

Zeitschrift: Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie
Band: 44 (1964)
Heft: 1

Artikel: Feldspaths "zonés" dans les enclaves du granite du massif du Mont-Blanc
Autor: Oulianoff, Nicolas
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-34332>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 27.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Feldspaths „zonés“ dans les enclaves du granite du massif du Mont-Blanc

Par *Nicolas Oulianoff* (Lausanne)

Avec 12 figures dans le texte

Abstract

The present paper describes the horn-stones of the inclusions found in the granite of the Rognons, a rocky spur in the Glacier du Géant (Mont Blanc massif). These rocks contain numerous porphyroblasts of microcline of a "zoned" structure. The central part of the crystals consists of clear microcline and is surrounded by a swarm of microscopic crystals, which were pushed out by the microcline during its growth. Chemical analyses corroborate our conception about the formation of that microcline and the origin by anatexis of the Mont Blanc granite.

Les enclaves dans le granite¹⁾ du Mont-Blanc sont nombreuses. Aussi leur composition pétrographique est variée. J'ai eu déjà l'occasion d'en parler dans les notices explicatives accompagnant les feuilles de la carte géologique du massif du Mont-Blanc (CORBIN et OULIANOFF, 1927—1964). D'autre part, j'ai décrit un faciès particulier que l'on trouve dans le Rognon de la Charpoua (Feuille de Talèfre de la carte géol. du massif du Mont-Blanc au 1 : 20 000). Ces enclaves sont remarquables par leur grande basicité et par le fait que la roche ignée qui en procéda par voie d'anatexie est de nature dioritique (CORBIN et OULIANOFF, 1937). J'ai attiré l'attention, dans la conclusion de cette note sur le fait que les zones fortement basiques ne sont pas fréquentes

¹⁾ Le terme „protogine“ ne figurera pas dans ce texte. Les roches du massif du Mont-Blanc appelées autrefois „protogine“, appartiennent pratiquement à la grande famille de roches granitiques. Ceux qui s'intéressent aux détails de ce problème terminologique, trouveront l'explication correspondante dans mon texte consacré à la „Protogine“ dans le „Lexique stratigraphique suisse“. (Sous presse.)

dans le noyau proprement granitique du Mont-Blanc. Par contre, la couverture cristallophyllienne contient, dans sa prolongation vers le SW, de puissantes zones de roches basiques; l'une d'elles, particulièrement importante, est enregistrée dans la feuille de Tré la Tête de la carte géologique du massif du Mont-Blanc au 1 : 20 000.

Dans la plupart des cas, l'aspect minéralogique des enclaves correspond à celui du granite du Mont-Blanc. Cela est démontré par la comparaison de la proportion des minéraux constitutifs principaux: quartz, feldspaths (alcalins et calco-sodiques), micas (essentiellement de la biotite, fréquemment chloritisée).

Les cornéennes de la région des deux Rognons (le Petit et le Grand) qui émergent du puissant glacier du Géant (voir fig. 1) donnent lieu aux mêmes considérations. Et ce sont quelques particularités de feldspaths qui font partie de ces cornéennes dont nous allons nous occuper.

Avant d'aller plus loin, il importe de définir ce que l'on entend par „cornéenne“. Pour moi, ce terme ne comporte aucune signification chimique ni minéralogique, mais il évoque un aspect qui tient à la *texture* de la roche. Son évolution en a fait un amas de grains fins, silicatés en majorités, dont la compacité confère à l'ensemble une grande dureté et détermine une cassure plus ou moins conchoïdale, bref une manière

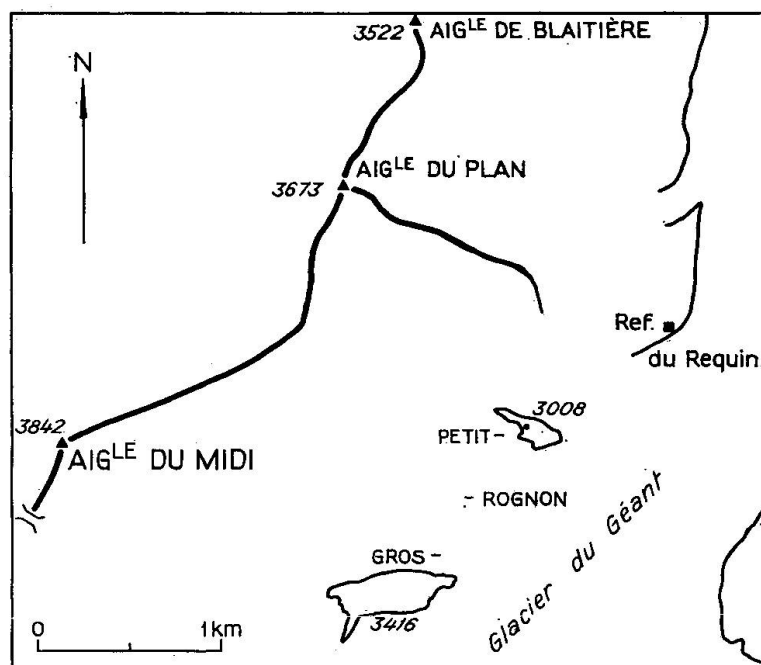


Fig. 1. Situation de deux Rognons, le Gros et le Petit, sur le glacier du Géant (massif du Mont-Blanc).

d'être qui rappelait la corne aux anciens pétrographes. De là son nom de cornéenne qu'il n'est pas urgent de changer pourvu qu'on lui donne un sens précis.

Nos cornéennes sont d'anciennes roches sédimentaires transformées, par recristallisation. Or — les sédiments, après la diagenèse, restent lités, sinon stratifiés. Il est évident que plus ceux-ci sont homogènes, plus la roche qui en dérive aura l'aspect d'une cornéenne après recristallisation. Cependant, ce n'est que rarement que le litage disparaît complètement. Dans la plupart des cas, il est seulement plus ou moins oblitéré. Tels sont les caractères des cornéennes des Rognons du glacier du Géant. Mais tout ce qui est dit plus haut se rapporte uniquement à la masse fondamentale de la roche. L'aspect de ces cornéennes est modifié par la présence de gros cristaux de feldspaths dont le calibre dépasse de beaucoup le diamètre moyen des grains de la masse. C'est cette différence frappante qui permet de parler de cristaux géants (fig. 2, 3, 4, 5, 6).

La stratification des cornéennes n'est guère visible à l'œil nu (fig. 2). Cependant dans une pâte apparemment dépourvue d'orientation, la disposition des porphyroblastes trahit sa présence (fig. 5). Mais le microscope permet de déceler le passage, par des progressions très subtiles, des cornéennes compactes à celles dont le litage est patent. La stratification est alors soulignée par l'alternance de lits riches en quartz avec d'autres dans lesquels dominent le feldspath et le mica. C'est ainsi que l'on rencontre dans cette zone des faciès qui permettent de classer la roche dans la catégorie des gneiss, d'autant plus que les porphyroblastes y abondent (fig. 3).

Le faciès pétrographique (mineral facies d'ESKOLA, 1939) des cornéennes qui nous intéressent est caractérisé par la présence de trois minéraux essentiels: 1) du quartz, 2) du feldspath et 3) du mica.

Les feldspaths peuvent être alcalins ou calcosodiques; il est rare que l'un des groupes soit représenté à l'exclusion de l'autre.

Dans la plupart des échantillons récoltés, le feldspath alcalin domine sur les plagioclases. Le microcline est plus fréquent que l'orthose. Mais l'intervention de l'albite n'est pas rare non plus, notamment en association perthitique. Les feldspaths alcalins sont souvent maclés, de préférence suivant la loi de Carlsbad (fig. 10). Quant aux plagioclases, ils sont représentés par des individus d'oligoclase-andésine et sont maclés polysynthétiquement suivant la loi de l'albite. La biotite domine sur la muscovite (et la séricite). Par sa nature chimique, la biotite est proche de l'eastonite (2 V étant presque 0). Pléochroïsme: X = incolore, Y et Z = brun rougeâtre. La biotite est en général peu chloritisée sauf dans

quelques zones où la chloritisation est très avancée ou même totale. Presque tous les cristaux de biotite contiennent des baguettes de rutile.

Parmi les minéraux accessoires, la première place revient au groupe de l'andalousite et de la sillimanite. Par endroits, ces minéraux sont si amplement représentés, qu'ils y jouent le rôle de minéraux essentiels. Ils tirent leur substance, au moins partiellement, des rebuts de la formation des feldspaths géants. L'andalousite en petits cristaux courts, et la sillimanite en baguettes ou en fibres, forment souvent des accumulations spongieuses.

Parmi les minéraux accessoires il faut encore citer: l'épidote, en petits cristaux disséminés, les carbonates (d'origine secondaire), le sphène, l'ilménite en grains isolés et presque toujours entourée d'une auréole de leucoxène. Enfin, il y a dans la grande majorité des coupes minces, 2 ou 3 grains d'allanite, et quelques grains d'apatite et de zircon.

La grosseur des grains formant la pâte des cornéennes est éminemment variable. Quelques mesures permettent d'estimer à 0,12 mm leur diamètre moyen. La proportion du quartz (Q), des feldspaths (F) alcalins et calco-sodiques et de la biotite (B) est variable. Voici quelques exemples (en pour-cent) ne tenant compte que de la pâte, donc abstraction faite des porphyroblastes et des accumulations localisées d'andalousite et de sillimanite:

$$Q : F : B = (50 : 25 : 25); (45 : 40 : 15); (55 : 30 : 15); (40 : 35 : 25); \\ (20 : 40 : 40).$$

En moyenne, nous obtenons: $Q : F : B = 42 : 34 : 24$.

Pour avoir une idée de la composition minéralogique globale des roches considérées, il faut maintenant tenir compte de la présence des porphyroblastes feldspathique, de l'andalousite et de la sillimanite (A S), de l'ilménite avec ou sans leucoxène (I L). La moyenne de plusieurs déterminations faites à l'aide de la platine d'intégration fournit les résultats suivants:

$$Q : F : B : AS : IL = 27 : 46 : 19 : 7 : 1.$$

Les cornéennes dans les Rognons émergeant du glacier du Géant ne sont pas de constitution minéralogique uniforme: les unes sont de couleur claire; d'autres sont de teinte plus foncée.

C'est principalement, la proportion de la biotite qui est en jeu pour produire ces variations.

Nous arrivons maintenant à la particularité de ces cornéennes qui, dès le premier coup d'œil, attire l'attention de l'observateur, à savoir



Fig. 2. Cornéenne à gros porphyroblastes de microcline.

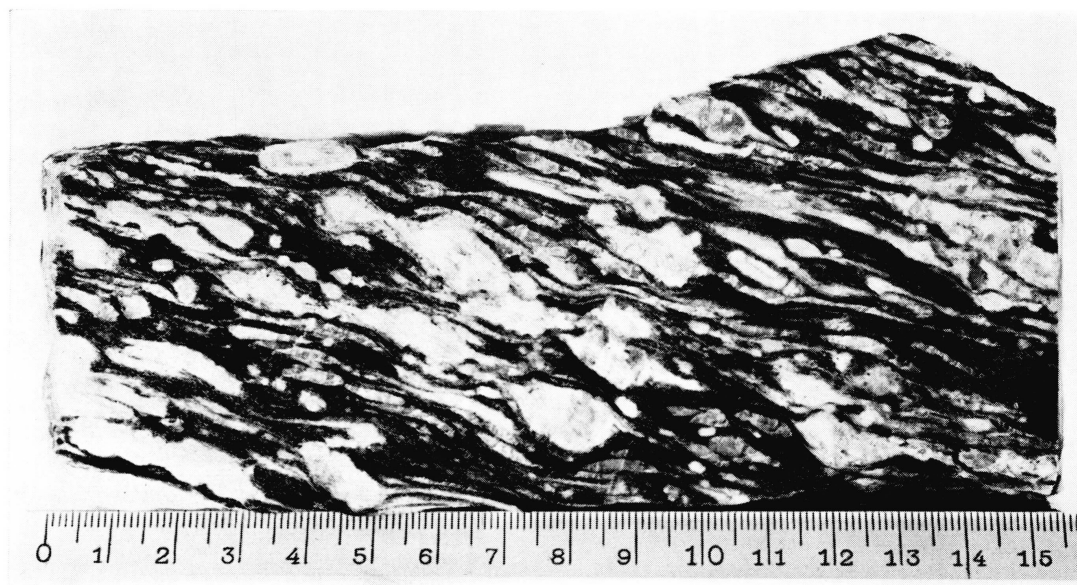


Fig. 3. Dans certaines zones des affleurements, les cornéennes sont étirées, écrasées et prennent le faciès des gneiss.

la présence de grands cristaux de feldspath ayant une structure manifestement „zonée“.

J'hésite à donner à ces gros feldspaths le nom d'„yeux“, que je ne trouve pas assez descriptif, surtout quand il s'agit de feldspaths comme

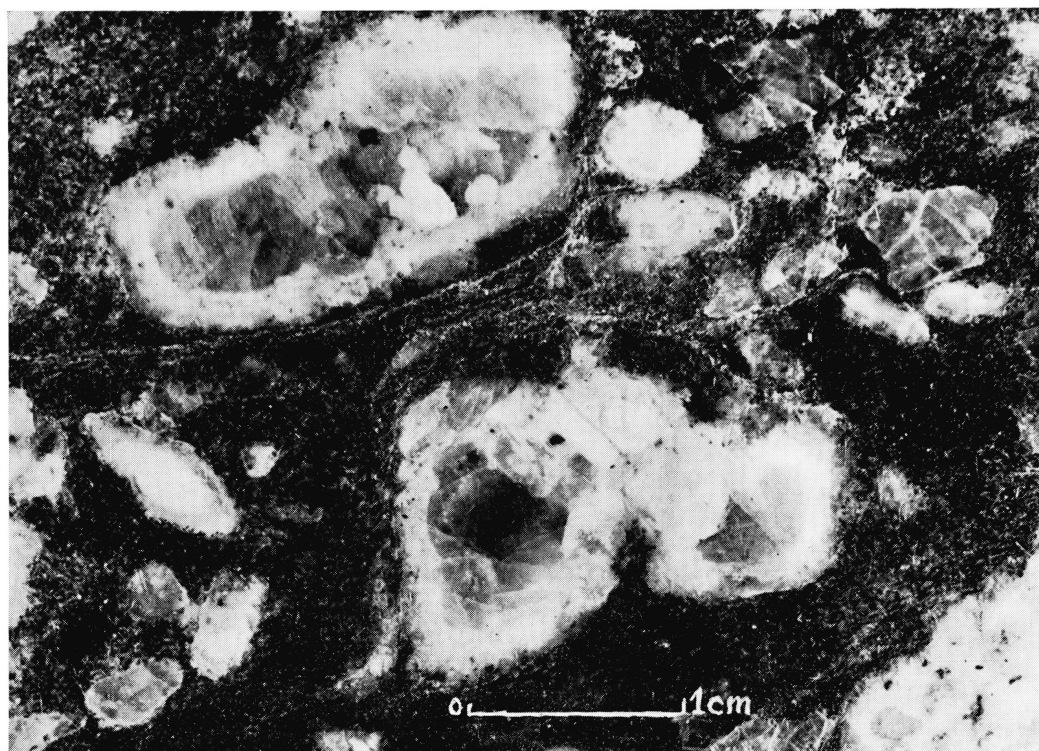


Fig. 4. Détail d'une surface polie mettant en évidence la structure zonée des porphyroblastes.

ceux des fig. 4 et 5; ceux des fig. 3 et 6 dont les extrémités sont étirées comme les roches nettement schisteuses qui les renferment, sont grossièrement oculiformes. Le remplissage de ces „yeux“ n'est pas toujours fait d'un cristal unique, mais parfois d'un groupe de 2, 3 cristaux ou davantage.

Les dimensions des cristaux géants sont très variables. On trouve des porphyroblastes de 1—2 mm. de longueur, tandis qu'ailleurs se rencontrent de nombreux porphyroblastes dépassant 3 cm. en longueur. Le rapport (longueur : largeur) varie entre 2,5 et 3,2. Résultant de plusieurs mesures, la moyenne s'exprime par 2,8.

Le problème des gneiss œillés occupe, depuis de longues années, les pétrographes et les géologues. Que la solution générale n'en soit pas encore trouvée, les définitions données par différents auteurs le montrent déjà clairement. On sait, par exemple, que pour certains géologues, l'emploi dans la légende d'une carte géologique du terme „gneiss œillés“, qui devrait rester une simple désignation de faciès, implique déjà l'idée de leur origine ignée.

Mais, comme le dit très justement H. READ (1957, p. 32): „The signi-

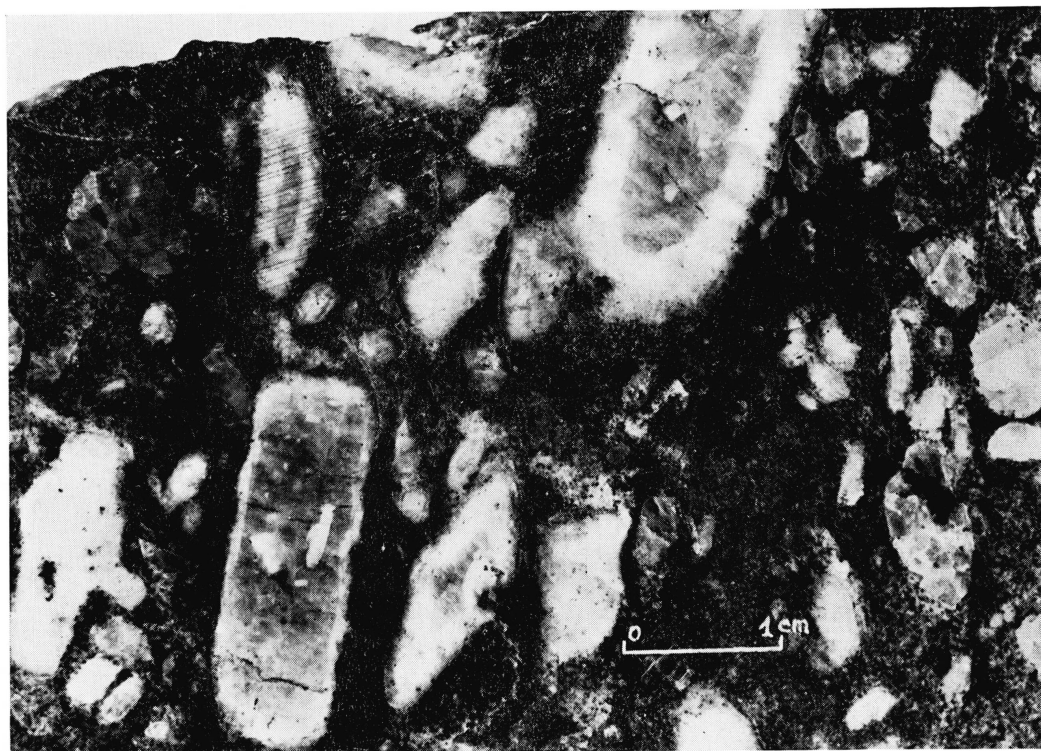


Fig. 5. Polie et éclairée comme la précédente (fig. 4), cette préparation montre combien varie d'un porphyroblaste à l'autre l'épaisseur de leur bordure opaque (en blanc dans la photo). Il suffit pour s'en assurer de comparer entre eux les deux spécimens majeurs placés symétriquement par rapport au centre de figure. En outre, dans tous les deux s'affirme une tendance à réaliser leur forme cristalline. Il en est de même pour le losange étiré qui est le voisin de droite du grand feldspath inférieur.

ficance of an augen-texture may be revealed only after detailed field and laboratory studies."

Si la genèse des „gneiss œillés“ tarde à recevoir une explication acceptable par tous les pétrographes, c'est, à mon avis, à cause de la croyance trop répandue que la feldspathisation a pour condition *nécessaire* un apport d'alcalis venant de foyers granitiques proches ou lointains.

L'abondance (relative) de la soude dans la composition chimique d'une roche donnée passait naguère pour un argument prétendu irréfutable pour trancher la question de son origine et notamment en faveur de son attribution à la série des roches *ortho*.

Je me bornerai à considérer, dans la suite, le cas des roches sédimentaires qui peuvent subir par recristallisation une transformation en cornéenne ou en „gneiss œillé“.

Les feldspaths des cornéennes de Rognons ne sont pas les seuls à

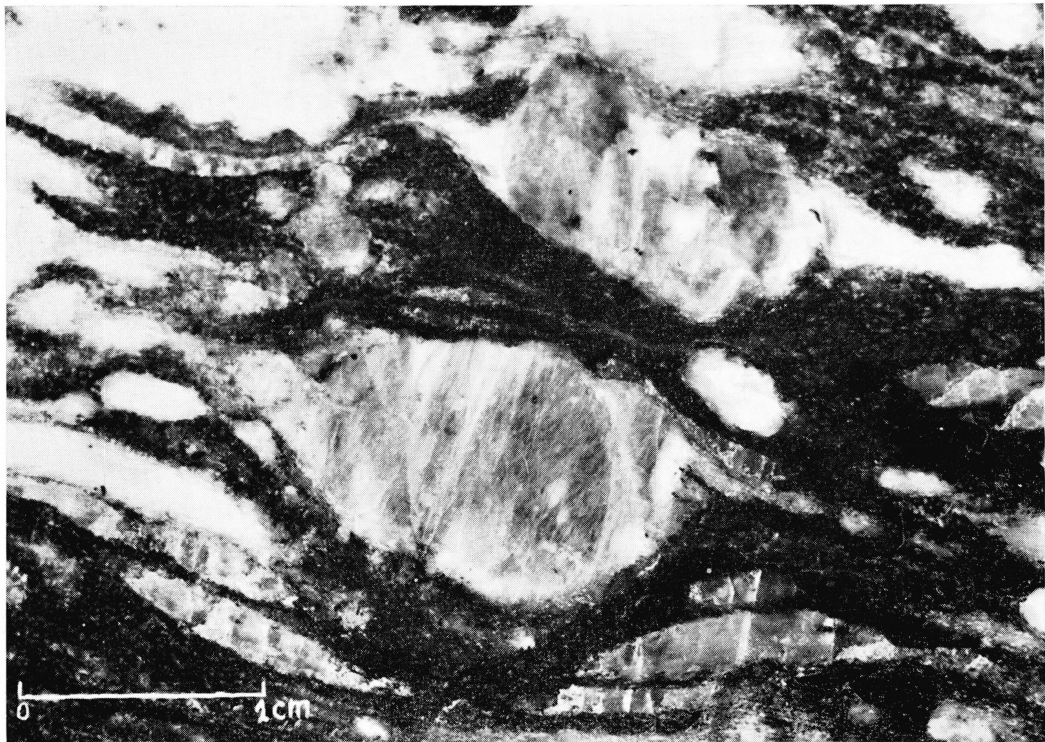


Fig. 6. Porphyroblastes de la partie schisteuse des enclaves. Des cassures nombreuses traversent les microclines.

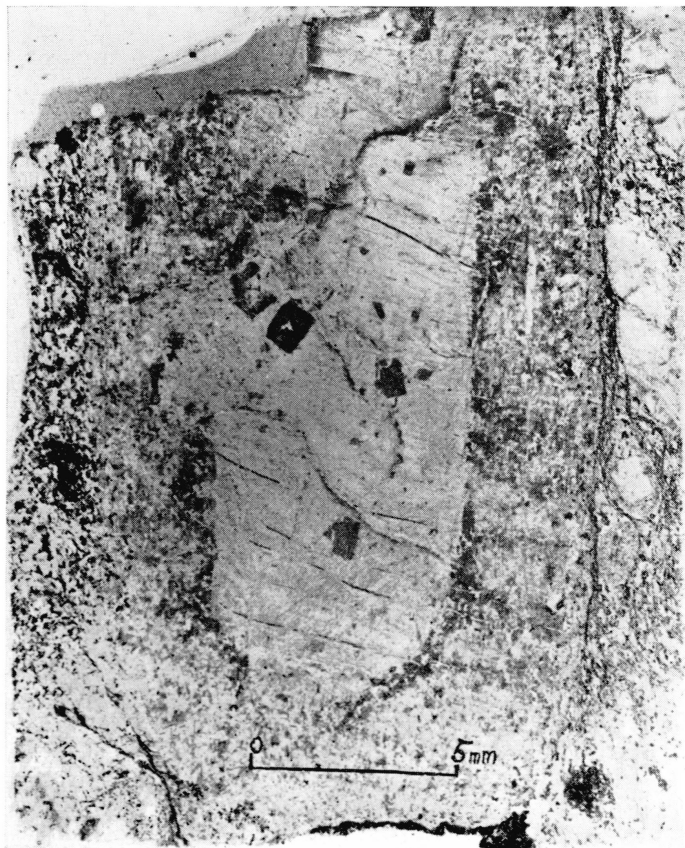


Fig. 7. Un porphyroblaste presque isolé avec deux minces tranches de la roche ambiante. Elles sont: à gauche = finement cristallisée, à droite = contenant plusieurs petits porphyroblastes. La photo est prise en lumière réfléchie, la coupe mince étant posée sur un fond blanc.

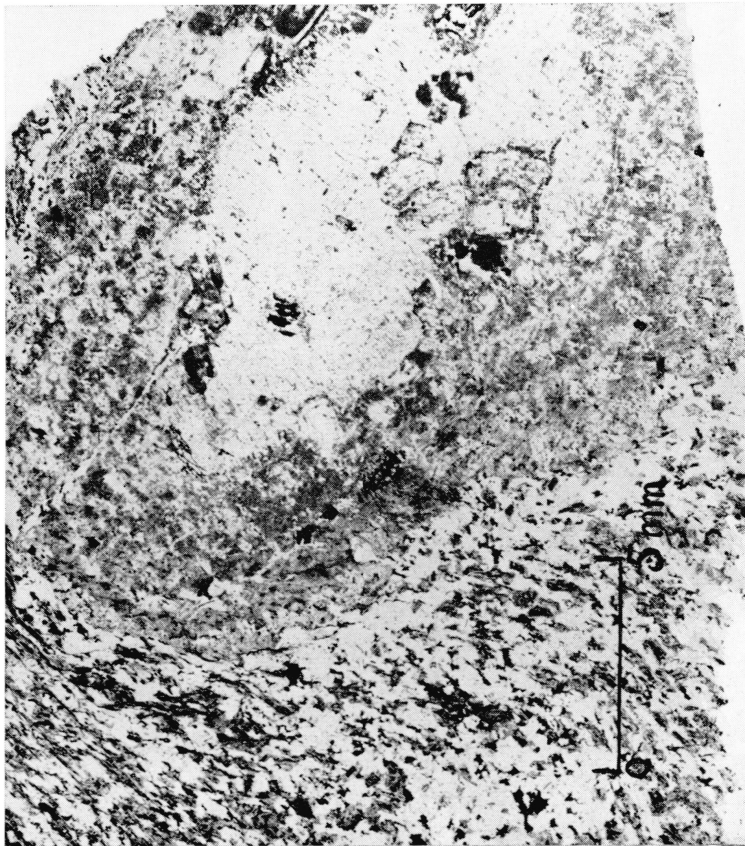


Fig. 8. Le cas est sensiblement pareil à celui de la fig. 7 et photographié dans les mêmes conditions. Le gros microcline se trouve dans une ambiance microcristalline plus homogène que dans le cas de la fig. 7. La zone de refoulement est aussi plus large.

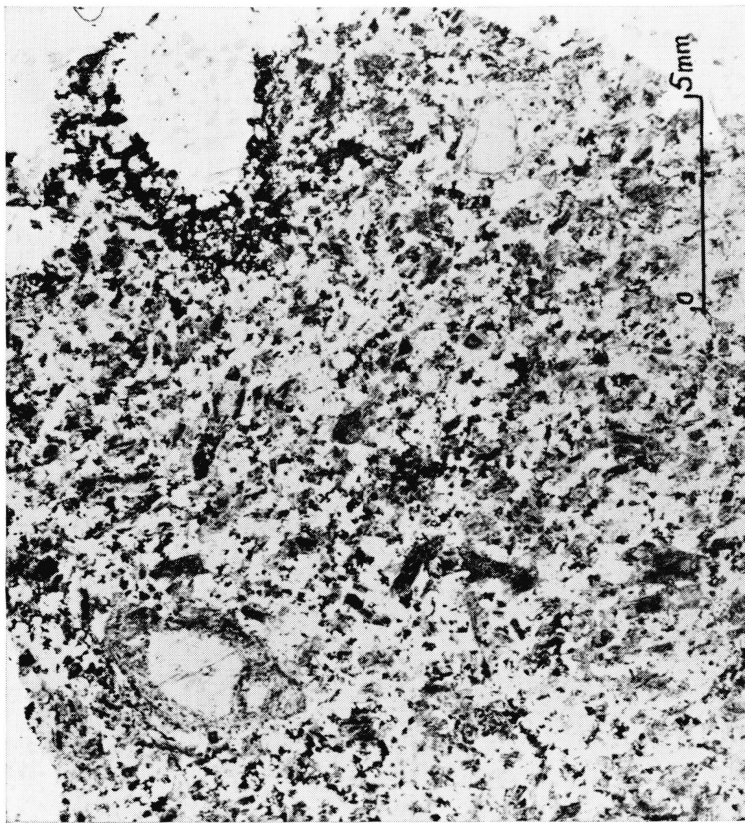


Fig. 9. Une coupe mince photographiée dans les conditions indiquées pour la fig. 7. On distingue deux porphyroblastes: en haut à gauche — un microcline et en haut à droite — un quartz. Tous les deux sont ceints d'auroles faites de petits grains refoulés.

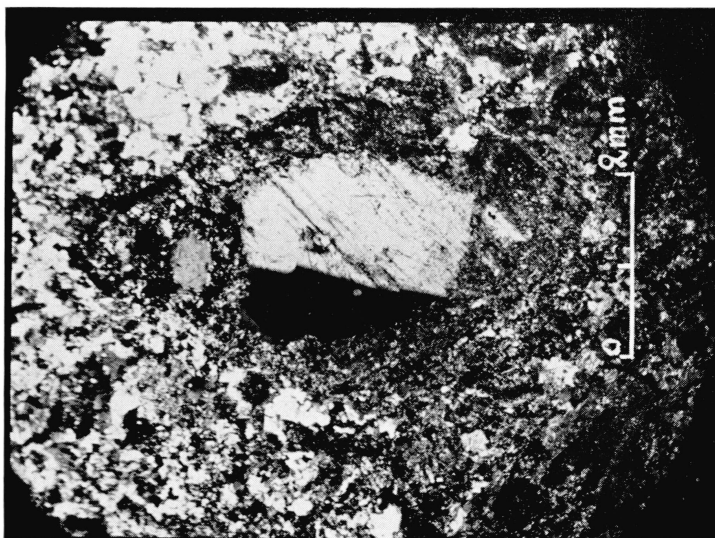


Fig. 10. Le microcline visible sur la fig. 9, en haut à gauche, est photographié sous le microscope entre nicols croisés.

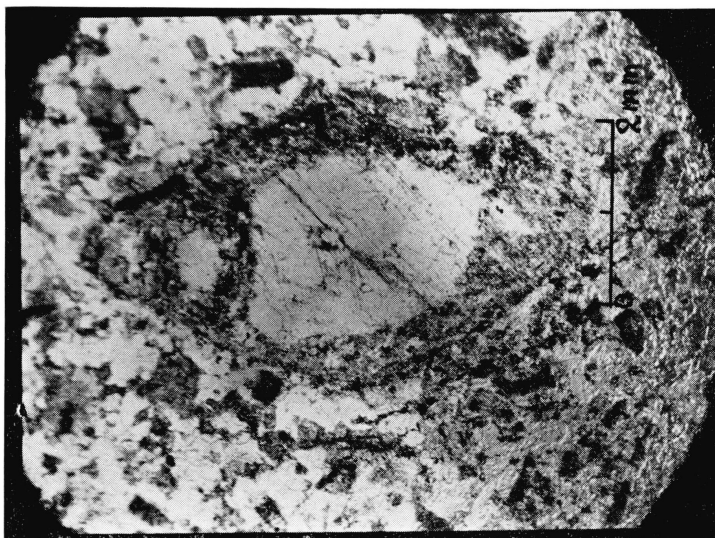


Fig. 11. Le même microcline que sur la fig. 10, mais vu sans analyseur.

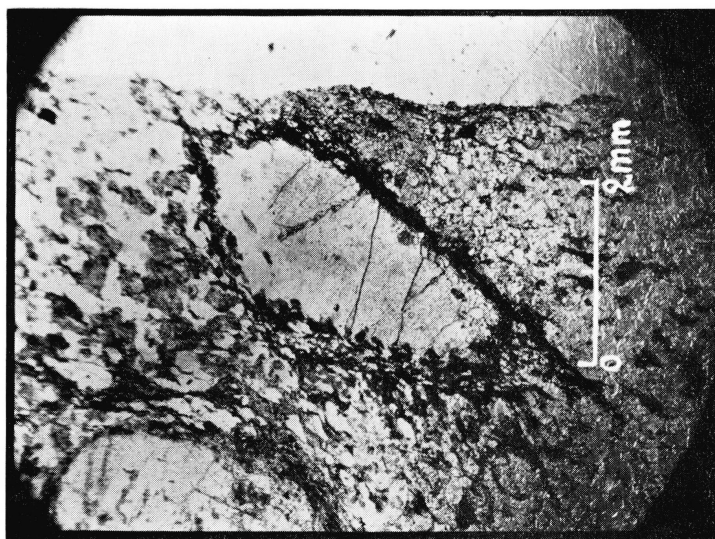


Fig. 12. Un grain de quartz en voie de croissance, avec l'auréole d'impuretés refoulées.

constituer des cristaux de forte taille: la même tendance se manifeste dans le quartz, mais à un degré moindre: les phénocristaux de quartz atteignent rarement une longueur de 5 mm., soit à peu près le cinquième des dimensions ordinaires des grands feldspaths. Même ainsi leur taille dépasse encore largement celle des grains (diamètre moyen: 0,12 mm.) de la pâte qui les enserre.

Le mode de formation et de développement est le même dans les deux cas. Le centre du quartz géant est occupé par la silice presque transparente (fig. 12), souillé seulement par quelques grains d'impuretés. Mais le cristal est entouré par une seconde zone où s'accumulent de très nombreux grains refoulés autour de lui, lors de sa croissance. La figure 12 montre bien la zone des détritits. La présence de celle-ci donne tort à qui voudrait voir dans ces quartz géants tout simplement des grains quartzeux qui auraient fait partie intégrante de la roche dès sa sédimentation.

Examinons maintenant la structure des porphyroblastes feldspathiques des cornéennes en question. Les photos 2 à 12 permettent d'en suivre la description. La photo 2 présente une surface polie de la cornéenne compacte, et la photo 3, celle d'une cornéenne schisteuse se rattachant à la catégorie des gneiss. Sur les deux photos, les porphyroblastes se distinguent par leur teinte très claire tranchant sur le fond foncé. Les photos des figures 4 à 6 prises dans les mêmes conditions en font valoir les détails. On voit nettement que les porphyroblastes sont „zonés“: la partie centrale, grise, est entourée d'une substance de teinte très claire. Cette zone externe n'est pas de la même largeur pour chacun des individus. Certains porphyroblastes (fig. 4) sont complètement blancs. Ils sont, en général, de taille plus petite que les autres. Chez les porphyroblastes nettement „zonés“, l'enveloppe (blanche) n'est pas toujours d'épaisseur proportionnée à la dimension de la partie centrale (grise): elle est très mince sur l'un des grands porphyroblastes de la fig. 5.

La tendance que présentent certains porphyroblastes à réaliser une forme géométrique n'est pas générale: elle ne se fait pas sentir dans les roches à faciès gneissique (fig. 6).

Passons maintenant à l'examen de ces mêmes minéraux en coupe mince, sous le microscope. On remarquera tout de suite l'inversion des teintes: la partie centrale devient claire, presque uniformément transparente, et l'enveloppe gris foncé (fig. 7—12). D'autre part, la partie centrale apparaît cristallisée de manière homogène, tandis que l'enveloppe présente une accumulation de petits grains.

Un examen détaillé des porphyroblastes fait découvrir dans leur

corps des débris de la roche ambiante. Ces inclusions forment des alignements qui peuvent avoir gardé une direction parallèle à la trace des plans structuraux de la roche (fig. 8). Il s'agit donc, sans nul doute, de cristaux développés sur place, c'est-à-dire de minéraux authigènes²⁾.

Mais la seconde zone, l'enveloppe opaque du noyau transparent, présente un aspect tout à fait différent: à l'approche de cette zone extérieure en partant du centre, les parcelles des „impuretés“ deviennent de plus en plus nombreuses et, rapidement, elles se réunissent en amas si denses qu'elles voilent la transparence du cristal. Toutefois, l'impureté ne remplace pas encore totalement la „charpente“ du microcline. Ici et là, par des lacunes ouvertes dans la masse des impuretés, on reconnaît un feldspath identique à celui de la plage centrale. On constate, même souvent, que le feldspath de la lacune conserve exactement la même orientation que la partie centrale du porphyroblaste. Cependant, cette dernière disposition peut être compromise par l'intervention des macles (fig. 10). De toute façon, aucun feldspath d'une autre espèce n'enveloppe le noyau central, et le porphyroblaste pourvu d'une enveloppe opaque n'appartient pas pour cela à la catégorie des feldspaths zonés dans le sens classique de cette expression.

Les détritiques amoncelés autour des porphyroblastes feldspathiques sont des cristaux minuscules, entiers ou fragmentés. Pris isolément, ils sont transparents pour la plupart, incolores le plus souvent. Comme les nuages faits de gouttelettes limpides qui interceptent la lumière des astres, ces amas de grains, suspendus dans un milieu réfringent d'indice différent du leur, dispersent la lumière du microscope avant son arrivée à l'objectif, divers phénomènes optiques (notamment l'effet Becke) entrant en jeu pour produire l'opacité de la zone bordière.

La fig. 11 représente un porphyroblaste vu sous le microscope sans

²⁾ Ce n'est que tout récemment que j'ai pris connaissance de l'article de CH. EXNER (1951), dans lequel il croit pouvoir affirmer, que le „Mikroclin mit helizitischen Einschlusszügen dürfte aus den Alpen bisher noch nicht bekannt sein“. Visiblement le contenu de ma publication où je décris le même phénomène observé sur les gneiss œillés du Grand-St-Bernard (OULIANOFF 1932) a échappé à l'attention de CH. EXNER. Il s'agit dans mon article des feldspaths géants authigènes (jusqu'à 10 cm de longueur) qui conservent, comme reliques, des débris de la masse ambiante alignées en traînées parallèles à la stratification de la roche. Je n'ai pas employé le terme „hélicitique“ créé en 1918 par BÄCKSTRÖM, tenant pour inutile l'introduction de ce terme nouveau qui *n'explique rien*, tout en *alourdissant* la nomenclature pétrographique (voir à ce sujet un remarquable article, malheureusement pas assez connu, de P. FALLOT, intitulé „Tour de Babel“ et publié dans la revue „Scientia“, 1957).

analyseur. Le même individu se retrouve dans la fig. 9 (en haut à gauche), photographié en lumière réfléchie sur fond blanc. Ce dispositif atténue le relief apparent de la zone bordière, mais fait valoir le contraste qui oppose la grosseur des grains de la roche encaissante (0,12 mm. en moyenne) à la finesse des particules (de 30 à 50 fois plus petites) rejetées par le porphyroblaste en expansion.

A côté des cristaux en plein développement, on rencontre dans nos roches des feldspaths altérés, notamment des plagioclases en proie à la saussuritisation. Aucun pétrographe averti ne risque de confondre ces cristaux envahis par des minéraux épigéniques, avec ceux que désigne titre de cet article. Il s'agit là d'une génération antérieure à celle des feldspaths authigènes sur lesquels notre intérêt est concentré en ce moment.

Sur les figures 9 et 11 est visible un très joli exemple qui sert à illustrer le mécanisme du refoulement des „impuretés“ par le cristal en cours de croissance.

Les mêmes figures (9, 11, de même que 10) montrent deux noyaux feldspathiques de tailles très inégales englobés dans les auréoles de déchets. Chacun d'eux refoulant autour de lui les matières impropres à l'édification de son réseau silicaté, il s'est ainsi formé entre eux une barrière d'impuretés séparant leurs domaines particuliers. Mais la croissance du grand cristal étant plus rapide que celle de son petit voisin, celui-ci, cerné de toutes parts par le domaine conquis par l'autre, est réduit à l'état d'*inclusion* dans une auréole jonchée de débris, il est vrai, mais orientée sur le feldspath le plus prospère, qui est en train d'achever le tracé d'un contour idiomorphe (fig. 9, 10 et 11).

Le faciès à grands porphyroblastes feldspathiques est-il nettement délimité dans la masse rocheuse de la région des Rognons? Oui, il est confiné dans les enclaves du granite. Mais, dans les limites de ces enclaves on ne décèle aucune localisation préférencielle, permettant de tracer le contour d'une ou de plusieurs zones caractérisées par ce faciès particulier.

Dans les enclaves les plus favorisées, comme celle d'où provient l'échantillon représenté sur la fig. 2, on compte en moyenne dans chaque aire de 12 cm² un porphyroblaste dont la surface est de 0,5 cm² ou davantage. Autrement dit, les feldspaths géants occupent *au moins* 4% d'une surface obtenue par le sciage de la roche. Mais dans le voisinage, les porphyroblastes peuvent devenir plus rares; plus loin ils disparaissent complètement sans que l'on puisse repérer une direction dans laquelle leur diminution s'opère progressivement.

L'apparition des porphyroblastes dans une roche qui n'en avait pas à l'origine comporte une transposition de matière que je rangerais parmi les phénomènes de *métasomatose*, si ce terme avait conservé son sens primitif et n'avait pas reçu des auteurs qui l'ont employé successivement des adjonctions qui en ont singulièrement altéré et alourdi le sens.

Créé par C. NAUMANN, ce terme fut introduit dans l'usage courant par LINDGREN. Il en a donné la définition suivante (1919, p. 69):

"The word metasomatism is now applied to the practically simultaneous capillary solution and deposition by which a new mineral of partly or wholly differing chemical composition may grow in the body of an old mineral or mineral aggregate. The secondary minerals of any metamorphic rock result from metasomatic action."

V. M. GOLDSCHMIDT (1922) définit la métosomatose comme:

"a process of alteration which involves enrichment of the rock by new substances brought from the outside."

Voici encore deux définitions:

La première est de P. LAFFITTE (1957, p. 317):

„Il y a *métasomatose* chaque fois que la roche constitue un système thermodynamique qui échange de la matière avec l'extérieur."

L'autre est de HOLMES (1920) pour qui la métasomatose se produit:

"by the introduction of material from external sources".

Les citations données suffisent déjà à montrer comment la définition ancienne s'est modifiée par l'addition d'une condition nouvelle: celle d'un apport de matière étrangère. Pour la plupart de nos contemporains cette notion additive est désormais liée à la première, et c'est précisément là ce qui me semble contestable.

C'est donc fort à propos que certains auteurs rappellent à la prudence. Très significatif sous ce rapport est le passage suivant chez M. BILLINGS (1938):

"If material is added, it is necessary to determine the stage in the metamorphism when such introduction takes place and to discover the source of the added substance."

Nombreux sont les mémoires qui traitent des problèmes concernant la métasomatose et qui devraient s'inspirer de cette sage recommandation.

D'autre part, en introduisant *ces solutions venues du dehors*, on ne mentionne pas le rôle des variations éventuelles des conditions physiques

du milieu. Et pourtant celles-ci peuvent changer totalement le cours des réactions chimiques sans qu'il soit nécessaire de recourir à des solutions venant de sources extérieures.

Revenons aux cornéennes du glacier du Géant, et demandons aux résultats des analyses chimiques qui en ont été faites si leur feldspathisation a dépendu d'un apport de matière venue de sources extérieures.

Voici le résultat des analyses effectuées sur le matériel prélevé sur les Rognons du glacier du Géant (massif du Mont-Blanc):

	1	2	3	4	5
SiO ₂	67,0 %	67,7 %	66,1 %	66,7 %	65,3 %
Al ₂ O ₃	17,3	18,4	15,7	15,6	15,8
Fe ₂ O ₃	0,1	0,3	2,4	1,0	3,6
FeO	0,7	0,6	2,1	3,6	1,4
MgO	0,3	0,3	0,7	1,3	1,3
CaO	1,0	2,5	2,8	3,0	3,0
Na ₂ O	3,2	5,3	4,0	3,4	3,2
K ₂ O	9,4	4,2	4,1	4,0	4,8
TiO ₂	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5
MnO	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
H ₂ O tot.	0,8	0,7	1,1	1,2	0,6
P ₂ O ₅	0,0	0,0	0,14	0,0	0,02
Total	100,1 %	100,3 %	99,74 %	100,4 %	99,62 %

(Toutes ces analyses ont été effectuées par le Dr H. SCHWANDER de l'Institut de minéralogie à Bâle.)

1. Noyau transparent des porphyroblastes de microcline. — 2. Enveloppe opaque des porphyroblastes de microcline. — 3. Cornéenne foncée sans gros porphyroblastes. — 4. Cornéenne plus claire que le No 3. — 5. Granite.

Les résultats de ces 5 analyses sont assez clairs pour se prêter à des commentaires d'où se dégagent les arguments dont nous avons besoin. Il est donc superflu de se livrer à des calculs pour les présenter sous une autre forme.

Examinons d'abord les résultats de l'analyse des grands porphyroblastes, et voyons s'ils confirment bien les indications fournies par leur inspection sous le microscope.

Pour analyser le noyau d'un porphyroblaste, on a choisi, à défaut d'un cristal exempt d'impuretés, un individu en renfermant aussi peu que possible. Le corps des porphyroblastes recèle toujours des parcelles ou des cristaux bien formés d'ilménite (auréolée de leucoxène), de biotite, de sphène, de quartz, de muscovite. Visiblement, ces particules ont

échappé à l'élimination des rebuts que le microcline déblaye lors de sa croissance. Ce sont elles qui ont fourni à l'analyse de faibles quantités de Fe_2O_3 , FeO , MgO , CaO , MnO , TiO_2 , qui représentent environ 1,4% du poids total; à quoi s'ajoutent, bien entendu, de petites doses de silice, d'alumine et de potasse, attribuables aux aiguilles de sillimanite, aux minuscules paillettes de muscovite et aux grains de quartz inclus dans le grand cristal. Le reste correspond bien à la formule du microcline, qui contient habituellement environ 20% de molécules d'albite, de même qu'une certaine quantité d'anorthite.

L'analyse N° 2 se rapporte à la zone extérieure d'un porphyroblaste feldspathique. Cette dernière est composée d'une charpente de microcline, qui n'a pas réussi à effectuer une construction continue, sans lacune, gêné qu'il était par les impuretés refoulées. L'analyse accuse une forte diminution de la proportion des alcalis (9,5% au lieu de 12,6%). Par contre, l'alumine est en augmentation. Ces faits sont la conséquence de la baisse de quantité des feldspaths dans cette zone, et de la participation de la sillimanite et de l'andalousite à sa constitution. D'ailleurs, la présence de la zoïsite entraîne avec soi une sensible augmentation de CaO dans le résultat de l'analyse.

Avant de continuer le dépouillement des analyses¹ de roches il faut expliquer comment l'on a procédé pour préparer les spécimens destinés à l'analyse chimique.

Pour le granite (colonne 5) quelques tranches sciées dans un grand échantillon ont été broyées ensemble afin d'obtenir une composition se rapprochant, autant que possible, de la moyenne. Dans ce cas l'analyse donne un résultat directement comparable à ceux que fournissent d'autres roches analogues traitées de la même façon. Pour les cornéennes (colonnes 3 et 4), le cas est différent: un concassage grossier ayant débité ces roches en menus morceaux, on a choisi parmi eux uniquement ceux où n'apparaissait que la masse fondamentale à grain fin, en éliminant les gros porphyroblastes de microcline qui pouvaient y adhérer. Dans ces conditions les petits porphyroblastes cachés dans la masse grenue passent au broyage qui précède l'opération chimique. Comme cette opération porte sur des spécimens artificiellement privés d'une partie de leurs feldspaths, leur analyse indiquera une proportion d'alcalis *inférieure* à celle qui entre dans leur composition *globale*. Celle-ci ne s'obtiendra qu'au prix d'un réajustement des données analytiques. On y parvient au moyen de mesures planimétriques et en utilisant les chiffres des colonnes 1 et 2. Après correction ainsi faite des chiffres des colonnes 3 et 4, on trouve que la proportion totale des alcalis contenue

dans les cornéennes considérées est comprise entre 9 et 9,5%. *Ces cornéennes sont donc plus riches en alcalis que le granite qui les contient.*

Et ce granite des Rognons, quelle place occupe-t-il parmi les roches analogues prélevées en divers points du noyau granitique du massif du Mont-Blanc? Pour le savoir, il suffit de puiser dans le recueil d'analyses constitué par P. NIGGLI et ses collaborateurs (1920). Retenons seulement 9 analyses de cette collection en laissant de côté celles qui se rapportent à des échantillons notés comme „très schistosés“, „très écrasés“ ou „gneissifiés“. La participation des alcalis à la composition des roches considérées s'exprime par les nombres suivants (allégés de leur deuxième décimale): 5,9; 10,6; 7,1; 7,3; 7,8; 9,1; 8,4; 9,6; 9,4. Leur moyenne approximative (8,4%) est à peu près égale au chiffre fourni par l'analyse du granite des Rognons (8,0%). Par conséquent, les cornéennes de la même localité sont plus riches en alcalis que l'ensemble des roches granitiques du massif du Mont-Blanc.

Cette constatation fait surgir une question qui sera formulée à la manière de BILLINGS (voir plus haut): d'où et par quelle voie les alcalis qui abondent dans les cornéennes y furent-ils introduits?

Ces cornéennes étant noyées, sous forme d'enclaves, dans la grande masse granitique, ne se trouvent en contact direct avec aucune autre roche. Comme elles sont plus riches en alcalis que le granite du Mont-Blanc, ce n'est pas de celui-ci qu'elles ont tiré les alcalis dont elles sont mieux pourvues que lui. Par conséquent, on est forcé d'admettre que la feldspathisation qui se traduit par l'apparition de gros porphyroblastes ne s'est réalisée qu'en vase clos, dans les limites du volume des enclaves *sans aucun apport matériel venu du dehors.*

Cependant la masse rocheuse d'où allaient naître des feldspaths authigènes devait forcément être baignée par une solution nourricière capable de lui fournir de la potasse. Quelle pouvait être l'origine d'une telle solution? C'est ce qu'il faut chercher.

La solution nourricière indispensable n'est pas d'origine météorique: les eaux superficielles qui s'infiltrèrent dans l'écorce terrestre empruntent à celle-ci des chlorures, des sulfates, des carbonates, etc. Elles lui soutirent sans doute aussi un peu de potasse, mais jamais en quantité suffisante pour constituer des solutions capables de rester en équilibre avec des silicates anhydres comme l'olivine, les pyroxènes et les feldspaths. Tous se dégradent à leur contact en leur cédant des ions alcalins ou alcalino-terreux. C'est cet échange ionique qui est la cause de l'altération des roches. Ce processus s'exerce à toutes les profondeurs accessibles aux pétrographes toujours en quête de roches fraîches. Ils vont les

chercher dans les tranchées, dans les carrières récemment ouvertes à l'exploitation, dans des galeries souterraines, mais rarement avec le succès espéré. Moi-même, j'ai eu l'occasion de prélever des échantillons tout le long du tunnel du Mont-Blanc. Quoique l'épaisseur de la calotte au-dessus de l'axe du souterrain atteigne 2,5 km., les roches portent à peu près partout des marques visibles d'altération. On rencontre même, en plusieurs endroits, du granite en voie de kaolinisation.

Mais au-dessous de la zone où circulent les eaux d'infiltration d'origine météorique s'étend le champ d'activité d'un autre cycle des eaux souterraines: c'est celui des eaux de mer retenues et fossilisées au sein des sédiments (OULIANOFF, 1958, 1959, 1959a). Ces eaux y demeurent passives jusqu'à ce que les roches sédimentaires qui les conservent soient entraînées dans les déplacements et morcellements tectoniques. Les eaux fossilisées utilisent alors toutes les cassures et fissures pour se frayer un passage vers le haut, c'est-à-dire vers les régions maintenues sous une pression de plus en plus diminuée. Leur existence et leur abondance dans les profondeurs des couches sédimentaires ont été révélées par des nombreux sondages poussés jusqu'aux niveaux de 5 et 10 km. en-dessous de la surface. Ce que l'on sait de leur composition montre qu'elles doivent renfermer en solution la plupart des éléments chimiques. Il est évident, qu'avant de pouvoir jouer le rôle de nourrices des feldspaths alcalins, ces eaux doivent subir une longue évolution, notamment une concentration progressive (départ des vapeurs dans des fissures sous l'effet des changements de pression), une série de cristallisations fractionnées qui en éliminent la majeure partie des chlorures et des sulfates sodiques et calciques. Ce processus a pour effet d'enrichir les solutions résiduelles en ions potassiques. Quand elles en seront saturées, elles pourront en céder aux roches baignées par elles. Les solutions qui nourrissaient les feldspaths authigènes des cornéennes n'étaient pas des eaux de mer normales mais des dérivés des eaux primitivement marines captées et fossilisées lors du processus de sédimentation et de diagenèse.

L'étude des porphyroblastes feldspathiques des Rognons du glacier du Géant conduit aux *importantes conclusions* que voici:

— Les cristaux géants de microcline *n'ont pas eu besoin*, pour leur formation, d'un apport du matériel *du dehors*: toutes les substances nécessaires à leur formation, y compris les solutions nourricières, se trouvaient déjà sur place au sein des cornéennes.

— L'analyse chimique a montré que la composition du granite et celle de la cornéenne sont presque pareilles. Cela permet d'affirmer que le

granite de la région considérée s'est formé par anatexie, aux dépens des schistes cristallins, dont les débris, sous forme d'enclaves, se conservent encore au milieu de la masse granitique. La composition des enclaves n'étant pas identique dans tout le massif, et d'autre part, le brassage de la masse anatexique n'étant pas complet, on constate, dans le massif granitique, la présence d'aires à contours flous, de diorite, de syénite, de granodiorite ou de monzonite.

Bibliographie

- BILLINGS, M. P. (1938): Introduction of potash during régional metamorphism in western New Hampshire, Bull. Geol. Soc. Amer., vol. 49, p. 289.
- CORBIN, P. et OULIANOFF, N. (1927—1964): Carte géol. du massif du Mont-Blanc (partie française) au 1 : 20 000, Paris, Soc. franç. de Stéréotographie. 12 feuilles.
- CORBIN, P. et OULIANOFF, N. (1937): Diorite à épidote provenant de la zone à enclaves basiques de la Charpoua (massif du Mont-Blanc). Bull. Soc. géol. France (5) T. VII, p. 329.
- ESKOLA, P. (1939): dans „Die Entstehung der Gesteine“. Springer, Berlin.
- EXNER, CHR. (1951): Augengneisse. Tschermak's Min.-Petr. Mitt. III. F., Bd. 2, p. 355.
- FALLOT, P. (1957): Tour de Babel. „Scientia“, Ronko, Como.
- GOLDSCHMIDT, V. M. (1922): On the metasomatic processes in silicate rocks. Econ. Geol. vol. 17.
- HOLMES, A. (1920): The Nomenclature of Petrology. T. Murby, London.
- LAFFITTE, P. (1957): Introduction à l'étude des roches métamorphiques et des gîtes métallifères. Masson, Paris.
- LINDGREN, W. (1919): Mineral deposits. 2d ed.
- NIGGLI, P., DE QUERVAIN, F., WINTERHALTER, R. U. (1930, 1942, 1956): Chemismus schweizerischer Gesteine. Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Ser., Lief. 14, und zwei Nachträge: Lief. 20 (1942) und Lief. 34 (1956).
- OULIANOFF, N. (1932): Une contribution à la connaissance des gneiss œillés. Eclogae geol. Helv. 25, p. 23.
- (1958): L'eau comme sédiment. Eclogae geol. Helv. 51, p. 696.
- (1959): Gisements d'eau fossile dans la croûte terrestre. C.R. Ac. Sc. Paris, T. 248, p. 2782.
- (1959a): Deux cycles des eaux souterraines. C.R. Ac. Sc. Paris, T. 249, p. 2812.
- READ, H. H. (1957): The granite controversy. Thomas Murby, London.

Manuscrit reçu le 30 octobre 1963.