

Organisation géochimique et intrusion du granite du Mont Blanc et de deux leucogranites

Autor(en): **Marro, Christian**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **68 (1988)**

Heft 3: **Geodynamik des eurpäischen Variszikums : Kaledonisch-Variszische Strukturen in den Alpen**

PDF erstellt am: **17.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-52087>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Organisation géochimique et intrusion du granite du Mont Blanc et de deux leucogranites

par *Christian Marro*¹

Abstract

The Mont Blanc granite represents calc-alkaline trends of evolution. Two stages of crystallization can be recognized. An early stage, representing deeper levels of crystallization, is characterized by quartz and plagioclase which have been resorbed during the rise of the magma. A second stage, formed in place, is mainly characterized by K-feldspar megacrysts. The geochemical investigations reveal an internal organization of the granite body which can be explained by differentiation during rise of magma.

Two types of leucocratic microgranites were emplaced in the joints of the main granite body up to less than 3000 m below surface. They also display two stages of crystallization (an early stage from deeper levels and a later one in place), and one of them displays also regular distribution patterns. Both microgranites represent strongly differentiated terms of a granitic magma close to that of the original Mont Blanc granite.

Keywords: granite, magmatic differentiation, geochemistry, Mont Blanc.

Résumé

Le granite calco-alcalin du Mont Blanc présente deux étapes de cristallisation. L'une, profonde, est marquée par des quartz et plagioclases corrodés durant l'ascension du magma. L'autre, in situ, est dominée par le feldspath potassique, qui apparaît sous la forme de mégacristsaux idiomorphes. L'étude géochimique met en évidence une organisation régionale du corps granitique mise sur le compte de la différenciation pendant l'intrusion du magma.

Deux types de microgranites leucocrates ont fait intrusion dans des fissures du granite du Mont Blanc jusqu'à moins de 3000 m de la surface. Eux aussi présentent deux étapes de cristallisation (l'une précoce et profonde, l'autre tardive et in situ), et l'un d'eux possède une organisation régionale. Il s'agit de termes fortement différenciés d'un magma parent de celui qui a donné naissance au granite du Mont Blanc.

1. Introduction

Le massif du Mont Blanc est l'un des massifs cristallins externes de l'arc alpin. Le granite calco-alcalin du même nom y a fait intrusion à la fin de l'orogénèse varisque. Il a pris place dans un massif polymétamorphique essentiellement constitué de paragneiss varisques (HÜGI et VON RAUMER, 1975) contenant des reliques de socle et couverture plus anciens (VON RAUMER, 1984). Lui-même est traversé par des filons de roches leucocrates (MARRO, 1987).

L'extrusion de rhyolite en sa bordure E est la dernière manifestation importante liée à l'orogénèse varisque (fig. 1).

L'orogénèse alpine a donné au massif du Mont Blanc son allure actuelle, le soulevant et le déjetant vers le NW (AYRTON, 1980). Un métamorphisme de degré schistes verts a été actif simultanément (VON RAUMER, 1974). Les inclusions fluides dans les quartz de fissures indiquent des températures et pressions de l'ordre de 400 °C et 2,5 kb (POTY, STALDER et WEISBROD, 1974).

¹ ABA-GEOL SA, rue du Collège 1, 1530 Payerne.

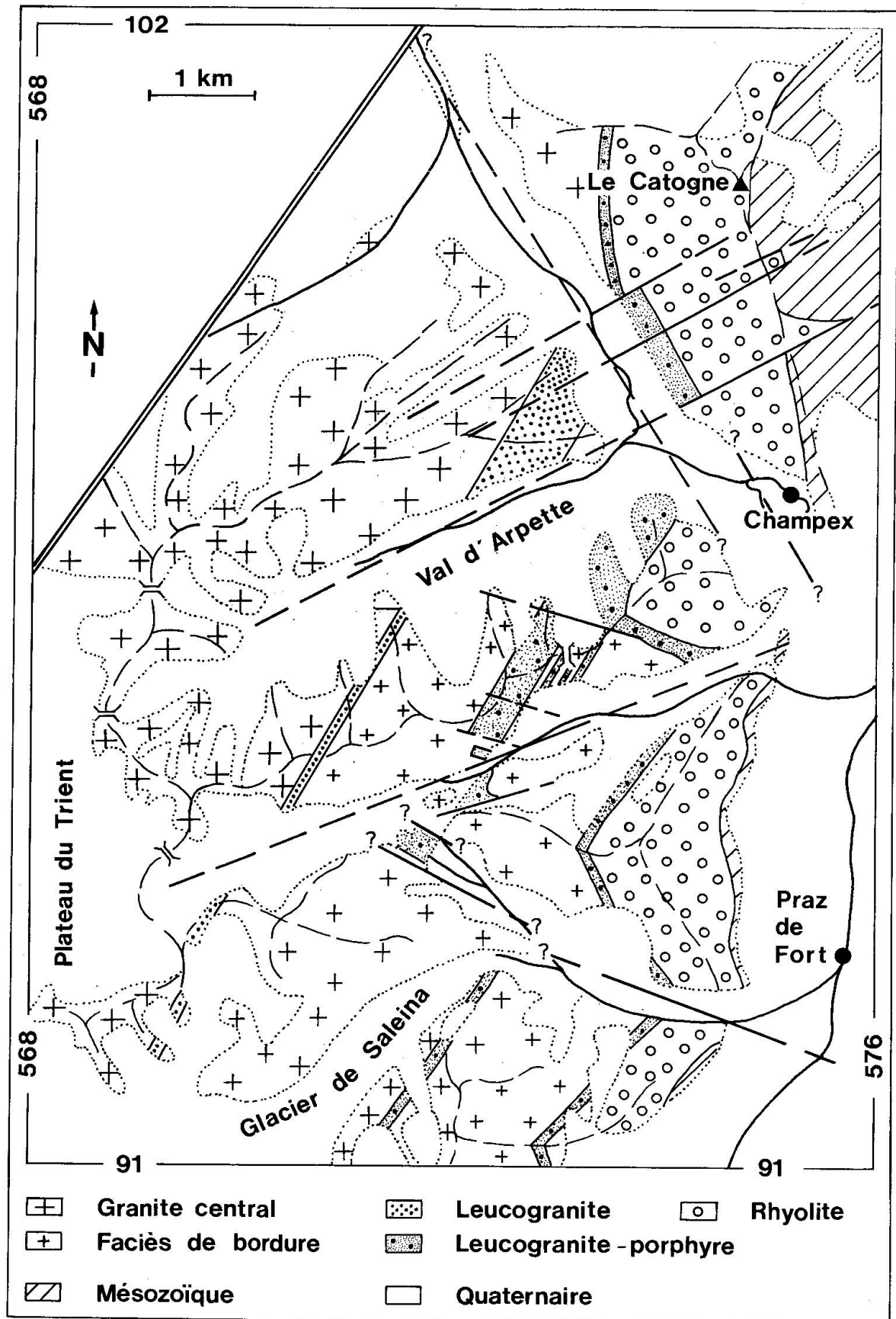


Fig. 1 Carte géologique schématique des roches granitiques du Mont Blanc situées en Suisse. La largeur des filons est exagérée pour permettre de les distinguer.

Malgré ce métamorphisme, le granite du Mont Blanc et les granites leucocrates présentent des tendances évolutives géochimiques régionales très bien marquées, comme le montrent 69 analyses chimiques d'échantillons prélevés dans les parties suisse et frontalière du corps granitique. Le but de cet article est de montrer qu'ils sont dus à une différenciation par écoulement pendant l'intrusion des magmas respectifs. Ce but était l'un des objectifs d'un travail de thèse récemment exécuté à l'Institut de Minéralogie et Pétrographie de l'Université de Fribourg (MARRO, 1987).

2. Types de roches

2.1. GRANITE DU MONT BLANC

Le granite central du Mont Blanc possède une texture porphyroïde due à la taille pluricentimétrique de ses feldspaths potassiques, par ailleurs orientés. Les grains de la matrice ont un diamètre de 0,5 à 1 cm.

Le quartz se présente sous deux formes correspondant à deux générations: il est en général interstitiel et tardif, mais il en existe de petits individus précoces subidiomorphes, à golfes de corrosion magmatique, volontiers englobés dans les mégacristaux de feldspath potassique. Ce dernier phénomène est le plus fréquent dans les zones bordières, externes du granite du Mont Blanc. Le quartz porte des traces des événements alpins allant de l'extinction roulante à la recristallisation complète par polygonisation, décrites par VOLL (1976). Le plagioclase met en évidence les deux mêmes étapes de cristallisation que le quartz. Il est en général interstitiel et tardif, mais de nombreux individus précoces sont présents sous forme squelettique dans les mégacristaux de feldspath potassique. Comme dans le cas du quartz, ce dernier type est le plus fréquent dans les zones bordières du granite du Mont Blanc. Maclé suivant la loi de l'albite, le plagioclase a une teneur originelle en An de 30 à 35%. Il a été saussuritisé et fracturé lors des événements alpins.

Les feldspaths potassiques, microperthitiques, au beau contour rectangulaire, existent aussi bien sous la forme de mégacristaux que comme éléments de la matrice. Ils se sont tous formés au même moment, après les quartz et plagioclases précoces qu'ils englobent, et avant – ou éventuellement en même temps – que les

quartz et plagioclases interstitiels. Le feldspath potassique possède des fractures remplies de quartz, albite et biotite verte. La biotite, originellement brune, prend une couleur verte due à la perte du Ti que l'on retrouve dans les petites titanites soulignant son clivage basal. Elle est souvent chloritisée. On observe en outre quelques pseudomorphoses de la biotite d'après la hornblende. Les minéraux magmatiques accessoires sont la titanite, l'orthite, le zircon et l'apatite. Outre la chlorite, les minéraux néoformés d'âge alpin sont l'épidote et la clinozoïsite qui tendent à remplir les fractures de la roche, ainsi que le stilpnomélane.

Le granite du Mont Blanc, à texture porphyroïde, et sa bordure équigranulaire ont une forme amygdalaire orientée NNE et forment l'ossature du massif du même nom.

2.2. GRANITES FILONIENS LEUCOCRATES

Il y a deux types de microgranites leucocrates, dont nous nommons la variété équigranulaire leucogranite et la variété porphyrique, à phénocristaux de quartz, leucogranite-porphyre. Les deux sont caractérisés à l'affleurement par des «gouttes» de quartz et la matrice du second est, à la granulométrie près, semblable au premier. Elles ont parfois des comportements pegmatitiques et peuvent présenter des textures lithographiques ou granophyriques.

Sauf exception, qui sera expressément mentionnée, les minéraux de ces roches ont subi les mêmes influences et transformations alpines que ceux du granite du Mont Blanc. Comme dans celui-ci, il y a deux générations de quartz et plagioclase. Les premiers sont subidiomorphes, corrodés et parfois englobés dans les feldspaths potassiques, les seconds sont interstitiels. Les quartz précoces sont ici plus nombreux que dans le granite du Mont Blanc, les plagioclases de même âge le sont beaucoup moins. Les plagioclases tardifs présentent la macle polysynthétique de l'albite à lamelles très fines. Leur teneur moyenne en An est de 8%. Fait exceptionnel, ils ne sont pas saussuritisés.

Le feldspath potassique est le plus souvent microperthitique et le quadrillage typique du microcline est très courant. Il est sensiblement idiomorphe. Les proportions de quartz tardif, de plagioclase tardif et de feldspath potassique

sont semblables. Ces roches contiennent en outre un peu de biotite verte, ainsi que les minéraux magmatiques accessoires orthite, zircon et muscovite.

Mis à part la position particulière de «semelle» entre le granite du Mont Blanc et la rhyolite sus-jacente (MARRO, 1987), ces microgranites leucocrates occupent des filons subverticaux, orientés SSW-NNE à SW-NE, dont la largeur peut atteindre plusieurs centaines de mètres. Le leucogranite est le plus démonstratif à cet égard, il forme un véritable panneau orienté N30, qui a conservé une rectitude remarquable malgré les événements alpins et dont on retrouve la trace 1400 m sous la surface dans les galeries d'amenée d'eau d'Electricité d'Emosson SA. Il sépare le granite central du Mont Blanc à l'WNW de son faciès de bordure à l'ESE (fig. 1).

3. Géochimie

La fig. 2 et le tab. 1 présentent les résultats de 36 analyses de granite du Mont Blanc, 13 de leucogranite et 20 de leucogranite-porphyre. Le TiO_2 , peu mobile, sert de référence. L'excellent trend Fe_{tot} , peu mobile également, versus TiO_2 montre la validité de ce choix: ces deux éléments ne concernent, à peu de chose près, qu'un seul minéral, la biotite, dont il n'existe qu'une seule génération magmatique. Si le métamorphisme alpin a permis l'extraction du Ti du réseau, celui-ci se trouve toujours sur la biotite, dans la titanite.

3.1. GRANITE DU MONT BLANC

La concentration en biotite décroît du cœur à la bordure du granite du Mont Blanc. La quantité de TiO_2 diminue donc de ses zones les plus internes à ses zones les plus externes. Il en va de même du Fe_{tot} , du CaO , du Zr et du Sr. Le SiO_2 , le K_2O et le Rb augmentent par contre du cœur au bord du granite. Le Na_2O ne présente aucune tendance, mais un large nuage de points. Il a été remobilisé lors du métamorphisme alpin, par la transformation des plagioclases. Quant au Ca, également libéré lors de ce processus, il est resté avec le plagioclase, dans la saussurite.

Etant donné la simplicité minéralogique de ce granite, il est possible d'estimer directement

à partir des analyses chimiques les tendances des minéraux cardinaux, sans passer par l'analyse modale peu précise dans le cas d'une roche au grain si grossier: les zones internes sont les plus riches en biotite et plagioclase et les plus externes en feldspath potassique et quartz. Aussi le cœur du granite du Mont Blanc a-t-il un caractère plus basique que sa bordure. Tout effet de coupe est exclu, les sommets les plus élevés se trouvant dans les zones internes du granite.

3.2. GRANITES FILONIENS LEUCOCRATES

Le TiO_2 n'a plus ici sa valeur de repère. Tous les échantillons en possèdent à peu près la même quantité. On peut cependant dégager des tendances régionales: le CaO et le K_2O du leucogranite diminuent des zones internes aux zones externes, alors que le Na_2O et le Rb augmentent. Le Fe_{tot} , le SiO_2 , le Zr et le Sr présentent, eux, des nuages de points serrés. Contrairement au granite central, le Na_2O présente une tendance bien marquée: le plagioclase, pauvre en Ca, ne présente pas ici de saussurite, il n'a pas été transformé par le métamorphisme alpin. En terme de minéraux, les zones les plus internes du leucogranite sont les plus riches en feldspath potassique et plagioclase le moins acide, alors que les plus externes sont les plus riches en plagioclase le plus acide, les autres minéraux apparaissant partout en proportions sensiblement égales.

Les points représentatifs du leucogranite-porphyre (fig. 2) tendent à présenter la même image que ceux du leucogranite, mais sans faire apparaître de tendance régionale.

4. Intrusion - organisation interne

4.1. GRANITE DU MONT BLANC

Le caractère intrusif du granite du Mont Blanc est mis en évidence par le fait qu'il recoupe toutes les structures antérieures et par son contact magmatique net avec son encaissant. Les témoins de son origine profonde sont les plagioclases squelettiques et les quartz corrodés que l'on trouve dans les feldspaths potassiques. La première étape de cristallisation, en profondeur, voit en effet l'apparition - outre la biotite - des minéraux clairs quartz et plagio-

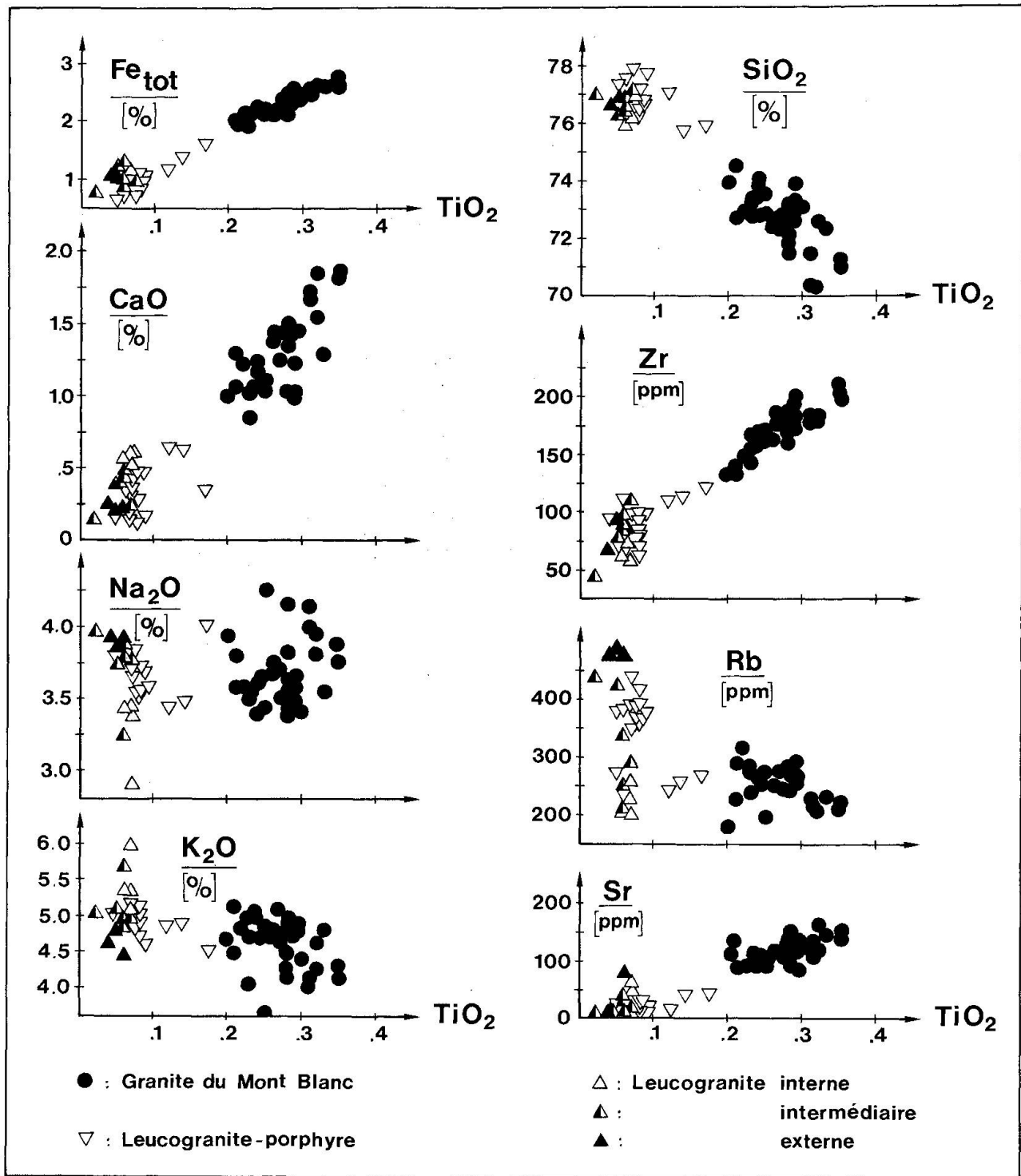


Fig. 2 Organisation interne des roches granitiques du Mont Blanc. Mise en évidence par les variations d'éléments et oxydes importants en fonction de TiO₂, peu mobile. Granite du Mont Blanc: les zones les plus internes sont les plus riches en TiO₂, ce qui indique le sens des tendances: Fe_{tot}, CaO, Zr et Sr diminuent des zones internes aux zones externes, tandis que SiO₂, K₂O et Rb augmentent. Na₂O, perturbé par le métamorphisme alpin, ne présente aucun trend. Leucogranite: seuls à présenter des tendances régionales, CaO et K₂O diminuent des zones internes aux zones externes, tandis que Na₂O et Rb augmentent. Leucogranite-porphyre: Na₂O et Rb présentent des tendances, mais sans correspondance régionale.

Tab. 1 Analyses chimiques. GMB: granite du Mont Blanc. LG: leucogranite. LGP: leucogranite-porphyre. I---E: de la région la plus interne à la région la plus externe de la roche considérée. n: nombre d'échantillons analysés. PF: perte au feu.

Les quantités de roche prélevées en vue d'analyses sont de 5 kg pour le granite du Mont Blanc (grossier) et de 3 kg pour les roches leucocrates (fines). Les échantillons sont concassés puis réduits en poudre dans une meule en WC à ciment de Co. Des pastilles de matériel vitrifié, respectivement pressé, servent à l'analyse des éléments majeurs et des traces. La méthode est celle utilisée de manière standard à l'Institut de Minéralogie et Pétrographie de l'Université de Fribourg.

Pastilles en verre: dosage sur une balance d'1,2 g d'échantillon calciné 1 h à 1000°C, de 5,7 g de tétraborate de lithium et de 0,3 g de fluorure de lithium. Le mélange est placé dans un creuset en Pt-Au puis fondu au four en 10 minutes à 1150°C. Il est ensuite versé dans une coupelle en Pt-Au, préchauffée au rouge au moyen d'un bec Meker, et tout de suite trempé avec de l'air comprimé.

Pastilles pressées: 10 g d'échantillon sont mélangés en présence d'1 ml de solution aqueuse saturée de MOWIOL puis pressés 1 minute à 4 tonnes dans une forme. La tablette sèche ensuite sous vide pendant 24 heures à 80°C.

Mesure: spectromètre à rayons X PHILIPS PW 1400 à anticathode en Cr. La conversion des valeurs mesurées en concentrations se fait au moyen de courbes d'étalonnage établies avec des échantillons géochimiques de référence (USGS, NIM, ANRT...). Les calculs sont effectués par une calculatrice HP 85. Les effets de matrice, gênant la mesure des éléments majeurs, sont corrigés par l'utilisation des coefficients alpha de PHILIPS.

poids %	G M B							L G				L G P
	I	-----	E	Moy.				I	-----	E	Moy.	Moy.
n	2	4	5	4	15	6	36	4	6	3	13	20
SiO ₂	71.13	71.45	72.64	72.21	73.12	73.08	72.65	76.37	76.69	76.76	76.61	76.89
TiO ₂	.35	.31	.28	.27	.26	.25	.27	.07	.05	.05	.06	.08
Al ₂ O ₃	14.20	14.27	13.49	13.85	13.68	13.64	13.76	12.42	12.39	12.55	12.44	12.39
Fetot	2.69	2.54	2.35	2.31	2.17	2.26	2.29	1.06	.99	1.03	1.02	.98
MnO	.07	.07	.06	.06	.05	.06	.06	.04	.04	.05	.04	.03
MgO	.91	.53	.53	.46	.43	.49	.50	.11	.25	.19	.19	.30
CaO	1.85	1.64	1.36	1.24	1.25	1.13	1.32	.58	.36	.23	.40	.39
Na ₂ O	3.81	4.01	3.56	3.84	3.58	3.60	3.67	3.30	3.74	3.90	3.64	3.68
K ₂ O	4.19	4.36	4.56	4.54	4.78	4.86	4.66	5.41	5.09	4.61	5.08	4.88
P ₂ O ₅	.10	.10	.09	.08	.08	.08	.08	.01	.01	.01	.01	.02
PF	.53	.43	.51	.52	.53	.53	.52	.24	.27	.38	.28	.31
Total	99.82	99.69	99.43	99.35	99.93	100.00	99.77	99.59	99.87	99.77	99.76	99.95
ppm												
Ba	600	617	556	517	519	480	533	106	41	31	59	60
Rb	219	225	243	238	263	273	252	234	328	477	333	359
Sr	138	117	129	104	112	92	112	31	20	31	26	20
Zr	208	280	172	167	169	167	172	72	80	82	78	80
Zn	38	51	40	40	38	46	41	21	13	19	17	13
Cu	6	10	4	4	5	4	5	14	7	6	9	7
Ni	8	22	5	10	6	7	9	19	8	10	12	9
Cr	8	10	7	5	9	8	8	5	9	11	8	8

clase. Or le quartz et surtout le plagioclase constituent volontiers la phase liquidus pour des magmas sous-saturés en eau et profonds comme l'est celui qui a donné naissance au granite du Mont Blanc. C'est ce que montrent les nombreux travaux de WYLLIE (1977, 1979, 1983), WYLLIE, HUANG, STERN et MAALOE (1976), MAALOE et WYLLIE (1975) et WHITNEY

(1975). Le granite faisant intrusion, la pression baissant - à température sensiblement constante - le système s'approche du liquidus et les quartz et plagioclases précoces sont résorbés (WYLLIE, 1979, p. 489).

La seconde étape de cristallisation est dominée par le feldspath potassique et voit l'apparition finale de quartz et plagioclases interstitiels.

Les premiers feldspaths potassiques entourent une partie des minéraux précoces et les préservent d'une corrosion totale, d'autant plus qu'ils sont proches du bord du corps granitique et qu'ils cristallisent rapidement. Les feldspaths potassiques orientés montrent que cette espèce minérale a cristallisé dans un milieu encore en mouvement. Les expériences de SWANSON (1977) montrent que le feldspath potassique peut cristalliser extrêmement rapidement et celles de WINKLER et SCHULTES (1982) sur le granite de l'Albtal (homologue en Forêt Noire de celui du Mont Blanc) que la proportion de liquide diminue très rapidement dès qu'il commence à cristalliser. Cette seconde étape de cristallisation n'a donc pu se produire que tout à la fin de l'intrusion.

L'organisation interne du granite du Mont Blanc n'a certainement pas été réalisée au lieu de sa source ni à son emplacement actuel. La faible différence de densité entre cristaux et liquide et la grande viscosité de ce dernier entra-

vent fortement tout processus gravitaire et l'échelle de l'arrangement, concernant toute la masse granitique, est telle qu'il faut faire intervenir un processus beaucoup plus efficace. Le principal artisan de l'organisation interne du granite du Mont Blanc est sans aucun doute la différenciation par écoulement (flowage differentiation) vers le haut du magma faisant intrusion. Quant à la gravité, elle a pu, dans ce contexte, s'exprimer de la manière la plus efficace.

4.2. GRANITES FILONIENS LEUCOCRATES

Le caractère intrusif des granites leucocrates est démontré par le contact magmatique franc avec leur encaissant, le granite du Mont Blanc. Leurs plagioclases et quartz corrodés, sous la forme de phénocristaux dans le cas du leucogranite-porphyre, témoignent de leur origine profonde (voir 4.1.). Cependant, l'essentiel de leur évolution s'est

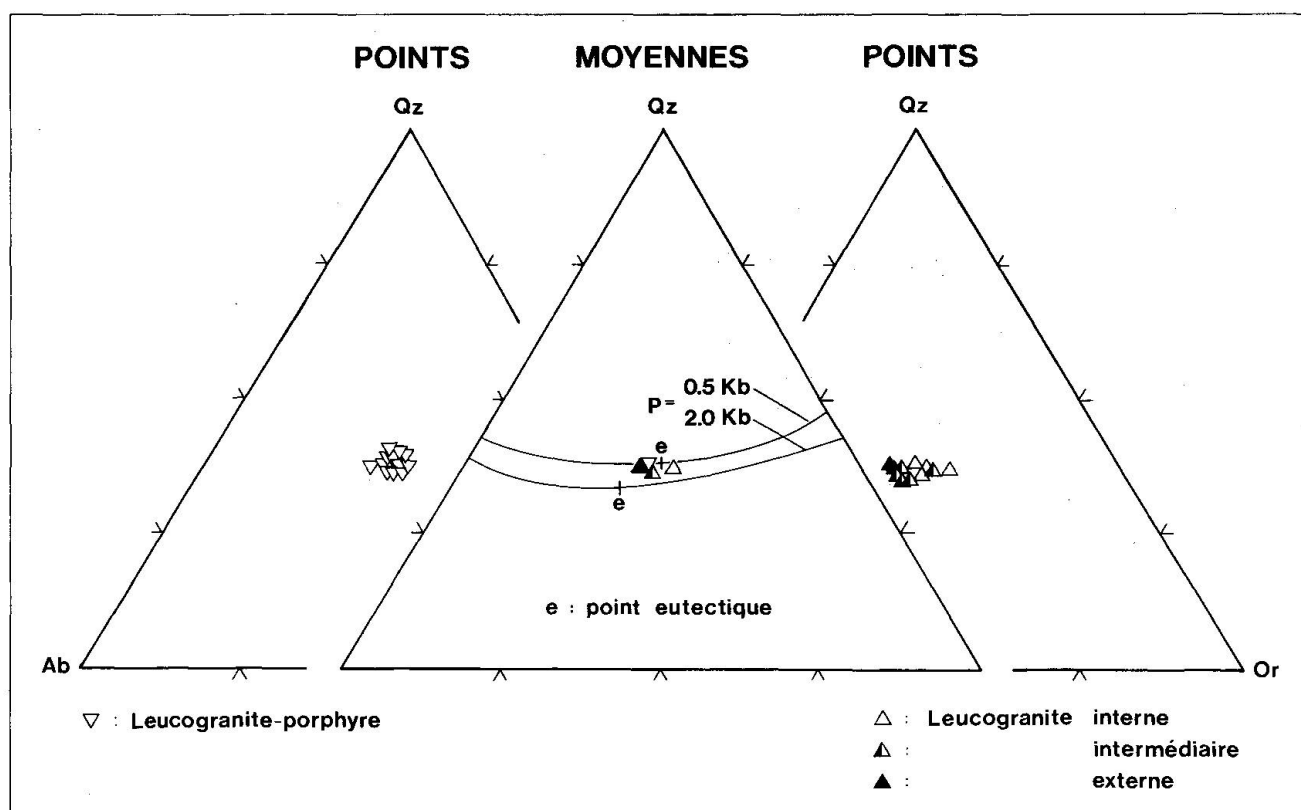


Fig. 3 Système granitique de VON PLATEN (1965). Valable pour $Ab/An = \infty$. Permet de déterminer la profondeur de cristallisation de roches saturées en eau, ce qui est le cas de nos roches leucocrates. Gauche: tous les points du leucogranite-porphyre. Droite: tous les points du leucogranite. Centre: moyennes régionales pour le leucogranite qui possède un trend régional et globale pour le leucogranite-porphyre qui n'en possède pas. La cristallisation du leucogranite se passe «le long de la ligne cotectique» correspondant à une pression d'environ 1 kb. La composition moyenne du leucogranite-porphyre est celle du point eutectique à 0.5 kb.

produite à la fin de leur intrusion. Le triangle Qz-Ab-Or est très parlant à cet égard (fig. 3). VON PLATEN (VON PLATEN, 1965, VON PLATEN et HÖLLER, 1966) y a introduit les lignes cotectiques correspondant à différentes pressions de liquides magmatiques saturés en eau. Saturés, les granites filoniens leucocrates l'étaient certainement, comme en attestent leurs tendances pegmatitiques. Quant aux points, ils ont été calculés à partir des analyses chimiques au moyen de la mésonorme de MIELKE et WINKLER (1979), le second ayant par ailleurs abondamment utilisé le triangle Qz-Ab-Or.

Les points du leucogranite s'alignent sur la ligne cotectique correspondant à une pression d'environ 1 kb, on a donc affaire à un magma très différencié. Les échantillons les plus externes (NNE) sont également les plus proches du point eutectique. Il y a donc eu, pendant la mise en place dans les filons du SSW vers le NNE, à une profondeur de l'ordre de 3 km, une différenciation certainement due en premier lieu à l'écoulement, comme dans le cas du granite du Mont Blanc.

Les points du leucogranite-porphyre ne présentent aucune organisation régionale, mais se groupent autour du point eutectique correspondant à une pression de 0,5 kb. Les observations sont cohérentes: pour atteindre un niveau structural aussi élevé, le magma granitique a dû faire intrusion rapidement et la différenciation n'a pas été active assez longtemps pour conférer à la roche une bonne organisation interne. La texture corrobore les conclusions du triangle Qz-Ab-Or: équi-granulaire dans le leucogranite, elle est porphyrique dans le leucogranite-porphyre, ce qui témoigne d'une cristallisation en milieu plus froid, dans ce cas, à un niveau structural plus élevé.

4.3. RELATIONS ENTRE LES DEUX GROUPES DE ROCHES

Les roches leucocrates ne sont probablement pas directement issues du granite central du Mont Blanc, comme le suggèrent leurs positions structurales respectives, les premières traversant le second. Les diagrammes géochimiques montrent par contre qu'il y a certainement un lien de parenté entre ces roches. Nous pensons que les roches leucocrates sont en fait l'ex-

pression très différenciée d'un magma profond parent de celui du granite du Mont Blanc et dont on ne trouve actuellement aucune trace en surface. En Forêt Noire, EMMERMANN (1977) a mis en évidence un tel processus: évolution de la composition du magma en profondeur, intrusion quand la tectonique le permet, chaque magma faisant intrusion en suivant ses lois propres. Malheureusement, le nombre restreint de granites observés dans le massif du Mont Blanc (3 contre 13 en Forêt Noire) ne nous permet pas de démontrer une telle évolution.

5. Conclusion

Les trois roches étudiées, le granite du Mont Blanc, le leucogranite et le leucogranite-porphyre se trouvent actuellement à la même altitude. Or il a été montré qu'ils ont fait une intrusion toujours plus proche de la surface. Il y a donc eu érosion entre les diverses intrusions, l'activité magmatique se déplaçant au cours du temps de l'WNW vers l'ESE (fig. 1).

Le corps granitique du Mont Blanc et ses structures internes ont une direction NNE. Il en va de même des fractures qui ont accueilli les microgranites leucocrates, particulièrement celle du leucogranite qui met en contact grâce à un important jeu vertical le granite central du Mont Blanc et son faciès de bordure. La mise en place des granites présentés ici a donc été gouvernée par une importante tectonique cassante de direction NNE. Or si l'Europe occidentale connaît une direction tectonique à la fin de l'orogénèse varisque, c'est bien celle-ci. C'est par exemple celle du fossé d'effondrement rhénan qui sépare les massifs des Vosges et de la Forêt Noire (ILLIES, 1965; ILLIES et FUCHS, 1974), lui-même se trouvant au NNE du massif du Mont Blanc.

Références

- AYRTON, S. (1980): La géologie de la zone Martigny-Chamonix (versant suisse) et l'origine de la nappe de Morcles (un exemple de subduction continentale). *Eclogae geol. Helv.* 73, 137-172.
- EMMERMAN, R. (1977): A petrogenetic model for the origin and evolution of the hercynian granite series of the Schwarzwald. *N. Jb. Mineral. Abh.* 128, 219-253.
- HÜGLI, T. und VON RAUMER, J. (1975): Unterwallis-Rhoneknie (Exkursion der SMPG). *Schweiz. mineral. petrogr. Mitt.* 55, 149-156.

- ILLIES, H. (1965): Bauplan und Baugeschichte des Oberrheingrabens. Ein Beitrag zum «Upper Mantle Project». Oberrhein. geol. Abh. 14, 1-54.
- ILLIES, J. H. and FUCHS, K. (Ed.) (1974): Approaches to taphrogenesis. Schweizerbart: Stuttgart.
- MAALOE, S. and WYLLIE, P. J. (1975): Water content of a granite magma deduced from the sequence of crystallization determined experimentally with water-undersaturated conditions. Contr. Mineral. Petrol. 52, 175-191.
- MARRO, C. (1987): Histoire des granitoïdes du Mont Blanc en Suisse. Bull. Soc. Frib. Sc. Nat. 76, 73-128.
- MIELKE, P. und WINKLER, H. G. F. (1979): Eine bessere Berechnung der Mesonorm für granitische Gesteine. N. Jb. Mineral. Mh. 10, 471-480.
- POTY, B. P., STALDER, H. A. and WEISBROD, A. M. (1974): Fluid inclusions studies in quartz from fissures of western and central Alps. Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 54, 717-752.
- SWANSON, S. E. (1977): Relation of nucleation and crystal-growth rate to the development of granitic textures. Amer. Mineral. 62, 966-978.
- VOLL, G. (1976): Recrystallization of quartz, biotite and feldspars from Erstfeld to the Leventina nappe, Swiss Alps, and its geological significance. Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 56, 641-647.
- VON PLATEN, H. (1965): Kristallisation granitischer Schmelzen. Beitr. Mineral. Petrol. 11, 334-381.
- VON PLATEN, H. und HOELLER, H. (1966): Experimentelle Anatexis des Stainzer Plattengneises von der Koralpe, Steiermark, bei 2, 4, 7 und 10 kb H₂O-Druck. N. Jb. Mineral. Abh. 106, 106-130.
- VON RAUMER, J. (1974): Zur Metamorphose amphibolitischer Gesteine im Altkristallin des Mont Blanc- und Aiguilles Rouges-Massivs. Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 54, 471-488.
- VON RAUMER, J. (1984): The external massifs, relics of variscan basement in the Alps. Geol. Rundschau 73, 1-31.
- WHITNEY, J. A. (1975): The effects of pressure, temperature and X_{H₂O} on phase assemblage in four synthetic rock compositions. J. Geol. 83, 1-31.
- WINKLER, H. G. F. and SCHULTES, H. (1982): On the problem of alkali feldspar phenocrysts in granitic rocks. N. Jb. Mineral. Mh. 12, 558-564.
- WYLLIE, P. J. (1977): Crustal anatexis: an experimental review. Tectonophysics 43, 41-71.
- WYLLIE, P. J. (1979): Magmas and volatile components. Amer. Mineral. 64, 469-500.
- WYLLIE, P. J. (1983): Experimental studies on biotite- and muscovite-granite and some crustal magmatic sources. In: ATHERTON, M. P. and GRIBBLE, C. D. (Ed.) "Migmatites, melting and metamorphism". Shiva Publishing: Nantwich.
- WYLLIE, P. J., HUANG, W. L., STERN, C. R. and MAALOE, S. (1976): Granitic magmas: possible and impossible sources, water contents, and crystallization sequences. Can. J. Earth Sc. 13, 1007-1019.

Manuscript reçu le 28 mai 1988; manuscript révisé accepté le 29 septembre 1988.