Etude des inclusions vitreuses et de leur altération : un exemple régional des Alpes dolomitiques (région de Bolzano, Italie)

Autor(en): **Clocchiatti, R.**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **50 (1970)**

Heft 1: **Gas- und Flüssigkeitseinschlüsse in Mineralien**

PDF erstellt am: **28.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-39249

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Etude des inclusions vitreuses et de leur altération: un exemple régional des Alpes dolomitiques (région de Bolzano, Italie)

Par *R. Clocchiatti* (Orsay)*)

Avec 1 table dans le texte et 2 planches

Abstract

Some hundred of quartz phenocrystals from permian porphyries and triassic detritic (10 samples) have been studied mainly by microscopic technics.

In those quartz are generally found glass inclusions, representing trapped droplets of former magma, characterized by their typical form (negative bipyramids). Their sizes are comprised between some microns and 0.5 mm. Sometimes, the glass of these inclusions is optically isotropic, clear in transmitted light, sometimes, it is optically anisotropic and brown in transmitted light indicating a devitrification more or less intense.

In lower permian rocks quartz contain numerous glass inclusions which are recognizable only by their typical forms, glass is always alterated and recrystallised.

In upper permian porphyries only big glass inclusions (size over 50 microns) are modified. The alteration is less intense, there is no leaching of glass or recrystallisation of hydrothermal deposits (chalcedony) in cavities, but it occurs only a partial argillization of glass.

In triassic sandy dolomites, all glass inclusions, even the greatest (more than 200 microns), are still in the vitreous state.

From these observations, we can conclude that differential microfracturation lead to reactions which are different in porphyries and in carbonated rocks. Dolomites appear to be an excellent environment in which quartz grains are only superficially corroded when glass inclusions remain intact.

Résumé

Des inclusions vitreuses des phénocristaux de quartz de la base de coulées volcaniques acides permiennes et de coulées massives supérieures de la région de Bolzano (Italie) ont été examinées, ainsi que des inclusions de grains de quartz d'origine détritique contenus dans un grès à ciment dolomitique du Carnien.

L'examen microscopique révèle que les inclusions primaires ou reliquats magmatiques sont fréquents et d'assez grande dimension, leur contenu vitreux a totalement disparu

*) Institut de Géologie, Orsay 91, France, ER. C.N.R.S. N° 45.

et cédé la place à un remplissage cristallin. Plusieurs types d'altération sont décrits. Les cristaux du Permien inférieur sont caractérisés par un très grand nombre d'inclusions secondaires aqueuses, tantôt disposées dans des plans de cassure, tantôt imbibant entièrement le cristal.

Les cristaux de quartz des coulées supérieures sont moins riches en inclusions secondaires aqueuses. Les altérations y sont moins poussées que dans le cas précédent et les inclusions primaires, de taille inférieure à 50 microns, ont gardé leur remplissage vitreux ainsi que les gaz contenus dans le vide de retrait (souvent sous faible pression).

L'étude des inclusions des grains de quartz du Carnien permet d'affirmer qu'ils sont d'origine volcanique acide. Par ailleurs, on constate que les inclusions primaires, même celles de taille importante, ont conservé leur contenu vitreux dans la majorité des cas, les reliquats magmatiques de taille supérieure à 200 microns y sont fréquents. Parallèlement on note que les inclusions aqueuses secondaires sont relativement rares.

L'intensité des déformations et le style tectonique jouent un rôle dominant dans l'évolution des reliquats magmatiques. L'altération intense des inclusions vitreuses de la base du Permien traduit une tectonique cassante; l'effet de cette tectonique s'atténue vers le sommet de cette série. La parfaite conservation des reliquats des quartz détritiques du Carnien s'explique, d'une part par leur ablation de la roche mère avant que celle-ci ne soit tectonisée et, d'autre part par les différences des propriétés mécaniques des roches supports (porphyre et dolomie gréseuses).

On peut donc conclure que l'évolution des inclusions vitreuses est fonction du milieu dans lequel les cristaux ont été conservés.

1. INTRODUCTION

Les inclusions vitreuses ou reliquats magmatiques sont, parmi les constituants figurés des phénocristaux ayant pris naissance dans un magma fondu, les plus importants, non seulement par leur abondance et leurs dimensions, mais aussi par leur intérêt cristallogénétique et géologique.

Les premières descriptions de lacunes de cristallisation à remplissage vitreux sont dues au pétrographe allemand H. Vogelsang (1867). En 1901, A. Lacroix signalait des inclusions vitreuses de forme polyédrique ou quelconque dans les cristaux de quartz des rhyolites d'Agay (Var). En France, il faudra attendre les années 1952–1953 pour voir paraître des études systématiques de reliquats magmatiques par G. Deicha. Cet auteur entreprenait avec L. Barrabé (1957) les premiers travaux expérimentaux sur les inclusions vitreuses, notamment les réanimations de magmas consolidés et les croissances cristallines par cuisson prolongées au microscope de chauffe.

Les cristaux de quartz et de feldspath nous fournissent les plus beaux exemples de lacunes de cristallisation primaires à remplissage des roches volcaniques acides (figs. 1 et 2). Les pyroxènes, les péridots et les feldspathoïdes (fig. 3) des roches volcaniques basiques en sont également riches, mais leur étude est souvent rendue difficile par la biréfringence élevée du minéral-hôte, ainsi que par la présence de verre secondaire.

Le matériel qui fait l'objet de ce travail, nous a été soumis par P. Cros (Labo-

ratoire de Géologie historique, Paris). Il provient des massifs volcaniques acides de la région de Bolzano (Italie) et de leur couverture sédimentaire.

Il s'agit d'échantillons récoltés dans les laves de la base de la série volcanique permienne (P_1) et dans les coulées plus massives qui les surmontent (P_2). Un échantillon de Trias (Carnien) sédimentaire (Car), transgressif sur les formations précédentes, a aussi été étudié.

2. CATÉGORIES D'INCLUSIONS VITREUSES, MANIÈRES D'ÊTRE DES DÉVITRIFICATIONS

a) *Reliquats vitreux monophasés* (taille moyenne: 50 à 100 microns). Ces inclusions apparaissent comme des corps isotropes (aux phénomènes de dispersion près) dont le relief négatif est bien moindre que celui des inclusions aqueuses. Des essais à la platine à écrasement permettent de briser ces inclusions et de les extraire. Une mesure (Car) faite sur un fragment immergé en liqueur d'indice a donné la valeur: $n = 1{,}494 \pm 0{,}003$.

La composition de ces reliquats est celle d'un verre acide. Sa détermination précise pose évidemment de difficiles problèmes analytiques. Le principal est celui du dosage du silicium qui, pour être effectué, demande soit la séparation totale des inclusions vitreuses de leur matrice quartzeuse, soit l'emploi d'une technique ponctuelle (microanalyseur de Castaing). Pour des échantillons provenant de la Guadeloupe, J. P. Carron (1961) a donné un certain nombre de valeurs qui représentent probablement les résultats les plus complets dont on dispose à l'heure actuelle; nous poursuivons des recherches analogues, combinant microanalyse et analyse par spectrophotométrie d'absorption atomique, leurs résultats seront publiés ultérieurement. Si on se limite à l'analyse du produit de l'attaque fluorhydrique-perchlorique, et l'on compare les résultats pour des quartz hydrothermaux et pour des quartz magmatiques soigneusement triés et décapés par immersion préalable dans l'acide fluorhydrique dilué, on constate une différence spectaculaire (voir tableau) entre les teneurs en aluminium, dues simplement à l'existence dans le second cas de reliquats vitreux.

Moyennant une hypothèse sur la teneur en aluminium du réseau du quartz, la méthode permet, en supposant connue approximativement la composition de la phase vitreuse, une détermination moyenne de l'abondance des cavités intracristallines (voir tableau).

Dans le cadre de nos recherches, sur les reliquats magmatiques, nous n'avons observé qu'assez rarement de telles inclusions. Classiques, depuis les travaux de G. Deicha et L. Barrabé (1957), dans les quartz des dacites de Pointe-à-Pitre, elles n'ont pu être retrouvées jusqu'à présent que dans les échantillons du Carnien des Dolomites.

b) *Reliquats vitreux biphasés* (taille moyenne: 20 à 100 microns). Ces inclusions vitreuses sont les plus habituelles dans les quartz d'origine magmatique.

Tableau

	Al	Fe	Mg	Ca	Na	K	V_1	V_2
Q HT	4450	280	70	1500	1200	800	7,4	7,4
	600	290	80	130	60	60	0,4	0,3
Q BT			20	50	70	70		
			30	100	170	60		

Q HT = Cristaux de quartz volcanique analyse effectuée par spectrophotométrie d'absorption atomique sur 1 gramme de matière. Les resultats sont exprimés en ppm.
Q BT = Cristaux de quartz hydrothermaux. Même méthode d'analyse que ci-dessus.
V = Pourcentage en volume occupé par le verre dans 1 cc de quartz volcanique. Correction sur Al provenant du réseau 20 ppm.
V 2 = Pourcentage en volume occupé par le verre dans 1 cc de quartz volcanique. Correction sur Al provenant du réseau 200 ppm.

Provenance des quartz analysés:
Première ligne Pointe-à-Pitre (Guadeloupe)
Seconde ligne Afghanistan
Troisième ligne glacier d'Argentière
Quatrième ligne Béziers

La phase vitreuse y est associée à une bulle gazeuse, parfois sphérique, parfois déformée au contact des parois des cavités, et qui occupe, en général, un volume relatif de l'ordre de $^1/_{10}$.

A titre d'exemple de gisements d'échantillons à reliquats biphasés et pour nous limiter à quelques observations personnelles, on peut citer ceux des Vosges (Clocchiatti, 1968), ceux de l'Estérel, ceux de Petite Kabyllie (Algérie), des Rehamnas (Maroc), comme ceux provenant d'Afghanistan, que nous a communiqué A. Boutière[1]).

Signalons au passage que, contrairement à ce qui se passe dans les échantillons de la Guadeloupe (Deicha, 1955), la forme des cavités intracristallines est celle du dihexaèdre, parfois plus ou moins déformé. Une telle différence morphologique a peut-être une explication cristallogénétique originelle, encore que certaines expériences de cuisson (Clocchiatti, 1967) puissent laisser penser à l'existence de véritables „corrosions internes" s'opérant avant la consolidation du magma silicaté et amenant l'apparition des faces d'équilibre (Grigoriev, 1965).

D'une façon générale, les essais par écrasement montrent que la phase gazeuse est un gaz sous faible pression. Le quartz d'un échantillon du porphyre de Bolzano a cependant pu donner lieu à une analyse au spectromètre de masse, pour la fraction extraite par écrasement sous vide (Touray, 1966). Qualitativement, on observe la présence d'eau, de CO_2 et d'azote. Semi-quantitativement, l'eau est présente en très grande quantité (inclusions secondaires), N_2 et CO_2

[1]) Ces échantillons se distinguent cependant des autres car la présence de „microponces" y est systématique, les inclusions à une seule bulle gazeuse étant l'exception, et l'abondance des gaz inclus y est particulièrement élevée, comme le montrent les essais par écrasement.

en quantités plus faibles. Selon toute vraisemblance, ces deux gaz sont localisés d'une part dans les reliquats magmatiques, d'autre part dans les inclusions aqueuses d'origine secondaire.

Ces reliquats biphasés constituent évidemment un matériel de choix pour des études thermo-optiques (CLOCCHIATTI, à paraître).

Dans les échantillons des Alpes dolomitiques, ces reliquats sont les plus abondants des inclusions non dévitrifiées (constants dans P_2 et fréquents dans Car).

c) *Inclusions solides et cristaux englobés.* Les inclusions solides sont assez fréquentes dans les quartz magmatiques, particulièrement ceux de la région étudiée. Il est évident que de tels cristaux sont de nature réfractaire. Rutile et zircon ont été décrits assez fréquemment dans les paragénèses de haute température. Classiquement, on interprète comme rutile les cristaux aciculaires présents dans le quartz (DEICHA, 1955). Il nous semble qu'un minéral tout aussi fréquent est la baddeleyite (ZrO_2), de biréfringence plus faible que le rutile et surtout de coloration moins soutenue. Une analyse à la microsonde électronique (fig. 8) confirme ce point de vue: une telle inclusion ayant été amenée en surface d'un grain de quartz (Car), puis finement polie, a révélé la présence de Zr seul (pas de silicium). D'autres cristaux, d'allure plus trappue, de biréfringence très vive et de fort relief, sont probablement des zircons (P_2).

L'emprisonnement mécanique de microlites (quelques microns à 0,5 mm environ) pendant la cristallisation des quartz s'accompagne de l'inclusion de gouttelettes plus ou moins importantes de magma silicaté. Il s'ensuit que le corps étranger va influencer directement la forme de la phase vitreuse qui lui est associée. On observe:

— des perles vitreuses „embrochées" sur un cristal aciculaire (Car, P_2, fig. 7);
— des gaines vitreuses plus ou moins pelliculaires.

Cette structure est digne d'intérêt car elle démontre l'origine primaire de ces divers reliquats vitreux.

En l'occurrence, plus que dans le cas des inclusions fluides, la distinction entre cristaux piégés à l'état préformé et cristaux formés in situ aux dépens de la phase vitreuse est délicate. Des expériences de cuisson montrent que certains cristallites ont disparu après chauffage à 850° C pendant une heure environ. Il s'agit de ceux qui constituent parfois la „calotte" encroûtant la bulle gazeuse. Un tel comportement amène à pencher pour la seconde hypothèse génétique. Notons que de tels encroûtements, fréquents dans les échantillons provenant de l'Estérel, sont plutôt rares dans les reliquats des Dolomites.

d) *Altérations.* L'identification des inclusions vitreuses altérées ou recristallisées n'est, dans les cas extrêmes, possible que grâce à la conservation de la silhouette, très caractéristique, des cavités.

Dans le cas d'une évolution extrême (P_1), on observe nettement, en lumière

polarisée, des agrégats de cristallites anisotropes, dont la taille est déjà relativement grande (jusqu'à une dizaine de microns). Si dans certains cas, on peut penser qu'il s'agit de la recristallisation du verre lui-même, sans altérations ni apports, il est probable que le plus souvent, les cavités ont été fissurées, puis vidées sélectivement de leur contenu. En dernier lieu, de la silice a cristallisé dans les cavités, sans s'orienter sur le minéral-hôte. Certaines figures, interprétables comme des dépôts fissuraux, correspondent à des agrégats fibro-radiés de calcédoine.

Notons que dans les quartz des porphyres P_1, près de la moitié des reliquats se présente sous un tel aspect.

Dans le cas d'une évolution moindre, la taille des cristallites est beaucoup plus faible: il y a simplement lessivage d'une fine pellicule de verre et dépôt éventuel de petits cristaux dans cette zone d'altération. La substance de ces derniers provient pour partie du verre (néoformation possible de chlorites?), pour partie de l'extérieur; c'est le cas des enduits brunâtres d'oxyde de fer, souvent présents sous forme de mouches dans les fissures du quartz et accumulés sélectivement au niveau de la pellicule d'altération des perles vitreuses.

On opposera ces modes de dévitrification, d'origine hydrothermale certaine, aux „auto-dévitrifications" faites sans pertes ni apport de matière et qui correspondent, pro-parte, aux encroûtements décrits ci-dessus.

3. IMPLICATIONS GÉOLOGIQUES DES OBSERVATIONS

Pour nous résumer, nous pouvons envisager d'un point de vue théorique deux catégories de dévitrifications (Deicha, 1955):

— auto-dévitrifications effectuées sans pertes ni apports. Chaque cavité intracristalline constitue alors un ensemble isolé, évoluant uniquement en fonction du temps et de la température; les facteurs mécaniques n'entrent pas en jeu.
— Dévitrifications hydrothermales correspondant au contraire à une fissuration des quartz et à un lessivage plus ou moins complet des reliquats vitreux, accompagné de cristallisations fissurales et de formations d'inclusions secondaires aqueuses. Elles correspondent à une altération directement liée aux champs de fracture régionaux et aux circulations fluides de salinité plus ou moins grande (Lesnyak, 1965).

Dans le premier cas, on devra rattacher le phénomène à l'histoire paléothermique de l'échantillon, dans le second à son histoire mécanique; c'est le cas pour l'interprétation des observations faites dans les matériaux provenant des Alpes dolomitiques.

Dans les porphyres P_2, la *taille* joue un rôle fondamental pour déterminer la

probabilité de dévitrification d'un reliquat. Les „fantômes" correspondant à une dévitrification extrême sont de grande dimension (plus de 50 microns). Par contre, les cavités de petite taille (moins de 50 microns) ont conservé un remplissage intact ou peu altéré. Soulignons qu'un tel aspect de la dévitrification n'est pas rare dans les porphyres permiens.

Dans les porphyres de base (P_1) du Permien des Dolomites cependant, cet effet de taille n'existe plus et, quelle que soit leur dimension, les reliquats ont été lessivés. Cette observation montre que l'étude comparative des modalités de dévitrification des inclusions vitreuses offre les bases d'une chronologie des imbibitions hydrothermales successives.

En ce qui concerne les sédiments carniens, on doit souligner d'abord que l'origine magmatique d'une partie des matériaux détritiques est démontrée par la présence de ces „traceurs" que sont les reliquats magmatiques. Que l'on observe côte à côte des grains à inclusions monophasées et des grains à inclusions biphasées (dont les conditions de formation sont probablement différentes) n'a rien pour surprendre. Ceci peut témoigner simplement de la multiplicité des apports. La détermination des provinces ayant servi à l'alimentation détritique sera l'objet d'études ultérieures.

La fraicheur parfaite des inclusions vitreuses, même celles de grande taille (fig. 5) permet d'éliminer les zones d'apport d'âge Permien inférieur (P_1). Les matériaux érodés sont donc soit d'âge P_2, soit plus récents (Car ?)[2]). Encore faut-il remarquer que l'on n'a pas, à l'heure actuelle, retrouvé la roche-mère possible des quartz à inclusions monophasées.

L'altération des reliquats de grande taille dans P_2 oblige à supposer l'existence d'une phase d'imbibition les ayant affectés tout en épargnant les reliquats des sédiments triasiques. L'âge de cette phase est difficile à fixer, d'autant plus qu'il faut tenir compte des différences de réactivité entre porphyres d'une part et dolomies gréseuses d'autre part. Ce fait illustre simplement la différence entre les propriétés mécaniques de ces roches. Il est certain que l'on à peine à imaginer la mise en place, dans des formations carbonatées, d'un fin réseau de fractures pouvant amener la fissuration de quartz détritiques. Sans cette fissuration, l'altération se limitera à une dissolution superficielle (fig. 6), les reliquats gardant leur remplissage vitreux quelle que soit leur taille.

BIBLIOGRAPHIE

Barrabe, L., Deicha, G. (1957): Réanimation de magma et interprétation de quelques particularités de leurs éléments de première consolidation. Soc. géol. France, sér. 6, *VII*, p. 159–169.

[2]) D'après G. Perna (communication orale), on pourrait supposer une roche-mère norienne.

Carron, J. P. (1961): Premières données sur la composition chimique de certains reliquats magmatiques. C.R. Acad. Sci., Paris, *253*, p. 3016–3018.

Clocchiatti, R. (1967): Divers aspects des reliquats magmatiques des phénocristaux de quartz des porphyres de la région de Bolzano (Italie). C.R. Acad. Sci., Paris, *265*, p. 1861–1863.

— (1968): Aperçu sur la morphologie des inclusions vitreuses dans les phénocristaux de quartz des laves acides des Vosges septentrionales. C.R. Acad. Sci., Paris, *267*, p. 2257–2259.

Deicha, G. (1953): A propos des reliquats magmatiques dans les quartz de première consolidation des roches à deux temps de cristallisation. Bull. Soc. franç. Minéral., *76*, p. 457–463.

— (1955): Les lacunes des cristaux et leurs inclusions fluides. Masson et Cie, Paris.

Grigoriev, D. P. (1965): Ontogeny of Minerals (traduction anglaise). Israel Program for Scientific Translations.

Lacroix, A. (1901): Minéralogie de la France et des anciens territoires d'Outre-Mer. A. Blanchard, Paris.

Lesnyak, V. F. (1965) (in Yermakov): Research on the nature of mineral-forming solutions. Pergamon Press, p. 704–707.

Touray, J. C., Lantelme, F., Vogler, M. (1966): Etude par spectrométrie de masse de la décrépitation des inclusions fluides. C.R. Acad. Sci., Paris, *262*, p. 1–4.

Vogelsang, H. (1867): Philosophie der Geologie und mikroskopische Gesteinsstudien. Max Cohn u. Sohn, Paris.

Bull. Suisse de Min. et Pétr.
Tome 50/1, 1970

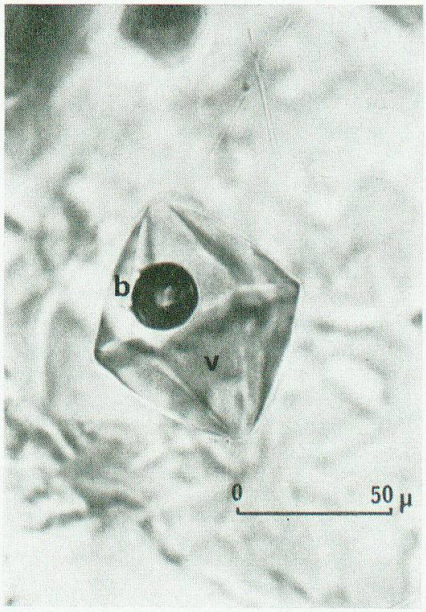


Fig. 1. Inclusion vitreuse biphasée. On remarquera les formes cristallines parfaites de la cavité (dihexaèdre). Quartz détritique provenant du grès G: Car.

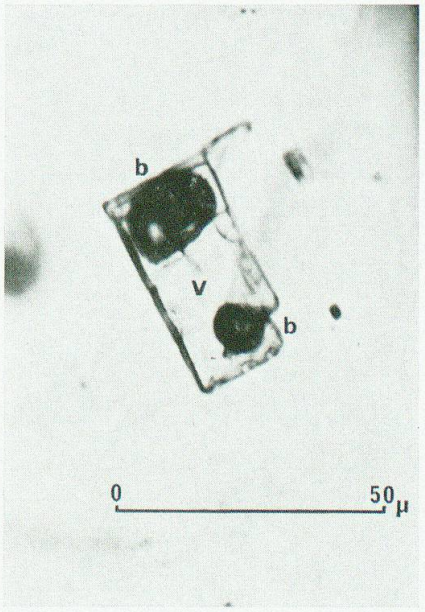


Fig. 2. Reliquat magmatique tabulaire avec deux bulles gazeuses dont la supérieure est déformée. Sanidine de la Grande Cascade (Mont-Dore).

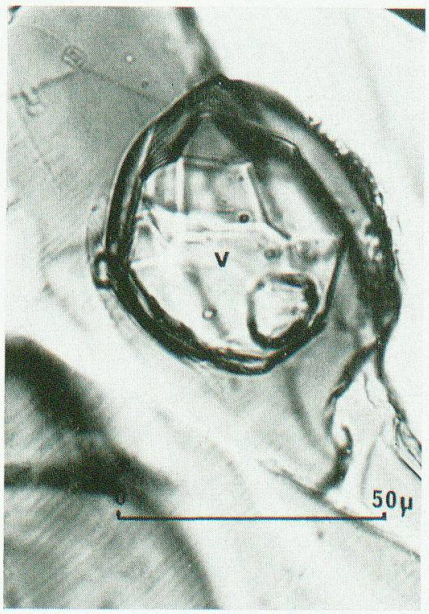


Fig. 3. Lacune de cristallisation à remplissage vitreux en forme de trapèzoèdre. Leucite (Vésuve). Les trois premières photographies représentent des cristaux négatifs.

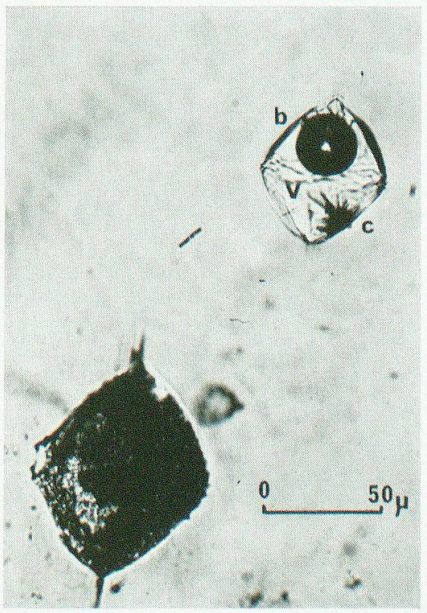


Fig. 4. En haut à droite, inclusion vitreuse avec bulle gazeuse de taille importante. On remarquera un dépôt de fins cristaux aciculaires à la limite entre le verre et le quartz. En bas à gauche: inclusion vitreuse atteinte par une fracture Nord-Sud, le verre altéré est tapissé de minces cristallites qui assombrisent la cavité (G: P_2).

PLANCHE II

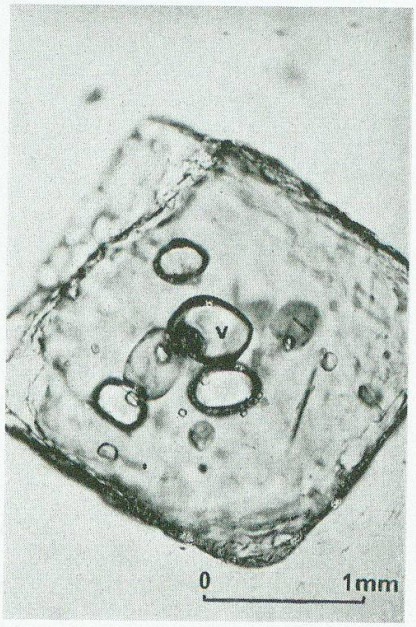


Fig. 5. Famille d'inclusions monophasées de taille considérable (0,5 mm) montrant que le verre peut occuper un volume non négligeable par rapport à celui du cristal de quartz (G: Car).

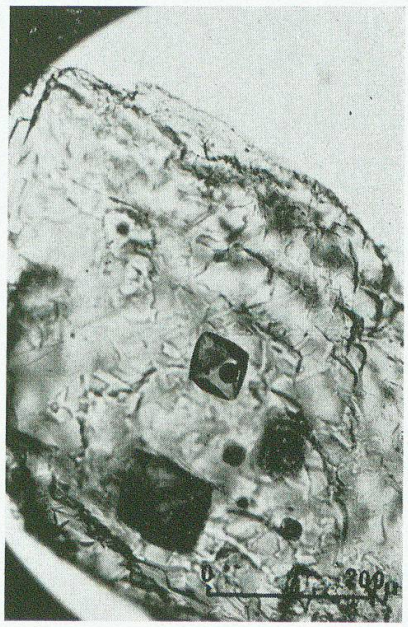


Fig. 6. La dissolution superficielle de la silice en milieu dolomitique a mis en évidence des zones de croissance des faces du cristal, on remarquera que les faces des cavités intracristallines sont parallèles à ces zones (G: Car).

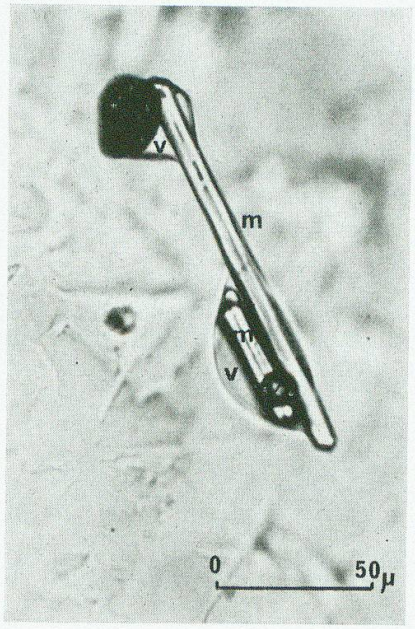


Fig. 7. Microlite à lacune axiale ayant embroché deux gouttelettes de verre. Dans la gouttelette de droite deux microlites plus courts sont emprisonnés (G: Car).

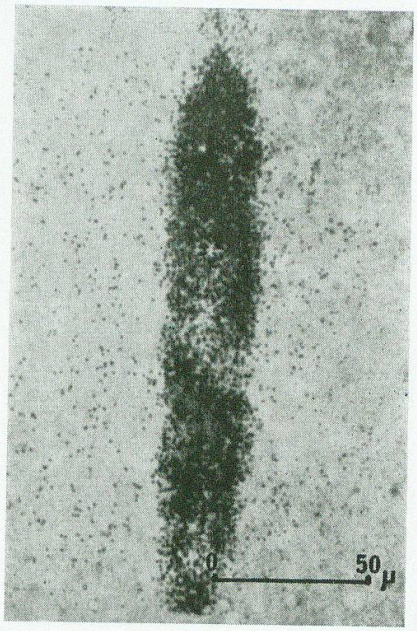


Fig. 8. Balayage à la sonde électronique raie K_{α} Zr. Le pointillé noir dense correspond à la distribution du zirconium, la matrice quartzeuse est en grisé.

Abréviations utilisées: v = verre, b = bulle de retrait, c = cristallites, m = microlite