

l'intègre

ATLAS

BCPST 1^{re} et 2^e années

JEAN-FRANÇOIS BEAUX

JEAN-FRANÇOIS FOGELGESANG

PHILIPPE AGARD

VALÉRIE BOUTIN

Atlas de géologie pétrologie

DUNOD

Maquette intérieure : Yves Tremblay
Photo de couverture : Monte Fossa (Vulcano, îles Éoliennes, Italie)
© akg-images / Alfio Garozzo.

Sauf indication contraire, toutes les photos, illustrations et figures sont la propriété des auteurs.

Les données des tableaux des pages 30 à 44 sont des analyses adaptées de J. Lameyre, *Roches et minéraux*, Doin éditions, 1975 et M. G. Best et E. H. Christiansen, *Igneous Petrology*, Blackwell Science, 2001.

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage. Le Code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements	d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée. Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).
LE PHOTOCOPIAGE TUE LE LIVRE 	

© Dunod, 2015
5 rue Laromiguière, 75005 Paris
www.dunod.com
ISBN 978-2-10-072981-4

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2^e et 3^e a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Cet Atlas de Pétrographie s'adresse en premier lieu à tous les étudiants engagés dans les classes préparatoires aux grandes écoles biologiques et géologiques (classes BCPST et TB) ou en cursus de licence à l'Université.

Le but de cet ouvrage, fruit de l'expérience des auteurs, est double, pour répondre pleinement aux intentions des nouveaux programmes et aux attendus des épreuves, fondés sur l'analyse et l'exploitation de documents. Il vise ainsi à :

- favoriser l'**acquisition des connaissances clés** couvrant la plupart des chapitres des programmes et correspondant aux **domaines majeurs** de la géologie ;
- conforter la maîtrise de très nombreuses **capacités exigibles**, précisément spécifiées dans les programmes, déclinées dans les cours, les séances de travaux pratiques ou les stages de terrain, et faisant l'objet des évaluations de concours.

Construit sous forme de **fiches en double page** et abondamment illustré, cet ouvrage offre une **vision** à la fois **synthétique** et **analytique** sur l'ensemble des **minéraux** et des **roches magmatiques, métamorphiques et sédimentaires**, objets des programmes des classes préparatoires. Des **clés de détermination** placées en fin d'ouvrage en permettent la diagnose.

D'autres **aspects pétrologiques** importants sont également présentés, avec l'objectif d'intégrer les observations effectuées dans la construction de **démarches exigibles**, ainsi par exemple :

- reconstitution de l'**histoire** des roches et des phénomènes géologiques qui les ont affectées ;
- reconstitution de la signification des **figures de déformations** observées à l'échelle de l'échantillon ;
- compréhension de la signification de cortèges de roches, série ophiolitique, série magmatique ou ensembles métamorphiques régionaux.

Des fiches **méthodologiques** permettent aussi le rappel de quelques outils et techniques simples d'observation et d'analyse.

Chaque fiche associe une page de photographies, éventuellement accompagnées de schémas, à une page de texte explicatif et comprend selon les cas :

- **des photographies d'échantillons macroscopiques** ; les exemples retenus, loin d'être exhaustifs, sont volontairement classiques de manière à permettre à l'étudiant de retrouver ceux étudiés en séances de travaux pratiques et à en garantir une révision aisée ;
- **des photographies de lames minces en lumière polarisée non analysée (LPNA) et en lumière polarisée analysée (LPA)** qui complètent l'analyse macroscopique et permettent de préciser ou de confirmer la nature de certaines phases minérales ;
- **un texte explicatif** : celui-ci comporte deux parties en général ; la première est une diagnose raisonnée montrant comment accéder à l'identification de la nature du minéral ou de la roche ; la seconde fournit des enseignements complémentaires, pour donner du sens aux observations réalisées et développer la réflexion et l'application des connaissances.

C'est donc à l'acquisition de ces connaissances, de ces compétences et de ces capacités que vous convie cet ouvrage, dans le cadre des classes préparatoires mais aussi au-delà, pour tous ceux qui sont tentés par les concours de recrutement ou de promotion de professeurs (Agrégations et CAPES externes et internes), ou simplement désireux de mieux comprendre le monde minéral.

Avant-propos	3
--------------------	---

MINÉRAUX

Fiche 1	Le quartz.....	6
Fiche 2	Les feldspaths	8
Fiche 3	Les micas : biotite et muscovite.....	10
Fiche 4	Les amphiboles.....	12
Fiche 5	Les pyroxènes.....	14
Fiche 6	Les olivines.....	16
Fiche 7	Les silicates d'alumine (I) : l'andalousite et la sillimanite	18
Fiche 8	Les silicates d'alumine (II) : le disthène et la staurotide	20
Fiche 9	Les grenats et la chlorite	22
Fiche 10	La calcite et les épidotes	24

ROCHES MANTELLIQUES ET MAGMATIQUES

Fiche 11	Classification des roches magmatiques et mantelliques (I).....	26
Fiche 12	Classification des roches magmatiques et mantelliques (II).....	28
Fiche 13	Les basaltes tholéitiques et alcalins	30
Fiche 14	Les gabbros.....	32
Fiche 15	Les andésites	34
Fiche 16	Les granodiorites.....	36
Fiche 17	Les trachytes	38
Fiche 18	Les rhyolites	40
Fiche 19	Les granites.....	42
Fiche 20	Les péridotites	44
Fiche 21	Les enclaves dans les roches magmatiques.....	46
Fiche 22	Les contacts entre roches magmatiques et encaissant et entre roches magmatiques.....	48
Fiche 23	Roches plutoniques et ordre de cristallisation.....	50
Fiche 24	Plagioclases zonés et cristallisation.....	52

ROCHES SÉDIMENTAIRES

Fiche 25	Classification des roches sédimentaires (I).....	54
Fiche 26	Classification des roches sédimentaires (II).....	56
Fiche 27	Les conglomérats : brèches et poudingues.....	58
Fiche 28	Les grès	60
Fiche 29	Les marnes et les argilites.....	62
Fiche 30	Les calcaires coralliens ; les calcaires à stromatolithes.....	64
Fiche 31	Les calcaires coquilliers.....	66
Fiche 32	Les calcaires oolithiques ; les calcaires à Nummulites	68
Fiche 33	Les calcaires pélagiques (calcaires planctoniques)	70
Fiche 34	Les évaporites	72
Fiche 35	Les figures sédimentaires (I) : stratifications et litages.....	74
Fiche 36	Les figures sédimentaires (II) : rides symétriques et asymétriques.....	76
Fiche 37	Les figures sédimentaires (III).....	78

ROCHES ET DÉFORMATIONS

Fiche 38	Analyse de la déformation : généralités	80
Fiche 39	L'analyse de déformations cassantes	82
Fiche 40	La déformation cassante : des marqueurs du mouvement	84
Fiche 41	Schistosités, linéations, plan XZ	86
Fiche 42	La déformation ductile et les structures associées au cisaillement.....	88
Fiche 43	Le sens de cisaillement et les structures C/S	90

ROCHES MÉTAMORPHIQUES

Fiche 44	Les informations des roches métamorphiques	92
Fiche 45	Les schistes ardoisiers et sériciteux	94
Fiche 46	Les micaschistes	96
Fiche 47	Les gneiss : orthogneiss et paragneiss.....	98
Fiche 48	Les migmatites ou anatexites	100
Fiche 49	Les cornéennes et les marbres.....	102
Fiche 50	Les amphibolites	104
Fiche 51	Les schistes bleus	106
Fiche 52	Les éclogites	108
Fiche 53	Les transformations successives d'une métabasite ; le chemin (P,T,t)	110
Fiche 54	Les transformations successives d'une métapélite ; le chemin (P,T,t)	112
Fiche 55	Les transformations successives d'une quartzite à grenat et coésite : le chemin (P,T,t)...	114

CORTÈGE DE ROCHES ET HISTOIRE

Fiche 56	Les complexes ophiolitiques	116
Fiche 57	Les séries magmatiques	118
Fiche 58	Les faciès sédimentaires et la reconstitution paléogéographique	120
Fiche 59	Les figures sédimentaires au sein du flysch (I)	122
Fiche 60	Les figures sédimentaires au sein du flysch (II)	124
Fiche 61	La détermination d'un gradient métamorphique (I) : exemple des métapélites	126
Fiche 62	La détermination d'un gradient métamorphique (II) : exemple de metabasites alpines..	128

ROCHES ET RESSOURCES NATURELLES

Fiche 63	Ressources naturelles : quelques exemples	130
----------	---	-----

MÉTHODES D'ÉTUDE

Fiche 64	L'analyse d'une roche à l'échelle macroscopique.....	132
Fiche 65	Le microscope polarisant et l'analyse des lames minces	134
Fiche 66	La confection d'une lame mince de roche	136
	Clé de détermination (I) du type de roche à partir d'un examen macroscopique	138
	Clé de détermination (II) des roches mantelliques et magmatiques à partir d'un examen macroscopique	139
	Clé de détermination (III) des roches sédimentaires à partir d'un examen macroscopique	140
	Clé de détermination (IV) des roches métamorphiques à partir d'un examen macroscopique	141
	Index	142

Quartz améthyste en géode



Cristaux automorphes de quartz (géode)



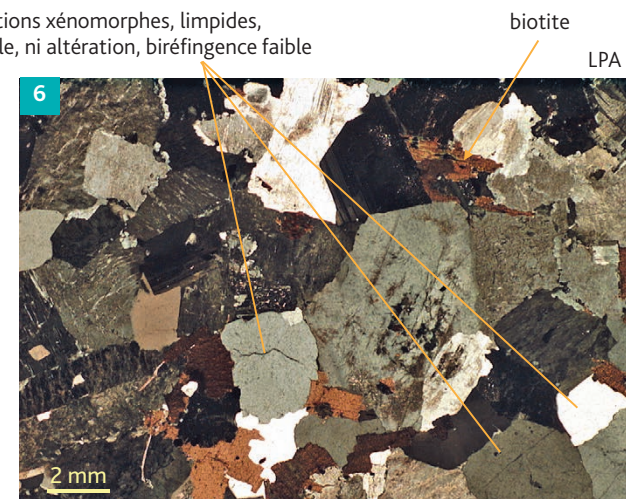
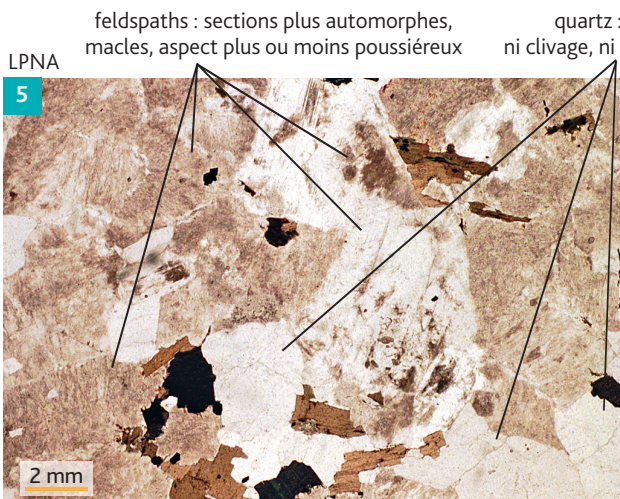
Veines de quartz dans une formation schisteuse



Quartz dans un granite



Quartz et feldspaths dans un granite



Caractères généraux

Caractères macroscopiques

Le quartz a pour formule chimique SiO_2 . Il peut s'observer aisément en masse lorsqu'il forme des **géodes** (photo 1) dans certaines roches, avec des cristaux bien développés (photo 2). Le cristal de roche ou quartz hyalin correspond à des cristaux incolores (photo 2). Mais de nombreuses variétés sont colorées du fait d'impuretés, à l'exemple du quartz violet ou **améthyste** (traces de Mn et de Fe^{3+}) (photo 1). Le quartz peut également constituer des **veines** au sein de formations variées (photo 3).

Dans les roches, le quartz forme généralement des cristaux de petite taille. Ceux-ci sont incolores à grisâtres, limpides, avec un aspect de **gros sel** (photo 4). L'éclat est gras, vitreux, et la cassure conchoïdale. Sa dureté est de 7 : il raie l'acier et le verre. Le quartz est un minéral très peu altérable.

Caractères microscopiques

- **En LPNA** (photo 5), le **quartz** apparaît sous forme de **plages très limpides**, ne présentant ni macles, ni clivages, ni traces d'altération. Son relief est faible ce qui rend ces plages quasiment invisibles en lame mince. Les **cristaux** sont le plus souvent **xénomorphes**, en sections de petite taille sans forme définie. Certaines roches comme les rhyolites peuvent cependant montrer des cristaux presque automorphes.
- **En LPA** (photo 6), le quartz a une **biréfringence faible**, avec des teintes de polarisation dans les blancs ou les gris. Certains cristaux peuvent montrer une extinction roulante qui atteste de déformations.

Enseignements complémentaires

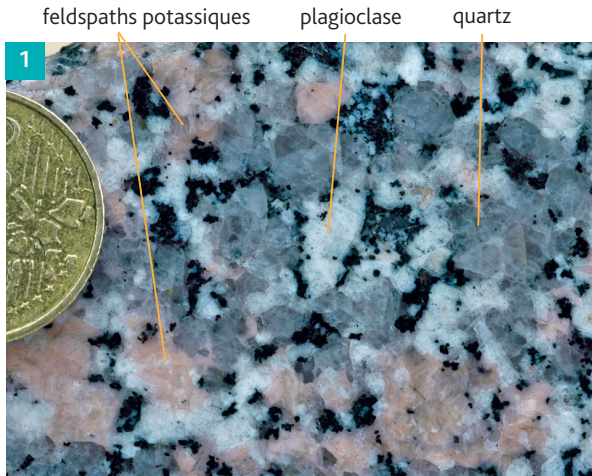
Particularités

- **Distinction quartz/feldspaths** : Dans de nombreuses roches, le quartz coexiste avec des **feldspaths**. Tous ces minéraux ont en commun d'être incolores en LPNA, d'avoir un relief faible à nul et de polariser dans des teintes blanches à grises (photos 5 et 6). Toutefois :
 - en masse, le quartz ressemble à du gros sel, les feldspaths étant souvent blancs ou roses (photo 4) ;
 - le quartz est le plus fréquemment xénomorphe alors que les feldspaths sont souvent en cristaux automorphes ; les sections limpides du quartz se distinguent des sections de feldspaths alcalins fréquemment poussiéreuses du fait de leur altérabilité ; les feldspaths présentent des macles et des clivages, ce que ne possède pas le quartz.
- **Signification des compositions chimiques** : Les roches magmatiques sont essentiellement constituées de minéraux silicatés et le principal oxyde donné dans l'analyse est toujours SiO_2 . Il faut bien comprendre que cette silice obtenue dans l'analyse est la somme de la silice de l'ensemble des minéraux silicatés. Le quartz correspond alors à la seule **silice libre, non combinée**. Il ne sera présent que lorsque la quantité de silice totale excède la quantité qui peut se combiner avec tous les autres éléments. C'est la signification du terme « **saturé** » en silice. Une roche magmatique n'exprime du quartz que lorsque son pourcentage de silice dépasse une certaine valeur, de l'ordre de 50 à 55 % de SiO_2 à l'analyse.

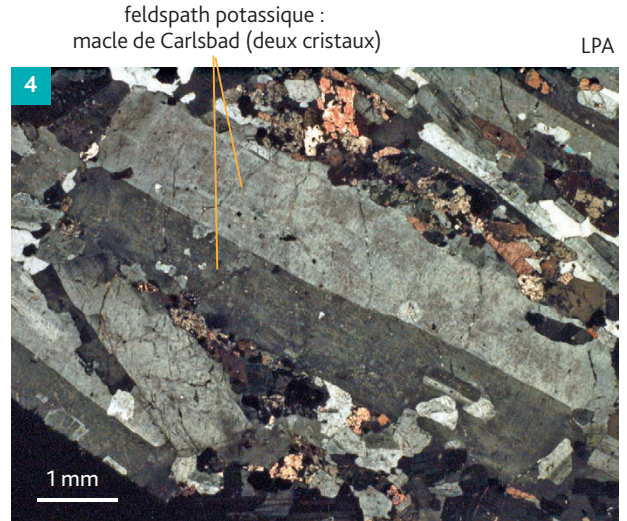
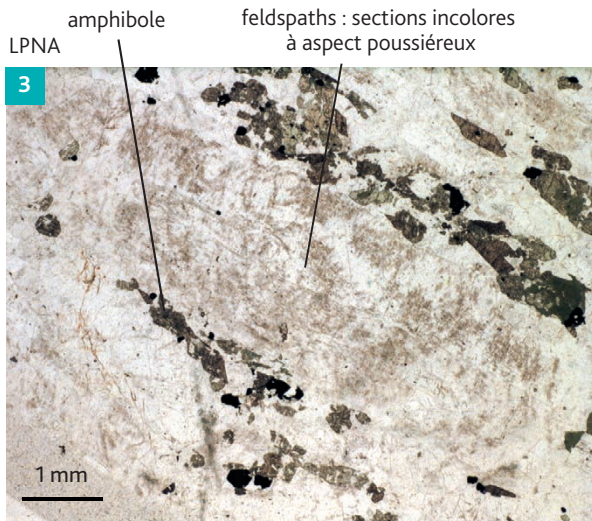
Gisements

Le quartz est un minéral très fréquent dans les **roches magmatiques, métamorphiques** ou **sédimentaires**. Il caractérise les roches magmatiques saturées en silice (granites, rhyolites...). Dans les roches métamorphiques, du fait de sa stabilité sur un large domaine de pression et de température, il peut constituer des minéraux initiaux ou résulter de recristallisations à partir de silice libérée par d'autres réactions. Peu altérable, il est aussi abondant dans les roches sédimentaires détritiques (grès siliceux).

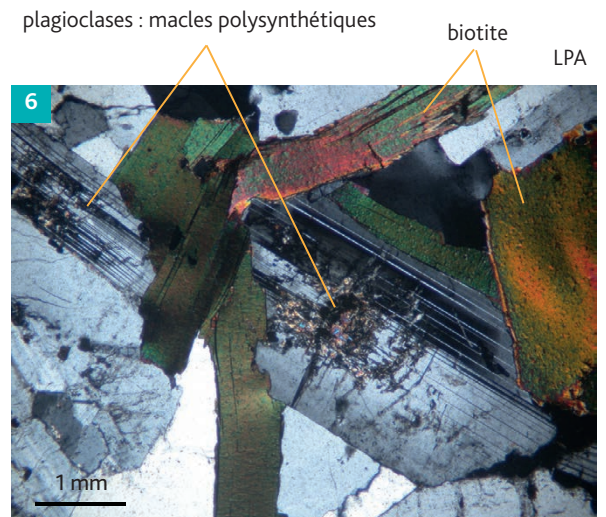
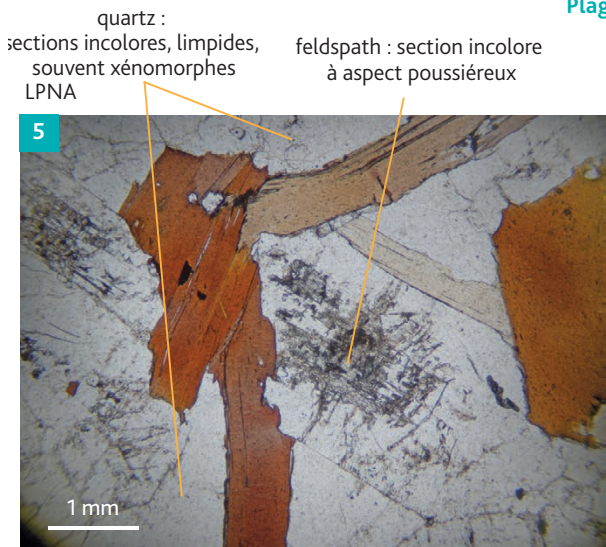
Feldspaths dans des granites



Feldspaths potassiques



Plagioclases



Caractères généraux

Les feldspaths correspondent à un ensemble de minéraux formant deux séries entre trois pôles majeurs qui sont : KAlSi_3O_8 , $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ et $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$. Ces trois pôles sont respectivement représentés par l'**orthose** ou la **sanidine** (feldspath potassique des roches volcaniques), l'**albite** et l'**anorthite**. La série entre les pôles potassique et sodique définit les **feldspaths alcalins**, la série entre les pôles sodique et calcique, les **plagioclases**. Toutes les compositions existent entre albite et anorthite, les plagioclases constituant un bon exemple de système binaire 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.

Caractères macroscopiques

Les feldspaths sont des **minéraux clairs** (photo 1). Ils apparaissent fréquemment en cristaux automorphes de **couleur blanche**. Les feldspaths alcalins de type orthose peuvent être **roses** alors que les plagioclases prennent parfois des teintes verdâtres lorsqu'ils sont altérés. L'éclat des feldspaths est plus ou moins vitreux et leur dureté est de 6 ; **ils rayent donc l'acier**. Ils montrent par ailleurs des plans de clivage reconnaissables par leur éclat.

Les feldspaths alcalins de type orthose ou sanidine (feldspath alcalin des roches volcaniques) sont souvent caractérisés par une **macle de Carlsbad**, repérée par l'éclat différent des deux cristaux associés (photo 2).

Caractères microscopiques

- En LPNA (photos 3 et 5), les feldspaths sont **incolores** et leur relief est **faible**. Ils présentent souvent un aspect **poussiéreux** ou moucheté qui traduit leur altérabilité.
- En LPA (photos 4 et 6), les feldspaths présentent toujours une **biréfringence faible** donnant des teintes ne dépassant pas les gris clairs à blancs. Les feldspaths alcalins de type orthose peuvent montrer des **macles de Carlsbad** associant deux cristaux (photo 4). Les plagioclases s'identifient à leurs **macles polysynthétiques** (photo 6), formées de cristaux répétés et à l'origine de l'aspect typique en rayures. Les **cristaux** de plagioclases sont parfois **zonés**.

Enseignements complémentaires

Particularités

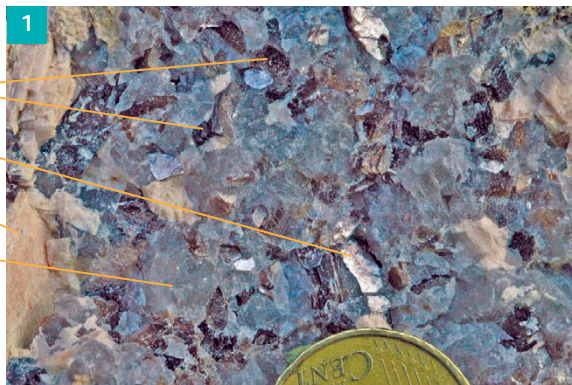
- **La position de l'albite** : les feldspaths alcalins sont les feldspaths renfermant les éléments alcalins sodium ou potassium. L'albite, pôle sodique, appartient ainsi à la série des feldspaths alcalins et à la série des plagioclases. Dès que la composition s'écarte du pôle sodique vers le pôle calcique, les feldspaths se rattachent exclusivement à la série des plagioclases.
- **Les perthites** : dans certains granites, il est possible que les cristaux d'orthose montrent en LPA des plages parallèles, repérables à leur relief légèrement différent. Toutes ces plages présentent une même teinte de polarisation, différente de celle du cristal-hôte, car elles sont constituées par l'albite et sont incluses dans l'orthose. Ces associations d'albite et de feldspath potassique sont des **perthites** (voir fiche 19, photo 5).

Gisements

Les feldspaths sont des minéraux présents dans presque toutes les roches magmatiques : les **plagioclases proches du pôle calcique** (anorthite) se rencontrent dans les roches basiques de type basalte ou gabbro. Les faciès plus différenciés (diorite, andésite...) renferment des plagioclases de composition intermédiaire entre pôles calcique et sodique. Les **feldspaths potassiques** (orthose et sanidine) sont abondants dans les granites ou dans les rhyolites où ils peuvent être accompagnés de plagioclases de type albite.

Biotite et muscovite dans un granite

biotite
muscovite
feldspath alcalin
quartz

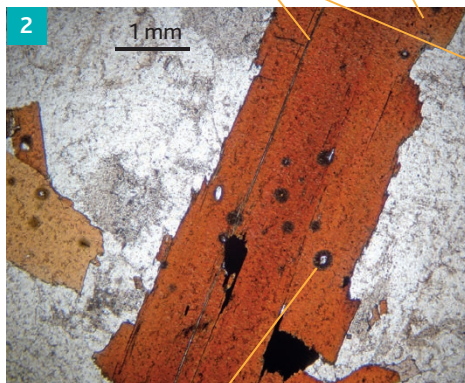


Biotite dans un granite

cristal automorphe pléochroïque

clivages

LPNA

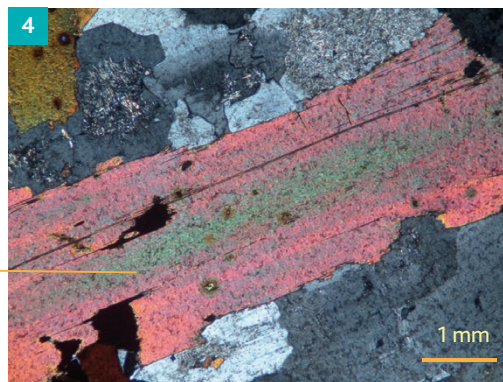


auréole noire autour d'un cristal de zircon

aspect moiré



LPNA

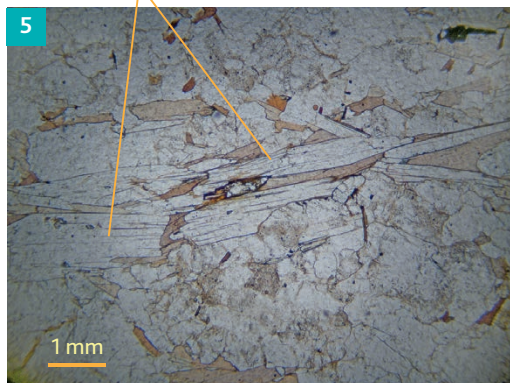


LPA

Muscovite dans un micaschiste

relief moyen

LPNA



teintes de polarisation vives, souvent bleues

LPA

