice de coloration et de l'indice de différenciation pour les roches volcaniques

L'**Indice de coloration** est calculé en prenant la proportion volumique des minéraux colorés. Il est donc possible de le mesurer par voie optique simple.

L'**Indice de différenciation** est plus difficile à établir. Il n'est pas mesurable simplement sans recourir à l'analyse modale de la norme CIPW, ce qui nécessite l'analyse chimique des minéraux de la roche :

« Remarquant que les basaltes sont riches en minéraux colorés normatifs (caractère mésocrate) et les granites en minéraux blancs (caractère leucocrate), Thornton et Tuttle ont défini l'**Indice de différenciation D.I.** (« differentiation index »), tel que :

$$D.I. = Qz + Or + Ab + Né + Le \text{ (minéraux de la norme CIPW)}$$

Un basalte a un D.I. inférieur à 30 et un granite un D.I. supérieur à 70.

D'après B.Bonin et al., 2004, Magmatisme et roches magmatiques, Dunod.

Indice de différenciation pour la série des roches volcaniques des Monts Dore

<35 : Basaltes

35< <50 : Hawaiites

50< <70 : Mugéarites

<70 <90 : Benmoréites

Phonolites

Guide n° 3 - Détermination des feldspaths alcalins des roches volcaniques

Les feldspaths alcalins des roches volcaniques sont des solutions solides formées par cristallisation fractionnée dans les magmas, donc à haute température. Ils sont conservés dans leur état métastable lors du refroidissement, c'est-à-dire lors de l'éruption. On les caractérise chimiquement par le taux fictif d'albite (feldspath sodique) rapporté à celui de l'orthose, feldspath potassique. Ces solutions sont continues, contrairement aux feldspaths alcalins de roches plutoniques ou métamorphiques.

Sanidines, sanidines sodiques

Ce terme désigne les feldspaths, solutions solides sodo-potassiques, où le taux d'albite (feldspath sodique) est inférieur à 60% (diagramme ternaire ci contre). Le contour limitant l'existence des solutions solides a été établi pour les températures du liquidus du diagramme de phase Or-Ab: figure 1 ci-contre.

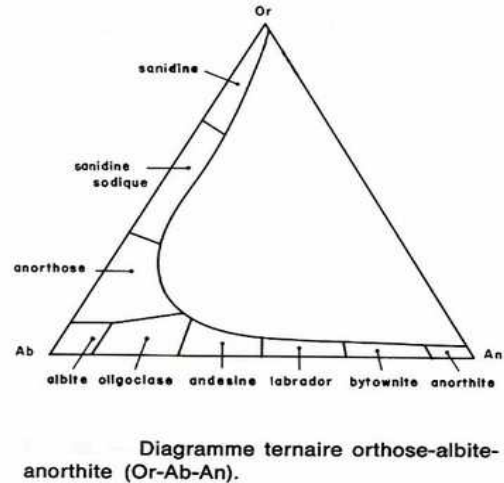


Figure 1

Les feldspaths alcalins sont faciles à identifier. Tout d'abord, ils sont généralement **incolores et limpides**, car peu altérés, contrairement aux plagioclases, souvent plus ou moins troubles. Les phénocristaux sont souvent craquelés et leurs contours corrodés. Le réseau cristallin est monoclinique (figure 2). Les phénocristaux et les microlites se présentent en baguettes d'**allongement suivant l'axe a**, c'est-à-dire (100) ou (pg1), ou en tablettes suivant le plan g1 (010), (figure 3). Pour les notations, voir le chapitre 1 sur les pyroxènes.

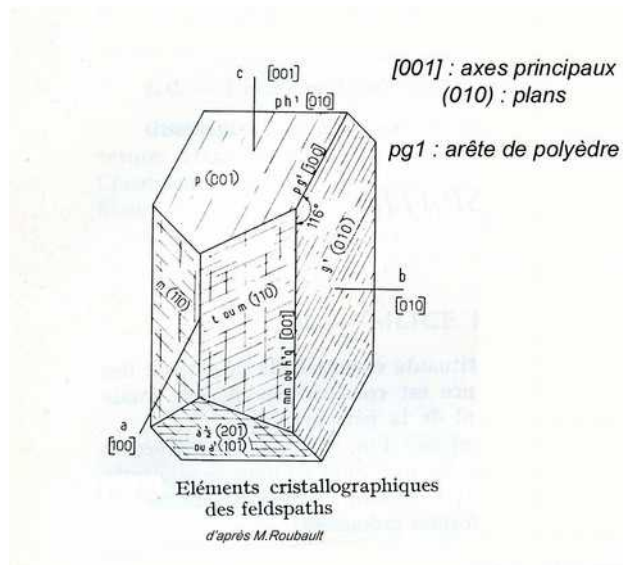


Figure 2, tirée de détermination des minéraux des roches au microscope polarisant, de Marcel Roubault. Ed. Lamarre-Poinat.

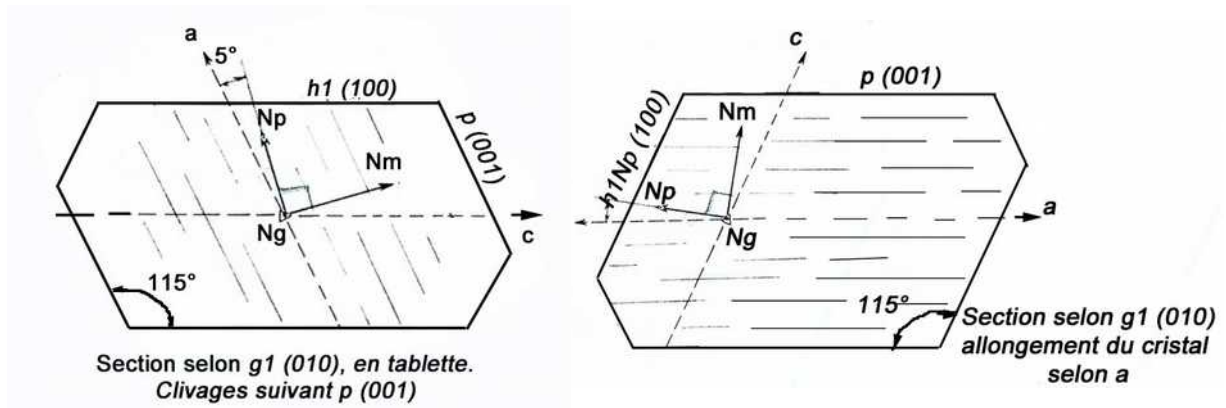


Figure 3

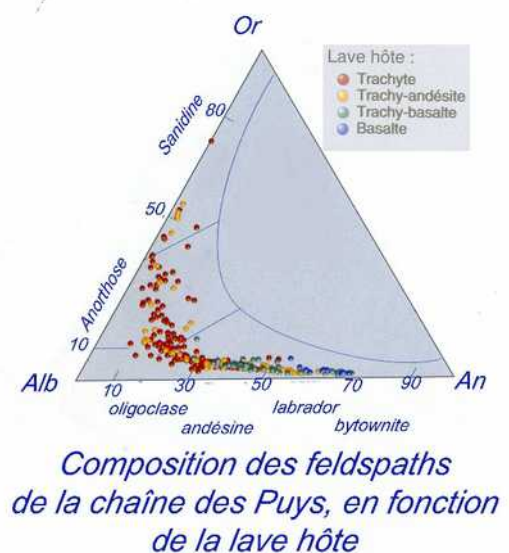
Le plan des axes de l'ellipsoïde des indices, **Ng** et **Np**, est soit dans ce dernier plan $g_1 (010)$, soit il lui est perpendiculaire. Mais **Np** est toujours contenu dans $g_1 (010)$. Ceci permet de mesurer l'angle d'extinction sur **Np**, par rapport à la direction $p (001)$ de la trace unique des clivages : l'angle est faible, toujours inférieur à **9 degrés**. La macle de Carlsbad est presque toujours présente dans le cas des phénocristaux. **Teinte gris du 1^{er} ordre en LPA**, pour une biréfringence ne dépassant pas 0,006.

Les sanidines sont présentes dans les termes extrêmes des séries calco-alcalines et alcalines : phonolites et rhyolites.

Anorthoses. Ce terme désigne les solutions solides sodo-potassiques dans lesquelles le taux fictif d'albite est supérieur à 60%. Il n'est pas toujours facile de les distinguer des sanidines, par simple examen de la lame mince. Toutefois si on est sûr de l'épaisseur de la lame, on peut les reconnaître aux **teintes jaune pâle du 1^{er} ordre** en LPA, car leur biréfringence peut être double de celle des sanidines et atteindre 0,013. Un autre critère est la direction de l'allongement, selon l'axe c . L'angle d'extinction est légèrement supérieur à celui des sanidines sodiques, mais inférieur à **12 degrés**.

Les anorthoses sont présentes dans les trachytes et les trachy-andésites. Exemple; Chaîne des Puys. Elles sont souvent très proches en composition des **oligoclases**, comme le montre le diagramme ternaire des feldspaths de la chaîne des Puys (figure 4 ci-contre tiré de l'ouvrage en référence). Les oligoclases présentent toujours la macle polysynthétique de l'albite, fréquemment associée à la macle de la péricline. Voir par exemple la lame 11109, pages 8 et 12.

Anorthoses et oligoclases cohabitent dans les mêmes roches comme les trachytes et les trachy-andésites, et peuvent être alors associées dans un même cristal. Dans ce cas, le coeur est d'oligoclase, entouré d'un épais manchon d'anorthose. Voir par exemple les lames 11116 page 11 et 11251a page 7.



Volcanologie de la chaîne des Puys.

Figure 4

Guide n° 4 - Minéraux d'altération

Remarque préliminaire : ce guide réunit des informations tirées pour l'essentiel de l'ouvrage de Marcel Roubault, référencé dans la bibliographie.

Les altérations des feldspaths

Kaolinisation

Altération par lessivage des alcalins avec formation de minéraux des argiles (illite, montmorillonites, plus rarement kaolinite). Cette altération se produit surtout sur les feldspaths alcalins. Les minéraux néoformés (très petites paillettes souvent ultramicroscopiques) et la destruction plus ou moins ménagée du réseau donnent aux sections une allure nébuleuse, trouble, laiteuse; les feldspaths se pigmentent alors souvent d'oxydes de fer et de titane et prennent des teintes rougeâtres.

L'altération avec formation de gibbsite (ou hydrargillite) est assez spéciale aux plagioclases des roches basiques, tout particulièrement aux microlites des basaltes. Dans le même temps se forment du quartz secondaire et de la calcite.

Damouritisation

Altération fréquente chez les plagioclases (Na (Al Si₃ O₈)) - (Ca (Al₂ Si₂ O₈)). Elle conduit à l'apparition de **damourite**, et plus accessoirement, si la basicité du feldspath le permet, d'épidote, quartz, calcite, chlorite, etc. La damourite est un mica blanc néoformé, plus riche en H₂O que la muscovite, cristallisé en fines paillettes souvent orientées selon des plans particuliers du feldspath (clivages, macles).

Altérations complexes

Formation de :

Quartz, calcite, épidotes. Altération commune des plagioclases calciques.

Epidotes, albite, quartz, actinote, parfois scapolite et calcite. Cette altération appelée **saussuritisaiton** est propre aux gabbros qui ont subi un dynamométamorphisme. Elle s'accompagne généralement d'ouralitisaiton des pyroxènes.

Saussurite n. f. [dédié à H. B. de Saussure] - Mélange d'**épidote** et parfois de **lawsonite**, qui se forme par transformation hydrothermale ou altération, aux dépens des plagioclases basiques (V. feldspath et épidote). (d'après dictionnaire de géologie, Foucault).

Altération avec formation de zéolithes

Fréquente dans les roches volcaniques basiques avec transport et accumulation des produits d'altération dans les cavités (bulles) de ces roches. Cette altération débute souvent sur la néphéline et gagne les plagioclases.

Les altérations des péridots et pyroxènes

Altération ferrugineuse des péridots

Cette altération se traduit par la formation d'une bande rougeâtre d'**iddingsite** qui borde les cristaux, ou s'introduit dans les craquelures, et peut même conduire à la formation de magnétite. Type d'altération fréquente et même essentielle dans les roches d'épanchement.

Altération serpentineuse des péridots et des orthopyroxènes

Formation de bandes de serpentine se développant à partir des cassures avec, en général, cristallisation concomitante de magnétite. Type d'altération fréquente des roches ultra-basiques grenues. Concernant les **orthopyroxènes**, altération en **serpentes**

(antigorite) avec souvent passage par un terme intermédiaire, la **bastite**, brun à reflet bronzé. Le **diallage**, (qui est une variété d'augite) subit la même transformation.

Bastite : les orthopyroxènes sont souvent pseudomorphosés par une variété d'antigorites, la bastite. Cette altération se produit de façon régulière et conserve une orientation unique dans un même individu. Ainsi, à un même cristal de pyroxène correspond un cristal unique de bastite. Le clivage facile p (001) de ce minéral se confond avec le clivage fin g1 (010) ou h1 (100) du pyroxène. La bastite ne diffère de l'antigorite par aucune propriété essentielle.

Altération des clinopyroxènes

Le plus souvent en variétés de **hornblende verte** ou d'**actinote** de composition variable (ouralite). Au cours de l'**ouralisation**, l'orientation cristalline de l'amphibole néoformée se calque sur celle du pyroxène initial. En général, l'ouralisation s'accompagne d'un abaissement de la teneur en **An** des plagioclases de la roche. Une telle roche totalement ouralisée est une épidiomite. A un stade plus poussé, transformation en chlorite, épidote (pistachite), et calcite.

Lexique de certains termes employés

D'après A.Foucault et J.-F.Raoult, dictionnaire de géologie, Masson.

Aphyrique. Dépourvu de phénocristaux.

Automorphe, subautomorphe. Minéral se présentant sous une forme délimitée par des faces cristallines planes.

Dendritique. Cristallisations présentant une structure finement arborescente. La croissance rapide des cristallites de la structure, due à une forte surfusion et/ou une forte sursaturation, s'effectue sur les sommets et les arêtes, conduisant à une géométrie de type fractal.

Doléritique (structure...). Consistant en plagioclases en baguettes visibles, nombreuses et appuyées les unes sur les autres, noyées dans une pâte de cristaux plus petits et parfois du verre.

Enclave. ou xénolite. Fragment de roche arrachée et emballée dans une autre roche.

Enclave enallogène. Enclave d'origine étrangère au magma.

Euhédral, ou euédrique. Subeuhédral. Voir automorphe.

Flamme (*fiammi* en italien). Projection volcanique de petits paquets de lave (centimétriques à pluri centimétriques), dégazés, aplatis et soudés entre eux au sein d'un écoulement de type ignimbritique.

Fluidalité. Caractère d'une roche volcanique où la disposition des constituants (alignements de cristaux, de vacuoles, de petits fragments...) est considérée comme formée pendant une phase d'écoulement.

Hypovolcanique. S'applique aux formations magmatiques qui parviennent jusqu'à proximité de la surface (par exemple quelques centaines de mètres), mais ne l'atteignent pas. Exemple : l'estérellite.

Ignimbrite. Roche formée par accumulation de cendres et de pyroclastes rhyolitiques ou dacitiques, soudés à chaud, auxquels peuvent être associées des « flammes ». Ces formations participent à un type particulier de dynamisme éruptif, explosif, où le liquide magmatique de forte viscosité se trouve intimement pulvérisé par les gaz, et transformé en une véritable émulsion à très haute température. Le caractère explosif se traduit par un écoulement turbulent (coulée pyroclastique) pouvant couvrir de grandes surfaces en remplissant des paléo vallées. En toute rigueur, une coulée ignimbritique doit être distinguée d'une nuée ardente.

Lahar. Coulée boueuse à débris de roches volcaniques de toutes tailles, et qui affecte fréquemment les pentes raides et mal consolidées des volcans. L'analyse pétrographique des roches prélevées dans un lahar doit inclure la prise en compte de la diversité possible des roches mélangées lors de la coulée, y compris du ciment qui les lie entre elles.

Mésostase. Matière interstitielle vitreuse ou très finement cristallisée, remplissant les espaces entre les cristaux, microlites ou phénocristaux.

Miarole, miarolitique. Cavité remplie de minéraux pneumatolytiques, c'est-à-dire résultant d'un transport des minéraux à l'état de vapeur, en général en fin de processus de cristallisation. Observées dans les roches plutoniques, en général granitiques, mais aussi dans des rhyolites fluidales.

Microlites. Petit cristal non visible à l'œil nu, en prisme allongé. Le plus souvent feldspaths.

Phénocristaux. Cristaux visibles à l'œil nu au sein de la pâte.

Piperno. Nom italien donné aux tufs de la région de Naples, et désignant des ignimbrites riches en « fiammi » (flammes).

Porphyrique. Structure présentant des cristaux de grande taille dispersés au sein d'une pâte *aphanitique* (sans cristaux visibles).

Pyroméride. En anglais *spherulitic rhyolite*. Rhyolite fluidale dont la cristallisation partielle ou totale se présente sous la forme de sphérolites.

Saturé, sous-saturé, sursaturé. Une roche est saturée quand elle ne contient pas de feldspathoïdes. Elle est susceptible de faire apparaître du quartz, en tant que silice libre. Si le quartz est abondant, on la dit sursaturée. Sous saturée désigne une roche où les feldspathoïdes sont présents, mais le quartz totalement absent.

Surfusion. Etat métastable d'un liquide magmatique dans lequel ne sont pas encore apparus de cristaux, alors que sa température est inférieure à celle du liquidus (dans le diagramme composition-température, lieu des points séparant le domaine où la phase liquide existe seule, de celui où elle coexiste avec des cristaux).

Vacuoles. Cavité de dimension supérieure au millimètre, vide ou remplie de minéraux différents de ceux de la roche même.

Vésicule. Cavité dans la roche, de dimension largement supérieure au millimètre, de forme irrégulière. Les vésicules se forment au sein du magma dans la cheminée pendant une phase éruptive à caractère explosif. Elles peuvent grossir jusqu'à provoquer la fragmentation de la lave

Bibliographie sommaire

Volcanologie de la chaîne des Puys, Université de Clermont Ferrand, éd. Parc naturel régional des Volcans d'Auvergne

Atlas de pétrologie, J.-F.Beaux et al. Dunod 2012

Référence pour les lames 10435 et 10436 : texte et clichés page 84 et 85

Atlas de géologie-pétrologie, J.-F.Beaux et al. Dunod 2011

Magmatisme et roches magmatiques, B.Bonin et al. Dunod 2011

Référence pour la lame 10411: tableau 3.8 page 161

Détermination des minéraux des roches au microscope polarisant, Marcel Roubault, éditions Lamarre-Pointat, 3^{ème} édition 1982

Atlas de pétrographie, minéraux des roches observés en lame mince. W.S Mac Kenzie et C. Guilford. Masson, 1992

Atlas des roches magmatiques. W.S Mac Kenzie et C. Guilford. Masson, 1995