Zeitschrift: Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie

Band: 64 (1984)

Heft: 3

Artikel: Origine magmatique des enclaves du granite du Mont Blanc

Autor: Jacquemin, C. / Bellière, J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-49552

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: 15.07.2025

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

Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 64, 373–388, 1984

Origine magmatique des enclaves du granite du Mont Blanc

par *C. Jacquemin** et *J. Bellière**

Abstract

Most inclusions in the Mont Blanc granite are blebs of basic liquids that have been injected into the granitic magma, with which they did not mix. At the moment of the injection, the granitic magma already contained a certain amount of phenocrysts and was significantly cooler than the basic liquid; thus, that one gave way to a quenching phenomenon. This model is in agreement with all evidences given by petrology and structures.

From geochemical investigation, it can be concluded that the injected liquid results itself from the mixing in deeper seated magmatic chambers, and in several proportions of granitic liquid and a first basic liquid of alcaline or alcali-calcic type whose origin is unknown.

Keywords: granite, inclusions, Mont Blanc.

Résumé

Les enclaves contenues dans le granite du Mont Blanc représentent, pour la plupart, des gouttes de liquide basique, injectées dans le magma granitique, auquel elles ne se sont pas mélangées. Au moment de l'injection, le magma granitique renfermant déjà une certaine proportion de cristaux, était nettement plus froid que le liquide basique; celui-ci a subi ainsi un phénomène de trempe. Ce modèle est en accord avec toutes les observations pétrologiques et structurales.

L'étude géochimique montre de plus que le liquide basique injecté résulte lui-même des mélanges, dans des chambres plus profondes, et en proportions diverses, de liquide granitique et d'un liquide basique de type alcalin ou alcali-calcique. L'origine est inconnue.

INTRODUCTION

Depuis quelques années, l'étude des enclaves dans les granitoïdes fait l'objet d'un intérêt tout particulier.

Il est apparu en effet que beaucoup de ces enclaves ne sont pas des morceaux de roches encaissantes détachées des parois mais représentent des gouttes de

* Labor. associés de Géologie-Pétrologie-Géochimie, Université de Liège, B-4000 Sart-Tilman par Liège 1.

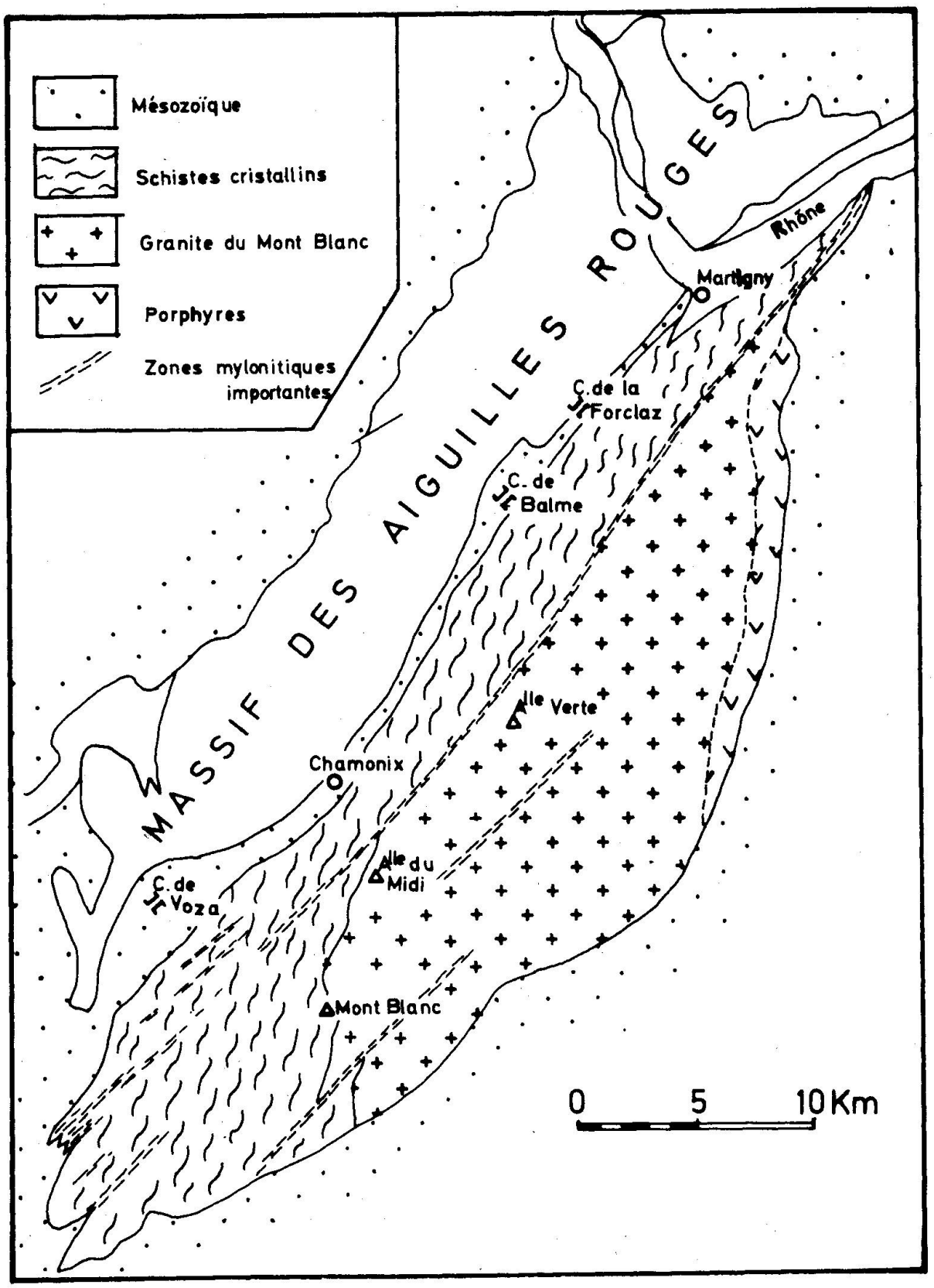

Fig. 1 Carte géologique schématique du massif du Mont Blanc.

magma plus basique incluses dans le magma granitique à qui elles ne se sont pas mélangées (ORSINI, 1979; DEBON, 1975; BARRIÈRE, 1977).

La présente note expose les résultats d'une étude pétrologique et géochimique entreprise sur les enclaves du granite du Mont Blanc. On verra que celles-ci sont effectivement de deux types:

1. des fragments de roches encaissantes, peu abondantes;
2. de nombreuses enclaves d'origine magmatique.

Le granite du Mont Blanc

Le massif du Mont Blanc appartient aux massifs cristallins dits autochtones qui jalonnent la zone externe de l'arc alpin occidental. Il s'agit donc d'une boutonnière de socle préalpin, constituée de schistes cristallins divers dont l'histoire tectono-métarmorphique est complexe (VON RAUMER, 1976, 1981; BELLIÈRE 1981) et dans lesquels a été intrudé le granite du Mont Blanc. Celui-ci (Fig. 1) occupe en surface la plus grande partie du massif. Il présente divers types de contacts:

- au NW, il est coupé par une grande faille d'âge alpin, longue de 30 km au moins;
- au SE, il est en contact tectonique avec les terrains mésozoïques;
- sa bordure E comporte une bande de roches porphyriques qui pourraient représenter un faciès de bordure ou une intrusion indépendante;
- sa bordure W enfin, montre avec les gneiss, un contact net et discordant, accompagné d'apophyses et de filons divers, ce qui permet de le considérer comme un granite circonscrit.

Le granite est constitué essentiellement de quartz, d'oligoclase (P) partiellement saussuritisée, de feldspath potassique (FK) et de biotite partiellement chloritisée.

Il est toujours très grenu avec un grain moyen supérieur à 5 mm. Il renferme la plupart du temps de gros FK rectangulaires dont la taille peut atteindre 7 cm. Ces FK présentent en général une orientation statistique parallèle, qui correspond à une structure de flux.

A l'échelle de l'affleurement, la roche peut être assez hétérogène et montrer diverses structures d'origine magmatique telles que: schlieren biotitiques, concentrations de grands FK en traînées de cristaux parallèles, rubans ou traînées de granite plus finement grenu, de granite plus clair ou plus foncé, etc. Ces structures de flux ont une direction générale nord-sud et sont sub-verticales.

D'autre part, le granite renferme de nombreuses zones, métriques à pluridécamétriques, affectées d'une schistosité mylonitique (BELLIÈRE, 1949, 1951). Il s'agit de mylonitoschistes amygdalitiques élaborés dans les conditions du faciès des schistes verts à biotite (BELLIÈRE, 1971).

Les enclaves

DESCRIPTION GÉNÉRALE

Le granite renferme des enclaves de deux types.

Le premier type, assez rare, consiste en fragments de gneiss, de formes anguleuses et de contour net, possédant un rubanement ou une foliation et une schistosité (non mylonitique). Il s'agit donc de fragments de roches encaissantes.

C'est le second type, de loin le plus fréquent, qui fait l'objet de la présente note.

Ces enclaves sont méso- à mélanocrates; leur dimension est très variable (de quelques cm à 2 m). Elles sont homogènes, ne montrent aucun rubanement et sont dépourvues de schistosité, sauf dans les zones mylonitiques où la même schistosité affecte granite et enclaves. Leur structure microscopique est celle de roches magmatiques (voir ci-dessous) et, dans quelques cas rares, elles renferment elles-mêmes des enclaves plus petites et à bords nets, formées de schiste cristallin (amphibolites). Les enclaves du second type sont donc constituées de roches magmatiques.

Ces enclaves, rarement isolées sont souvent groupées en «troupeaux», allongés selon l'attitude générale verticale et nord-sud du granite et soulignant par conséquent la structure de flux. Le granite possède ainsi des zones particulièrement riches en enclaves (CORBIN et OULIANOFF, 1932, 1935, 1938).

Lorsque le granite est isotrope, elles ont la plupart du temps une forme sphérique plus ou moins régulière. Des formes irrégulières n'ont été observées que très rarement. La surface de contact avec le granite, vue à petite échelle, n'est pas nette; elle est toujours très irrégulière et présente de nombreuses apophyses et dépressions. Par contre, lorsque le granite est orienté par structure de flux, les enclaves ont la forme de fuseaux allongés parallèlement à l'orientation du granite; leurs contacts avec celui-ci sont plus nets, sauf à leurs extrémités où elles semblent s'effilocher dans le granite.

On voit donc que non seulement l'attitude, mais la forme des enclaves est en relation avec le mouvement du magma granitique; cette forme en fuseau résulte donc d'une déformation qui, la structure interne de l'enclave restant isotrope, n'a pu s'effectuer qu'à l'état liquide. En d'autres termes, les enclaves, non seulement sont de nature magmatique, mais ont été liquides sous la forme de gouttes enrobées dans le magma granitique. Cette conclusion va être confirmée de plusieurs manières. La question reste cependant posée de savoir s'il s'agit de deux liquides immiscibles, et en équilibre, ou de deux liquides miscibles qui, pour une raison particulière, ne se sont pas mélangés.

Les minéraux principaux sont le plagioclase, le feldspath potassique, le quartz et la biotite. Suivant leurs différentes proportions, la roche est une diorite, une tonalite, une granodiorite ou encore une monzo-diorite quartzique

(classification internationale de Streckeisen). Les accessoires sont l'apatite, le zircon et le sphène.

Le *plagioclase* est le minéral le plus abondant: plus de 45% du volume de la roche. Il se présente toujours en cristaux idiomorphes, d'autant plus trapus que la roche est plus grenue. Il est toujours fortement envahi par une saussurite formée d'épidote, mica blanc et biotite. La teneur en épidote, variant du centre à la périphérie des grains souligne la présence d'un zonage dans leur conposition.

La *biotite* est tantôt idiomorphe, tantôt xénomorphe. Elle est en général trapue, mais on observe des formes en tablettes allongées (auquel cas les P possèdent la même forme). La couleur des biotites est en général «vert-brunâtre», mais il existe également des «vert-olive» et des «brun-foncé». La composition des biotites ne semble donc pas être identique dans toutes les enclaves (DEER, 1963).

On a observé, un certain nombre de fois, des agrégats symplectitiques assez grands (0,5 à 1 mm), de biotite et de quartz. Ces agrégats renferment parfois un cœur d'amphibole. Il s'agirait donc de symplectites provenant de la déstabilisation de l'amphibole. Un certain nombre d'enclaves devaient donc contenir ce minéral.

Le *quartz* est presque toujours pœcilitique intersticiel, en plages atteignant souvent le centimètre; cette disposition est indépendente de la composition minéralogique et de la granularité de la roche.

Lorsque le *feldspath potassique* est présent, il forme souvent, avec le quartz, un ciment aplitique autour des autres minéraux. Quelquefois, il développe des faces cristallines moulées par du quartz. Enfin, quelques grains pœcilitiques intersticiels centimétriques, ont été observés. Il s'agit de la variété triclinique du microcline. Le FK se développe dans les enclaves contenant très peu de biotite: ainsi, l'apparition du FK est liée au rapport (Fe + Mg) / K du magma de départ.

L'*apatite,* présente dans toute les enclaves, est le minéral accessoire le plus abondant. Elle est toujours automorphe. Lorsque l'enclave est grenue (grain moyen supérieur à 500 μ), l'apatite est trapue et est incluse dans la biotite. Lorsque le grain est plus fin, l'apatite se présente en fines aiguilles très allongées (faciès de trempe). Elle est alors incluse dans le quartz et le FK intersticiels.

De nombreuses enclaves comportent, dans leur partie périphérique, une bordure foncée épaisse de 1 cm environ. Ceci s'observe aussi bien sur les enclaves sphériques que sur les enclaves en fuseaux. Cette couronne est déterminée par une diminution brusque du grain de la roche, ainsi que par l'absence de quartz. Cette disposition peut être interprétée comme une bordure figée correspondant à un phénomène de trempe. Ceci montre que le liquide des gouttes, au moment du début de sa cristallisation, était nettement plus chaud que le magma granitique enrobant: il ne s'agit donc pas de deux liquides immiscibles, auquel cas ils auraient été en équilibre à la même température. Il s'agit au contraire de gouttes d'origine extra-granitique, introduites à un moment donné dans le magma.

STRUCTURES PARTICULIÈRES: CORDONS BIOTITIQUES

On observe fréquemment, à l'extérieur des enclaves et à leur contact, la présence d'une couronne, continue ou non, formée de cristaux de biotite. Ces biotites ont la dimension de celles du granite et sont par conséquent toujours plus grosses que celles de l'enclave. Quelquefois, la bordure semble localement s'être «décollée» de l'enclave et forme à côté de celle-ci des rubans de biotite «flottant» dans le granite. De telles couronnes existent indifféremment autour des enclaves des deux types (fragments de gneiss ou anciennes gouttes liquides). Elles résulteraient donc d'un simple processus d'accollement mécanique.

STRUCTURES PARTICULIÈRES: PHÉNOCRISTAUX

Un fait relativement fréquent (60% des cas) est la présence dans les enclaves de phénocristaux de feldspaths automorphes. Ces cristaux sont de l'ordre de grandeur de ceux que l'on trouve dans le granite voisin (P ou FK). Ils peuvent être présents dans toute l'enclave, mais sont le plus souvent à cheval sur l'enclave et le granite (fig. 2). Parfois, ils sont tellement nombreux que la limite entre l'enclave et le granite devient imprécise: on passe de l'un à l'autre, par une espèce de roche hybride constituée de phénocristaux entourés d'une pâte fon-

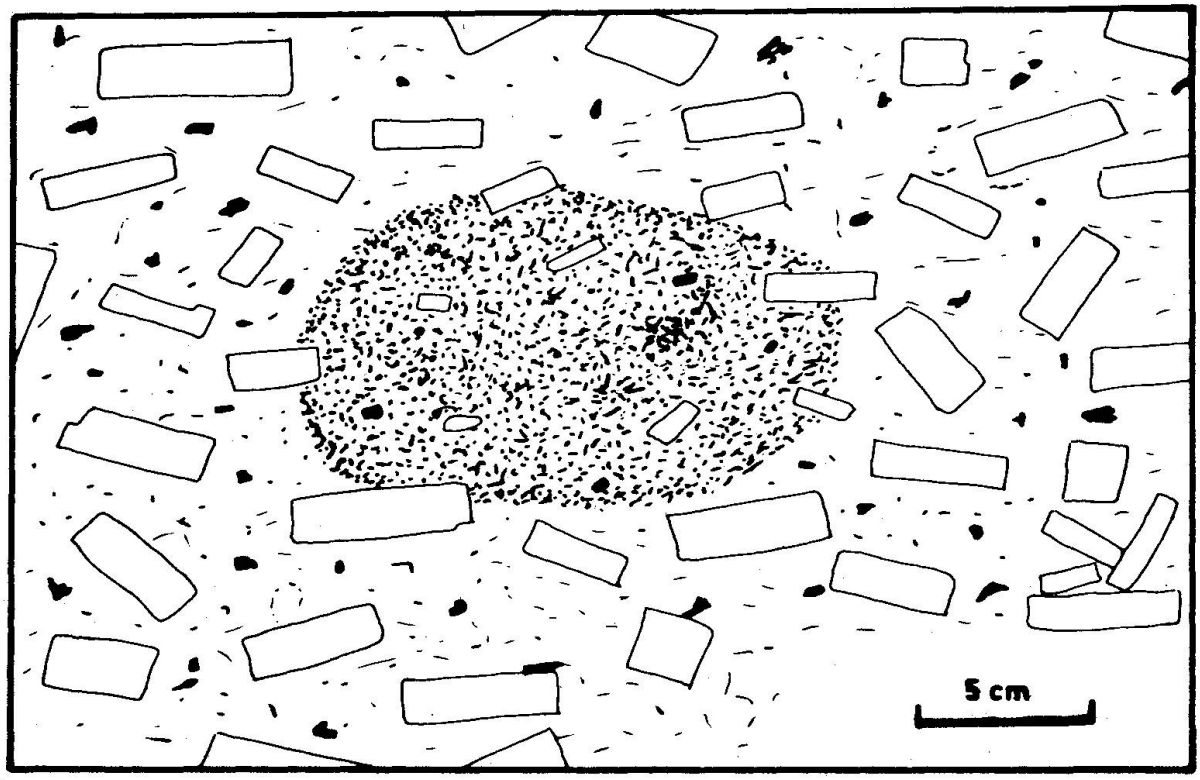

Fig. 2 Disposition typique d'une enclave dans le granite. Les cristaux rectangulaires sont des feldspaths potassiques et les plages noires des biotites. On note l'existence de phénocristaux à cheval sur l'enclave et le granite.

cée. Ce phénomène peut n'affecter qu'une partie des contours de l'enclave dont le reste montre un contact net.

Les P sont zonés et leur teneur en An, toujours estimée d'après la quantité d'épidote secondaire, semble moins élevée que celle des petits plagioclases des enclaves, et du même ordre que celle des P du granite. Les FK présentent également tous les caractères de ceux du granite.

On remarque également, à côté de ces P et FK, la présence plus discrète de grosses biotites, de grandeur comparable à celles du granite; ces biotites, comme celles du granite, contiennent de grosses apatites trapues entourées d'oxydes, même si les apatites de l'enclave sont en fines aiguilles dans le quartz.

Ces observations amènent à la conclusion qu'il s'agit de l'introduction mécanique dans les enclaves de cristaux flottant dans le magma granitique. Ce processus implique que les enclaves étaient elle-mêmes liquides à ce moment ce qui confirme ce qui a été dit plus haut.

Il faut observer de plus que les phénocristaux de FK, inclus dans les enclaves, sont pourvus d'une couronne extérieure formée de P mêlé de quelques languettes de quartz; ces phénocristaux ont donc une structure de type «rapakivi» (au sens purement descriptif de ce terme). Les FK situés dans le granite ne présentent pas cette couronne; ceux qui sont «à cheval» sur les deux roches n'en sont pourvus que dans la partie engagée dans l'enclave. Cette structure est donc le résultat de l'introduction des FK dans l'enclave.

Enfin, les enclaves qui ne renferment pas de phénocristaux de FK, P ou biotite sont celles qui sont les plus grenues (grain moyen supérieur à 500 μ) et qui ne comportent pas de bordures figées: on peut admettre que dans ce cas, les gouttes de liquide se sont refroidies plus lentement, parcequ'elle ont été introduites dans un magma granitique encore chaud dans lequel presque rien n'avait encore cristallisé.

STRUCTURES PARTICULIÈRES: OCELLES DE QUARTZ

Les enclaves qui renferment les phénocristaux dont il vient d'être question contiennent aussi des ocelles de quartz. Il s'agit d'énormes plages de quelques mm^2 à plusieurs cm^2. Leur forme est quelconque. Leur contour est souligné par l'alignement régulier de biotites appartenant aux enclaves. Le quartz avoisinant ces ocelles et appartenant aux enclaves a cristallisé en adoptant la même orientation du réseau que celui de l'ocelle. Les ocelles de quartz contiennent aussi quelques minuscules grains de FK, de P et de biotite.

De nombreuses interprétations ont été proposées pour expliquer la présence et l'origine de telles ocelles; une synthèse en est donnée par BARRIÈRE (1977). Dans le cas présent, nous pensons que les ocelles et les phénocristaux ont la même signification, puisque leur présence est toujours simultanée, et que leur origine doit être trouvée dans le granite encaissant.

Tab. 1 Tableau des analyses chimiques; 1–8: enclaves, 9 et 10: granites.

N°Ech.	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
(valeurs en %)										
SiO_2	72,97	71,98	61,27	69,50	56,21	64,21	69,25	59,29	64,85	55,51
TiO_2	0,32	0,35	1,20	0,68	1,48	0,71	0,45	1,10	0,90	1,24
Al_2O_3	13,71	14,68	15,18	14,90	17,43	16,40	15,56	16,80	15,64	16,01
Fe_2O_3(1)	2,68	2,74	9,91	5,15	10,20	5,79	4,14	8,28	6,21	12,14
MnO	0,07	0,07	0,19	0,11	0,27	0,13	0,14	0,19	0,17	0,27
MgO	0,54	0,44	1,63	0,80	2,16	0,93	0,62	2,12	1,41	2,83
CaO	1,68	1,70	3,69	2,58	4,69	2,96	2,14	3,13	3,57	4,77
Na_2O	3,66	3,18	3,40	3,44	3,80	5,10	3,64	5,02	5,34	3,27
K_2O	4,23	4,67	3,04	2,65	3,04	3,55	3,95	3,53	2,01	3,68
P_2O_5	0,14	0,12	0,49	0,23	0,71	0,22	0,13	0,39	0,26	0,37
(valeurs en ppm)										
Ba	478	687	195	445	191	418	678	368	207	168
Rb	243	223	456	214	389	311	290	393	117	559
Sr	122	156	164	147	173	156	186	127	110	180
V	26	22	136	54	144	36	29	85	81	178
Zn	51	54	150	68	150	90	67	128	98	157
Y	40	27	72	41	96	55	25	91	68	134
La	34	31	93	29	43	41	28	xx	xx	xx
Ce	53	38	22	72	93	68	41	59	69	47
Nd	30	18	27	39	53	40	20	xx	xx	xx

xx : non analysé

(1) : Fe total exprimé en Fe_2O_3

(2) : Ni et Co ont une teneur en dessous de la limite de détection

Etude géochimique

Cette étude est basée sur l'analyse de deux échantillons de granite et de huit échantillons d'enclaves. Ces derniers ont été choisis parmi des enclaves aussi exemptes que possible de phénocristaux, de manière à minimiser leur contamination. Les analyses sont données au tab. 1.

COEXISTENCE DE DEUX MAGMAS NON MÉLANGÉS

Les compositions des enclaves et des granites ont été portées sur les diagrammes triangulaires suivants: $K_2O + Al_2O_3$; FeO; SiO_2 (WALSON, 1976) et $CaO + MgO$; $FeO + TiO_2 + P_2O_5$; $Na_2O + K_2O + Al_2O_3$ (ROEDDER, 1979).

En effet, ces diagrammes font apparaître des lacunes d'immiscibilité de part et d'autre desquelles se disposent les points représentatifs de deux phases liquides immiscibles en équilibre.

Or, sur ces diagrammes, les enclaves et les granites apparaissent intimement groupés en dehors des champs d'immiscibilité: ils sont donc miscibles, ce qui confirme les observations pétrologiques. Ceci n'exclut pas, comme on va le voir, que la matière des gouttes puisse résulter du mélange, dans des chambres magmatiques plus profondes, de liquide dioritique avec des matériaux acides (soit par contamination soit par hybridation).

DEUX LIQUIDES CONTEMPORAINS MAIS NON COMAGMATIQUES

Les diagrammes de la fig. 3 indiquent une relation linéaire entre les différents oxydes. Ceci implique que le processus le plus plausible expliquant la composition des enclaves est un mélange entre un liquide granitique et un liquide plus basique. En effet, un processus de fractionnement (par fusion ou par cristallisation) apparaîtrait sous la forme d'une courbe (cf. les équations faisant intervenir les coefficients de partage: ARTH, 1976; TREUIL & JORON, 1975). Remarquons que la relation linéaire des oxydes par rapport à SiO_2 est claire, sauf pour K_2O, Na_2O et Rb. On peut considérer que l'irrégularité de ces éléments résulte d'une certaine mobilité lors de la tectonique alpine. Toutefois, cette irrégularité n'est pas suffisante pour invalider les autres diagrammes, qui autrement, auraient dû porter sur des rapports de teneurs et non des valeurs absolues.

Afin de calculer les différentes proportions des liquides mélangés et d'apprécier dans quelle mesure la relation entre les divers oxydes peut être considérée comme linéaire, nous avons appliqué aux données de la fig. 3, un traitement mathématique (voir tab. 2) tenant compte de tous les éléments à la fois dans un «hyper espace» à douze dimensions: le programme calcule en effet par la méthode des moindres carrés la meilleure «hyper droite» passant par l'enclave

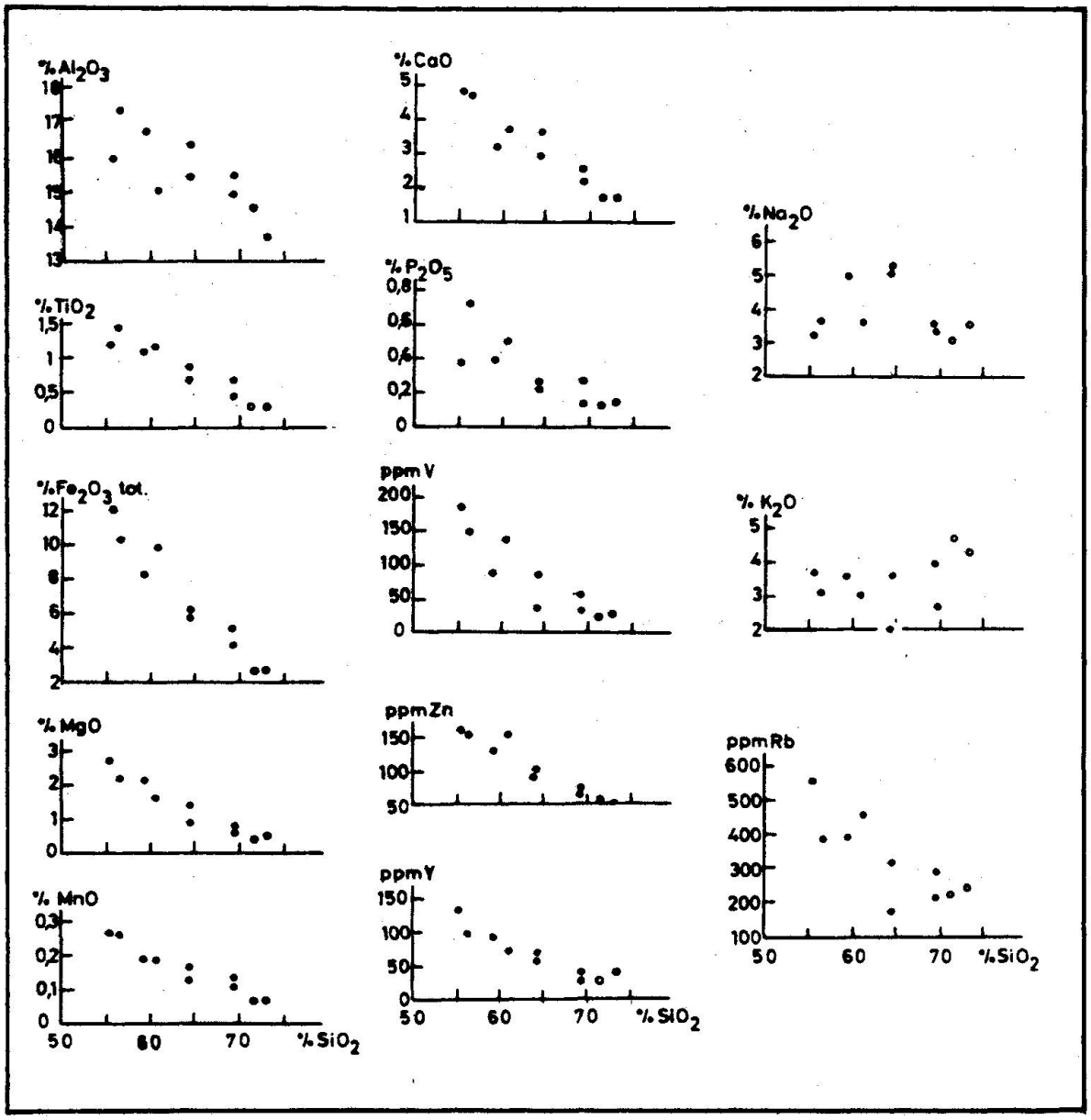

Fig. 3 Diagrammes binaires des oxydes en fonction de SiO_2; cercles vides: granites, cercles pleins: enclaves.

considérée et les points extrêmes (granite et enclave 1 la plus pauvre en SiO_2), évitant ainsi des calculs graphiques fastidieux. (Ce traitement mathématique a été mis au point en langage basic dans notre laboratoire par C. SCHOUMACHER et J.C. DUCHESNE, non publié.)

Bien que les résidus ne soient pas toujours très faibles, on peut néanmoins considérer que les résultats obtenus sont satisfaisants et admettre la linéarité de la relation entre les enclaves et le granite, compte tenu des sources d'erreurs possibles qui sont en effet nombreuses:

- contamination mécanique même très faible, de l'enclave 1 et de l'enclave

Tab. 2 Tableau des résultats du calcul de mélange; GR: moyenne des deux granites, (1): enclave la plus basique.
Remarques:
- Le granite est mélangé au liquide le plus basique connu de la série, c'est-à-dire l'enclave 1. Cette approximation n'aura d'influence que sur l'estimation des proportions relatives de liquides basique et granitique participant au mélange.
- Les matrices de données ont été construites sans tenir compte des alcalins et du Rb en raison de la dispersion de ces éléments sur les diagrammes binaires.

a. - Exemple d'une matrice de données

%	GR	(1)	(8)
SiO_2	72,12	55,51	61,27
TiO_2	0,33	1,24	1,20
Al_2O_3	14,12	16,01	15,18
Fe_2O_3	2,7	12,14	9,91
MnO	0,07	0,27	0,19
MgO	0,49	2,83	1,63
CaO	1,68	4,77	3,69
P_2O_5	0,13	0,37	0,49
V	$2,4.10^{-3}$	$1,78.10^{-2}$	$1,36.10^{-2}$
Y	$3,3.10^{-3}$	$1,34.10^{-2}$	$7,2.10^{-3}$
Zn	$5,3.10^{-3}$	$1,57.10^{-2}$	$1,50.10^{-2}$
Ce	$4,5.10^{-3}$	$4,7.10^{-3}$	$2,2.10^{-3}$

Résultats : somme des carrés des résidus : 0.813168
proportion de GR : 0,295583
proportion de (1) : 0,708681

b. - Ensemble des résultats

Ech n°s	Somme des carrés des résidus	Proportion de GR	Proportion de (1)
(8)	0,813168	0,295583	0,708681
(7)	0,105792	0,770719	0,250729
(6)	4,54395	0,094329	0,895725
(5)	3,68009	0,579633	0,40899
(4)	1,2757	0,816133	1,90316
(3)	3,80756	0,310211	0,670324
(2)	1,14903	0,564109	0,426166

considérée, par des phénocristaux provenant du granite (biotite, FK, P, quartz);
- transformation deutérique de l'amphibole en biotite, impliquant nécessairement la migration de certains ions;
- migration des éléments lors de phénomènes hydrothermaux liés soit à la fin de la cristallisation du granite, soit à la tectonique alpine;
- composition non nécessairement adéquate des deux termes extrêmes choisis: enclave 1 et granite.

Il existe, d'autre part, un autre argument en faveur de l'hypothèse du mélange: les éléments tels que l'Y qui d'ordinaire sont hygromagmatophiles au cours d'un processus de fractionnement, montrent ici au contraire une teneur croissante dans les enclaves les plus basiques. Il est difficile de concevoir une minéralogie qui permette à ces éléments d'avoir un coefficient de partage global supérieur à 1 tout au long d'un fractionnement (par cristallisation ou par fusion) dont les termes extrêmes présentent une différence de 15% en silice. On a donc un mélange d'un terme basique riche et d'un terme acide moins riche en ces éléments.

Enfin, eu égard au volume du granite du Mont Blanc, on ne voit pas où pourrait se trouver le volume important de résidus basiques provenant d'un fractionnement; en tout cas, les études géophysiques n'en montrent pas l'existence (divers 1980).

NATURE ET ORIGINE DU LIQUIDE PLUS BASIQUE

Afin de préciser davantage le type de magma basique qui est à l'origine des enclaves, on lui a appliqué l'indice de PEACOCK, revu par BROWN (1961). Le diagramme de BROWN (fig. 4) présente l'intérêt suivant: tous les liquides magmatiques s'alignent sur des droites sensiblement parallèles, chaque droite correspondant à un groupe de magmas cogénétiques (provinces géochimiques). Le liquide basique qui nous intéresse serait représenté dans ce diagramme par un point situé dans la zone B. On peut en effet concevoir que l'enclave 1 résulte elle-même d'un mélange avec une faible proportion de liquide acide.

Il peut donc être soit légèrement alcalin, soit alcali-calcique, selon la valeur de sa teneur en SiO_2 entre 45% et 55%.

Il est intéressant de noter que ce magmatisme présente des points communs avec ceux qui ont été décrits par PAGEL et LETERRIER (1980) dans les Ballons des Vosges et par BARRIÈRE (1977) à Ploumanach. Nous voudrions toutefois, à ce propos, faire la remarque suivante en ce qui concerne la nomenclature. Depuis quelques années plusieurs géologues ont adopté, pour qualifier ce magmatisme, le terme de «sub-alcalin potassique». Or, si on se réfère au diagramme de BROWN (fig. 9), on constate que les magmas dits «sub-alcalin potassiques» des

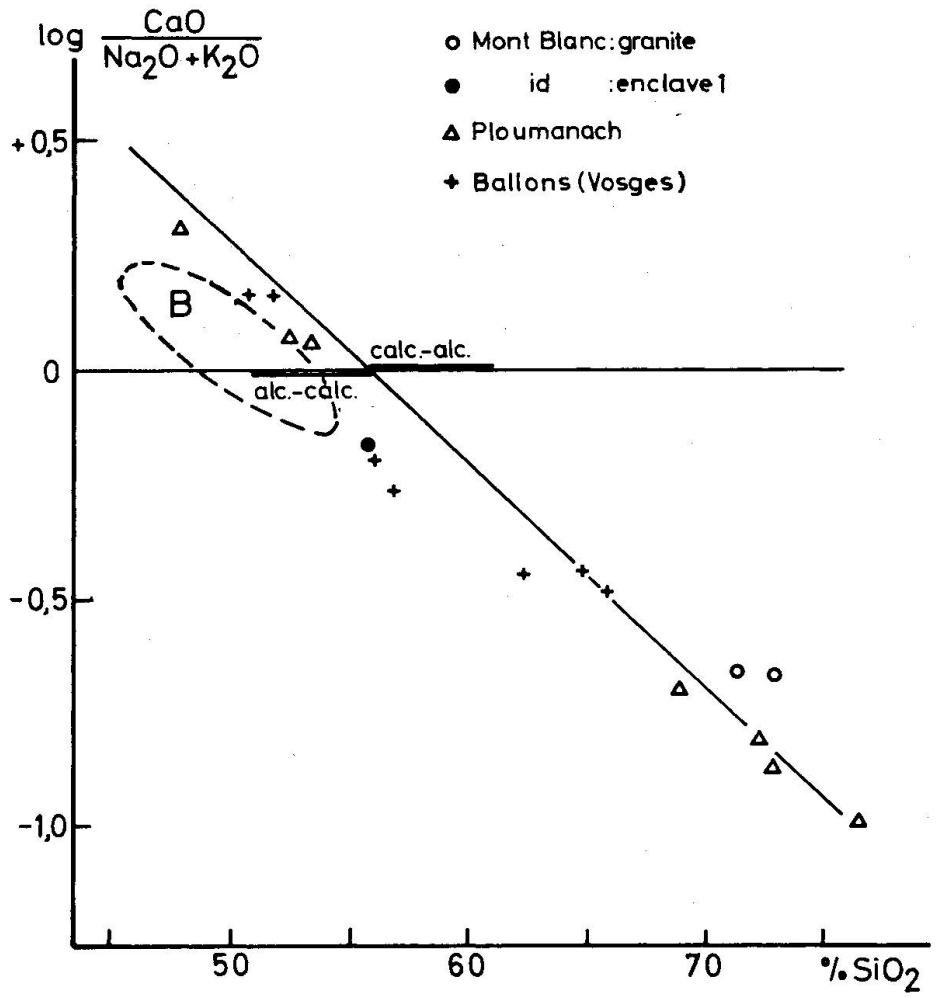

Fig. 4 Diagramme de Brown (voir le texte).

Ballons des Vosges et de Ploumanach, entrent dans la catégorie qualifiée d'«alcali-calcique». Il s'agit d'un magmatisme riche en FeO et en K_2O, mais dont la somme $Na_2O + K_2O$ n'est pas assez élevée par rapport à CaO, pour qu'il soit alcalin et trop élevée pour qu'il soit calco-alcalin. Il faut remarquer toutefois que ces hypothèses sont à considérer avec certaines réserves, en raison de la mobilité possible des alcalins.

DISCUSSION

Le problème du magmatisme alcali-calcique associé à des granitoïdes tardi-tectoniques est donc une fois de plus posé. Ce type de magma potassique ne résulte probablement pas d'une lignée magmatique engendrée par différenciation pure. Selon WATSON (1982) l'hypothèse d'une contamination sélective par l'éponte ou les épontes successives d'un magma basique initial, serait possible.

On peut penser d'autre part, que ce magmatisme basique pourrait être responsable de la fusion d'une partie de la croûte continentale, engendrant ainsi les granites qui lui sont associés. Toutefois, le problème se pose du volume de magma basique nécessaire à la fusion de volumes tels que celui du batholite du Mont Blanc. Il est probable que cette fusion soit facilitée par la quantité et la nature des éléments volatiles présents, ainsi que par la chaleur produite lors de la cristallisation fractionnée d'une partie du magma basique. Un autre problème est celui du contexte géodynamique dans lequel il peut être engendré. La géochimie des isotopes et celle des terres rares seront vraisemblablement d'un grand intérêt dans ce domaine.

Conclusion

La plupart des enclaves du granite du Mont Blanc ont une origine magmatique et résultent de l'introduction, dans le magma granitique en voie de cristallisation, de gouttes de liquides plus basique qui ne sont pas dissous dans ce magma.

Les arguments qui permettent cette interprétation se résument comme suit:

1. Il existe, dans le granite, des enclaves d'origine non magmatique, qui sont des morceaux de gneiss encaissant. Elle n'ont rient de comparable avec celles qui nous occupent.
2. Celles-ci ont en général une forme sphérique dans les granites non orientés. Dans les granites orientés par les structures de flux, les enclaves ont la forme de fuseaux parallèles à ces structures. Dans les deux cas, leur structure interne est isotrope.
3. Il existe des phénocristaux du granite (FK, P. Biot., Q) inclus dans les enclaves. Certains d'entre eux ne sont que partiellement engagés dans l'enclave (cristaux à cheval sur le contact).
4. Des enclaves de schistes cristallins (amphibolites), à contanct net sont incluses dans les enclaves isotropes et possèdent d'ailleurs une autre composition.
5. Il existe, dans bon nombre d'enclaves, des faciès de trempe indiquant qu'elles sont arrivées dans le magma granitique avec une température nettement supérieure à celui-ci. Ces faciès sont caractérisés par:
   - des bordures figées, de grain très fin et sans quartz;
   - une granularité systématiquement inférieure à celle du granite, ce qui indique des phénomènes de saturation;
   - des apatites en fines aiguilles témoignant de la trempe du liquide (R. Agiolas, A. Baumer, 1978; Wyllie, Cox, Bizzan, 1962);
   - des plagioclases en tablettes allongées (Lofgren, 1974) témoignant également d'un refroidissement rapide du liquide magmatique.

6. Les enclaves présentent une gamme de compositions chimiques. Cette diversité ne provient pas d'un processus de fractionnement, mais du mélange en proportions diverses de magma granitique avec un liquide plus basique de type alcali-calcique (indice de Peacock). Ces mélanges ont dû s'effectuer dans des chambres plus profondes, avant l'introduction des gouttes liquides dans la masse granitique fondue.

Remerciements

Nous sommes reconnaissants à M. J.C. Duchesne qui a bien voulu relire le manuscrit et dont les remarques constructives nous ont été précieuses.

Les analyses chimiques ont été effectuées dans le cadre du Collectif Interuniversitaire de Géochimie Instrumentale (Directeur: J.C. Duchesne).

Bibliographie

AGIOLAS R., BAUMER A., 1978: Synthèse de chlorapatite par voie hydrothermale: étude de l'influence de la sursaturation sur l'évolution des faciès des cristaux. Canadian Mineralogist, vol. 16, pp. 285–290.

ARTH J.G., 1976: Behavior of trace elements during magmatic processes. A summary of theoretical models and their applications. J. Res. U.S. Geol. Survey, vol. 4, n° 1, pp. 41–47.

BESSON M., FONTEILLES M., 1974: Relations entre les comportements contrastés de l'alumine et du fer dans la différenciation des séries tholéitique et calcoalcaline. Bull. Soc. franc. Minér. Cristall., 97, pp. 445–449.

BARRIÈRE M., 1977: Le complexe de Ploumanach, massif armoricain. Thèse de doctorat, Brest.

BELLIÈRE J., 1971: Mylonites, blastomylonites et domaines polymétamorphiques. Ann. Soc. Géol. de Belg., T. 94, fasc. III, pp. 249–263.

BELLIÈRE J., 1980: Massif du Mont Blanc et des Aiguilles Rouges. Structure et pétrologie du socle. Géol. Alpine, T. 56, pp. 237–249, 26e Cong. Géol. Intern. excursion 149.

BROWN C.C., 1961: Space and time in granite plutonism. Phil. Trans. R. Soc. London, A301, pp. 321–336.

CORBIN P., OULIANOFF N.: Cartes géologiques du massif du Mont Blanc; feuille d'Argentière (1932), feuille de Talèfre (1935), feuille de Tacul et du Col du Géant (1938). Société française de Stéréotopographie.

DEBON F., 1975: Les massifs granitoïdes à structure concentrique de Cauterets - Panticosa (Pyrénées occidentales) et leurs enclaves. Sc. de la Terre, mémoire n° 33.

DEER W.A., HOWIE R.A., ZUSSMAN J., 1962: Rock forming minerals. Longman.

DEMANGE M., 1982: Etude géologique du massif de l'Agout, Montagne Noire - France. Thèse de doctorat, Paris IV.

LOFGREN G., 1974: An experimental study of plagioclase crystal morphology: isothermal cristallization. Am. J. of Sc. vol. 274, pp. 243–273.

ORSINI J., 1979: Contribution à la connaissance des granitoïdes tardi-orogéniques du batholite corso-sarde. Les enclaves sombres de l'association plutonique calco-alcaline. Travaux des laboratoires des Sciences de la Terre, série C, n° 3.

PAGEL M., LETERRIER J., 1980: The subalkaline potassic magmatism of the Ballons massif (Southern Vosges, France): shoshonitic affinity. Lithos 13, pp. 1–10.

ROEDDER E., 1979: Silicate liquid immiscibility in magmas. The evolution of the igneous rocks. Princeton University press: The evolution of the igneous rocks, fiftieth anniversary perspective, chapter 2.

STEWART D.B., 1956: Rapakiwi granite from eastern Denolscot Bay, Maine. Congr. Geol. Int. 20e sess., Mexico.

TREUIL M., JORON J.L., 1975: Utilisation des éléments hygromagmatophiles pour la simplification de la modélisation quantitative des processus magmatiques. Exemples de l'Afar et de la dorsale médio-atlantique. Soc. Ital. Miner. Pétr. Milano, vol. XXXI (1), pp. 125-174.

TUTTLE O.F., BOWEN N.L., 1958: Origin of granite in the light of experimental studies in the system Na Al Si_3O_8 - K Al Si_3O_8 - SiO_2 - H_2O. Geol. Soc. of Am., Mém. 74.

VON RAUMER J., 1967: Kristallisation und Gefügebildung im Mont Blanc-Granit. Schweiz. Miner. und Petrog. Mitt. Bd. 47, Heft 2, pp. 499-579.

VON RAUMER J., 1981: Variscan events in the Alpine region. Geologie en Mijnbouw, vol. 60, n° 1, pp. 67-80.

VON RAUMER J., 1976: Le massif du Mont Blanc, socle pré-permien dans un cadre alpin. Bull. Soc. Frib. Sci. Nat., 65, pp. 123-155.

WATSON E.B., 1976: Two liquids partition coefficients: experimental data and geochemical implications. Contrib. Miner. Petrol., vol. 56, pp. 119-134.

WATSON E.B., 1982: Basalt contamination by continental crust: some experiments and models. Contrib. Miner. Petr., vol. 80, pp. 73-87.

WYLLIE D.J., COX K.G., 1962: The habit of apatite in synthetic systems and igneous rocks. Journ. Petr., vol. 3, part 2, pp. 238-243.

DIVERS: Symposium: Alpine Geotraverses, 1980. Ecl. Geol. Helv. vol. 73, n° 2.

Manuscrit reçu le 11 juillet 1983.