

ROBERT CLOCCHIATTI (*), GIULIANO PERNA (**)

ETUDE DES INCLUSIONS DES PHENOCRISTAUX
DE QUARTZ DES ROCHES VOLCANIQUES ACIDES
ET DES QUARTZ DETRITIQUES DU PERMIEN
DES DOLOMITES ITALIENNES (***)

RIASSUNTO. — *Studio delle inclusioni dei quarzi delle vulcaniti e dei quarzi detritici del Permiano della Regione dolomitica.*

Vengono studiate le inclusioni dei quarzi delle vulcaniti della «piattaforma porfirica atesina» e dei quarzi detritici delle formazioni delle Arenarie di Val Gardena ed a *Bellerophon*, del Permiano della Regione dolomitica.

Le inclusioni vetrose nei cristalli di quarzo delle vulcaniti atesine si mostrano morfologicamente molto simili anche in rocce a chimismo e messa in posto diverse: sono poco rappresentate nei duomi riodiacitici.

Tuttavia il grado di conservazione è molto variabile in funzione sia del tipo di roccia che dell'età. In genere sono più alterate quelle delle unità inferiori.

Nelle Arenarie di Val Gardena e soprattutto nei gessi di questa formazione, si rinvencono granuli di quarzo detritici provenienti dalle vulcaniti e dal basamento cristallino. I granuli di quarzo riolitico si presentano meglio conservati di quelli della roccia di provenienza, il che fa avanzare l'ipotesi che l'alterazione dei porfidi possa essere posteriore alla sedimentazione dei quarzi permiani detritici.

Nella formazione a *Bellerophon* non vi sono granuli di quarzo del basamento; compare il quarzo autigeno in minutissimi cristalli che ricoprono anche i granuli di quarzo riolitico.

RÉSUMÉ. — On étudie dans ce travail les inclusions des quartz des roches volcaniques acides de la «plateforme porphyrique de la région de Trente», des

(*) CNRS Equipe de Recherche n° 45, Laboratoire de Géochimie, Université Paris-Sud.

(**) Istituto di Giacimenti Minerari della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna.

(***) Lavoro finanziato dal Centre National Recherche Scientifique e dal Consiglio Nazionale delle Ricerche.

grains détritiques quartzeux des « Arenarie della Val Gardena » et de la formation à *Bellerophon* de la région dolomitique.

Les reliquats magmatiques des phénoeux de quartz des porphyres présentent des caractères morphologiques très semblables même dans des roches de composition chimique et de mode de mise en place différents. Ils sont peu représentés dans les dômes endogènes rhyo-dacitiques.

L'état de conservation des verres varie énormément en fonction de la nature lithologique de la roche et de son âge. Les inclusions des cristaux des unités inférieures sont généralement plus altérées.

Dans les « Arenarie della Val Gardena » et surtout dans les passées gypseuses de cette formation, on retrouve des grains de quartz détritiques qui proviennent des porphyres et du socle cristallin. Les grains de quartz détritiques d'origine éruptive sont mieux conservés que les cristaux de la roche mère, cela nous laisse penser que l'altération des porphyres est postérieure à la sédimentation des grains de quartz détritiques permien. On ne trouve pas de grains détritiques du socle (gneiss, granites) dans la formation à *Bellerophon*, par contre du quartz authigène apparaît sous forme de très petits cristaux recouvrant aussi les grains de quartz d'origine rhyolitique. L'homogénéité des faciès présentés par les inclusions pourrait révéler un phénomène évolutif post-génétique en liaison avec une aire géothermique fossile.

Introduction.

Antérieurement l'un des auteurs de la présente note a travaillé sur les inclusions vitreuses des quartz des rhyolites de la « plateforme porphyrique de Trente » et sur ceux du Carnien de la région dolomitique (CLOCCHIATTI, 1967 et 1970).

On reprend dans ce travail le même sujet avec un échantillonnage beaucoup plus abondant et en l'étendant à toute la série stratigraphique permienne. Dans le complexe effusif nous avons pris en considération une vaste gamme de roches: ignimbrites et dômes endogènes rhyolitiques, tufs et ignimbrites rhyolitiques, vitrophyres. Nous avons par ailleurs étudié les grès quartzo-feldspathiques de la formation « Arenarie della Val Gardena » et les gypses intercalés dans la partie plus haute de cette formation, ainsi que le faciès « fiamazza » de la formation à *Bellerophon*. La zone considérée constitue la partie centrale de la « plateforme porphyrique » et s'étend entre le « Val Sarentina » au Nord, jusqu'aux environs de Trente au Sud; vers l'Est elle s'étend jusqu'à Cavalese. La géologie et la pétrographie de cette région sont bien connues grâce à de nombreux travaux; très récemment, la Carte Géologique d'Italie, échelle 1/50.000, feuille de Bol-

zano, dont la légende détaillée est en cours d'impression, a été publiée. Tout au long de ce travail nous reporterons à ces deux publications. L'échantillonnage a été fait selon un critère précis et représentatif, au fur et à mesure que l'on progressait dans la recherche et que l'on obtenait des résultats.

De cette façon, même si le nombre d'échantillons est limité, surtout par rapport à la puissance et à l'extension des rhyolites, on peut apporter quelques conclusions d'ordre général.

Les inclusions que l'on trouve dans les cristaux de quartz de roches d'origine différente présentent parfois des caractères particuliers, qui permettent d'individualiser leur provenance. Ainsi les reliquats magmatiques sont propres aux cristaux de roches effusives, les inclusions fluides liquides et gazeuses aux cristaux d'origine hydrothermale ou pneumotolytique. Dans les roches intrusives apparaissent des inclusions primaires cristallines, comme par exemple le rutile dans le cas des quartz de granite et de gneiss, le mica, l'apatite, etc., ainsi que des inclusions fluides liquides et gazeuses primaires et secondaires. Les roches métamorphiques sont caractérisées par des inclusions cristallines de minéraux préexistants et par des inclusions fluides secondaires orientées parallèlement aux plans de schistosité.

En réalité le problème de l'identification des cristaux de quartz n'est pas toujours aisé; les cristaux que l'on reconnaît le plus facilement sont ceux d'origine effusive, car les inclusions vitreuses qu'ils contiennent les marquent nettement.

Techniques de préparation pour l'étude des inclusions vitreuses.

Il nous a semblé intéressant de donner la description des modes de préparation des échantillons, car il est évident qu'en lame mince les inclusions sont le plus souvent sectionnées et vidées de leur remplissage.

Les grains sont extraits de manière différente en fonction de la nature lithologique de la roche qui les contient:

a) dans le cas des roches meubles ou faiblement indurées, on effectue plusieurs lavages avec ultrasons, après délitage du sédiment dans l'eau froide. Les grains sont ensuite rincés dans l'alcool, laissés sécher à l'air, puis triés.

Il est important d'éviter toute attaque chimique ou séchage à l'étuve car même une faible chaleur peut provoquer l'éclatement et la disparition de certaines inclusions fluides.

b) Les roches compactes ou dures sont broyées (broyeur à mâchoires), triées; on conserve uniquement les esquilles comprises entre 50 et 1000 μm , qui sont traitées comme ci-dessus.

L'inconvénient de cette méthode est l'élimination quasi systématique des inclusions plus grosses.

Les esquilles ou cristaux ainsi séparés sont montés dans une goutte de baume du Canada, entre deux lamelles couvre-objets (24×30 mm) de verre retenues par une monture autocollante en carton de type diapositive Kodak (5×5 cm).

Ces préparations, très rapides à confectionner, permettent d'étudier les rapports existants entre les inclusions fluides et les reliquats magmatiques sans faire intervenir d'artéfacts. Le baume présente l'inconvénient d'être trop fluide lorsque la température ambiante dépasse 25°C , de jaunir et de se craqueler par vieillissement.

Après cette étude préliminaire obligatoire, on peut utiliser d'autres modes de préparation. Dans le cas de roches compactes, on confectionne des lames polies épaisses (250 e 300 μm) de la dimension des lames minces habituelles. Le polissage s'effectue sur disques diamantés après collage du morceau de roche au baume du Canada (60 à 80°) sur une lame de verre. On peut prélever à partir de ces lames polies, sur une ou deux faces, les cristaux que l'on veut étudier à la platine de chauffe ou à la microsonde électronique.

TAVOLA I.

Riolite della cava di porfido TASSAIÖLE, Albiano (Trento). Il segmento è lungo 100 micron.

- a) Inclusionione vetrosa (v) nel quarzo, con bolla gassosa (b) molto grande. Ciò può indicare che il quarzo ha continuato a crescere a partire dalla inclusionione ed a spese di questa.
- b) Inclusionione fluida con un cubetto di sale (c) ed una bolla di vapore (b). Sulla destra la macchia nera è una inclusionione vetrosa devetrificata.
- c) Aghetti di rutilo partenti a raggiera da un relitto magmatico ricristallizzato.
- d) Aghetti di rutilo ulteriormente ingranditi e, sulla destra, un cristallino (apatite?), aderente ad una goccia di vetro, con relativa bolla.

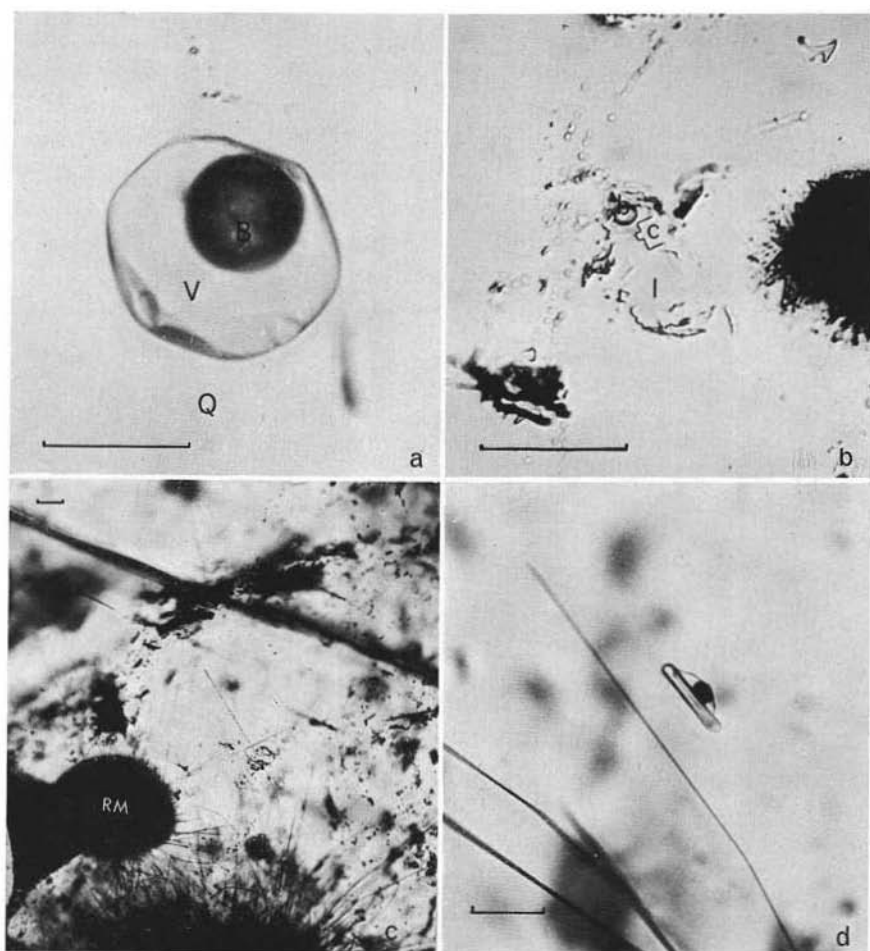


PLANCHE 1.

Rhyolite de la carrière Tassaiolo, Albiano (Trente). Echelle donnée par le trait plein = 100 micromètres.

- a) Reliquat magmatique (v) dans le quartz, avec un vide de retrait (b) très volumineux. Ceci peut indiquer que le cristal de quartz a continué sa croissance aux dépens de l'inclusion vitreuse.
- b) Inclusion fluide avec un petit cristal de halite (c) et une bulle de gaz (b). On reconnaît sur le côté droit de la photo un reliquat magmatique recrystallisé.
- c) Aiguilles de rutile disposées en gerbe sur une inclusion vitreuse recrystallisée.
- d) Cristaux aciculaires de rutile à un plus fort grossissement, à droite on reconnaît un microlite d'apatite (?) embrochant une gouttelette de verre avec son vide de retrait.

Pour les sédiments meubles, tels que sables, pyroclastites, etc., après avoir extrait les cristaux, on les monte dans des pastilles obtenues par fusion d'une poudre plastique d'indice voisin de celui du quartz, à la presse à enrober.

On peut par ce système récupérer le cristal englobé par refusion de la pastille, par exemple pour obtenir des lamelles de quartz à faces parallèles pour les études thermo-optiques. La méthode a aussi été utilisée pour porter les inclusions vitreuses à l'affleurement en vue des analyses à la sonde. Pour l'étude, on utilise un microscope polarisant normal avec les plus forts grossissements; l'utilisation du fond noir asymétrique peut être intéressante.

Les inclusions dans les cristaux et les grains de quartz.

Ce travail a débuté par la découverte de grains de quartz dans le gypse de la carrière Marmolaia, près de Castello di Fiemme. Le gypse se trouve dans la formation des Arenarie della Val Gardena, à la limite avec la formation sus-jacente à *Bellerophon*. Le quartz détritique se trouve dans la partie plus haute de la lentille de gypse et correspond à des apports venant du continent émergé. Les premiers examens ont tout de suite montré une analogie entre ces quartz et ceux des rhyolites, ce qui nous a poussé à étendre notre échantillonnage au complexe des vulcanites sous-jacentes et à la formation à Bellerophon. Nous avons étudié un grand nombre d'échantillons des séries permienes, nous donnerons une description des plus représentatifs.

TAVOLA 2.

- a) Duomo riodiacitico presso S. Sebastiano, strada da Bolzano al Renon. Inclusioni vetrose a pareti convesse verso il centro della cavità. La forma indica una successiva crescita del quarzo a spese del vetro.
- b) Cava di gesso Marmolaia, Castello di Fiemme (Trento). Inclusioni vetrose classiche, a forma di cristallo negativo. A destra della bolla di gas un minerale opaco.
- c) Stessa località di b. Minuscolo cristallino idiomorfo inglobato in una inclusioni vetrosa.
- d) Stessa località di b. Inclusioni nella quale dal vetro inizia la cristallizzazione, sulla superficie a contatto del quarzo, di minerali femici, probabilmente anfiboli.

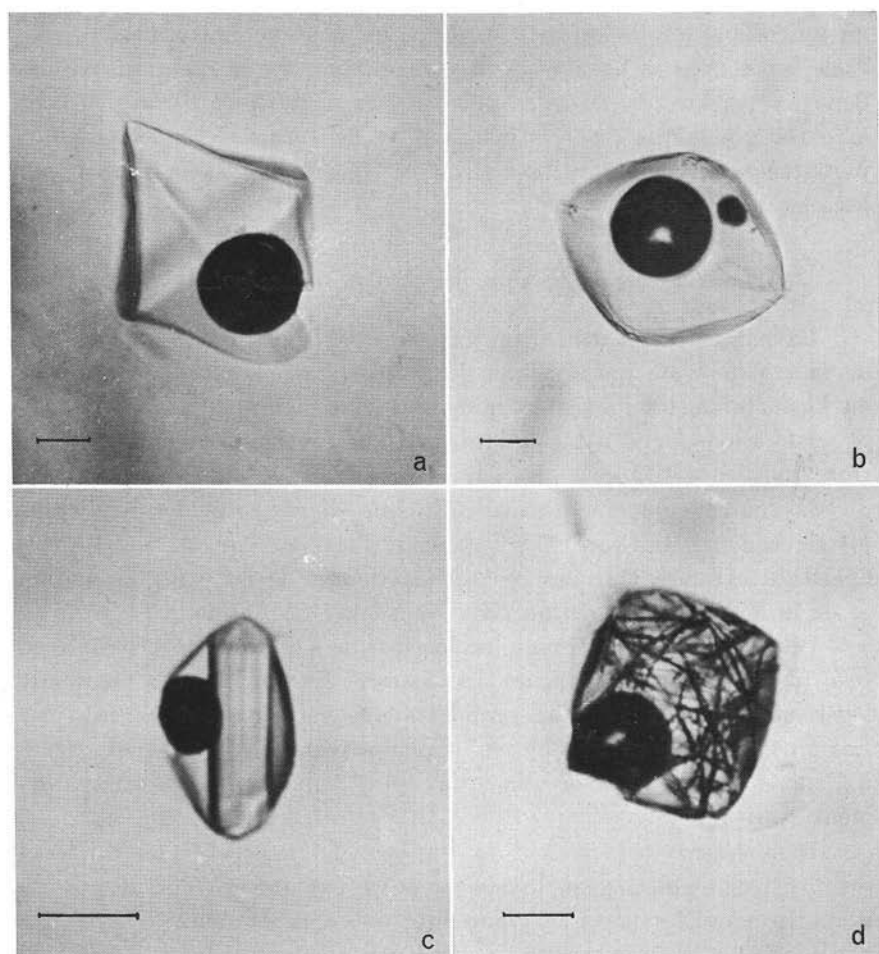


PLANCHE 2.

- a) Dôme endogène de composition rhyo-dacitique près de S. Sebastiano, route allant de Bolzano (Bozen) au Renon. Inclusion vitreuse caractérisée par des parois dont la convexité est dirigée vers le centre de la cavité. La morphoscopie de la cavité indique un accroissement du cristal à partir du verre de la lacune.
- b) Carrière de gypse Marmolaia, Castello di Fiemme (Trente). Inclusion vitreuse typique en forme de dihéxaèdre négatif. On observe un minéral opaque à droite de la bulle.
- c) Même localité. Petit cristal idiomorphe piégé dans une inclusion vitreuse.
- d) Même localité. Inclusion avec un début de recristallisation à la limite des parois de la cavité et de son remplissage. Il s'agit de minéraux aciculaires ferromagnésiens, probablement de type amphiboles.

Nous laisserons de côté les descriptions pétrographiques en faisant un renvoi aux études spécialisées. Dans un souci de clarté nous adopterons les coupes schématiques des rapports stratigraphiques publiés dans les travaux de BACCOS, BRONDI, PERNA, 1972 et PERNA, 1972 et la carte géologique au 1/50.000, feuille de Bolzano, reportant entre parenthèses les signes utilisés dans la légende en les marquant par les signes BBP et BZ.

1) *Les inclusions dans les quartz des roches volcaniques.*

La majorité des inclusions dans le quartz des roches volcaniques de la « plateforme porphyrique de la région de Trente » est vitreuse ou bien fluide, les inclusions minérales sont moins abondantes.

1-1) Rhyo-dacite à faciès ignimbrétique carrière Blaha Val Sarentina, Bolzano (BBP: Q₂; BZ; n° 50).

L'échantillon a été prélevé dans une carrière de blocs; la roche est de couleur gris-vert. Les rhyodacites constituent un niveau très épais qui affleure dans les parties inférieures de la Vallée Sarentina et de la Vallée del Isarco au Nord et à l'Est de Bolzano.

Les inclusions présentent les formes du « dihexaèdre négatif » ou bien plus rarement du prisme. Les arêtes et les sommets des faces sont légèrement courbes. Les plus grandes inclusions dépassent 200 microns. Les plus petites d'environ 50 μm et plus rarement 100 μm , sont restées à l'état vitreux, celles de dimension plus importantes sont généralement recristallisées.

Dans les cavités, parfois, sont piégés des microcristaux difficilement déterminables, dans le quartz on a par exemple des baguettes d'apatite enrobées par une gouttelette de verre. De manière systématique chaque inclusion restée à l'état vitreux présente une bulle de gaz qui correspond, ainsi que l'a démontré DEICHA, à un vide de retrait du verre, engendré pendant le refroidissement de la roche. Le vide de

TAVOLA 3.

Formazione a *Bellerophon* (Permiano sup.), presso Maso Furli (Lavis, Trento).
Quarzo detritico di origine riolitica con neogenesi di quarzo.
Fotografie al microscopio a scansione elettronica, realizzate presso il laboratorio del CNRS-BRGM da Le Ribault.

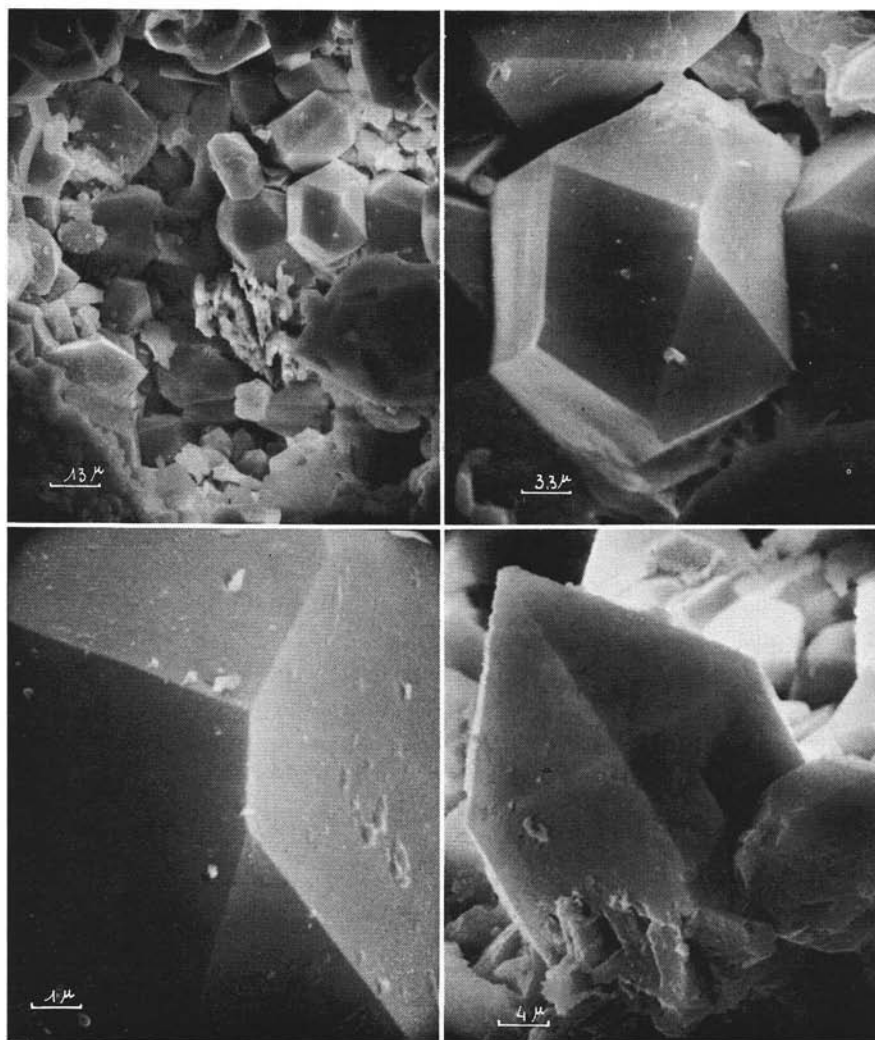


PLANCHE 3.

Formation à *Bellerophon* (Permien supérieur), localité Maso Furli (Lavis, Trente). Quartz détritique d'origine rhyolitique recouvert par des cristaux de quartz néogénétiques. Electromicrographies réalisées au microscope électronique à balayage du CNRS-BRGM (Orléans-la-Source) par L. Le Ribault.

retrait occupe environ 10% du volume de l'inclusion. On remarque enfin de nombreuses inclusions fluides secondaires disposées dans des plans qui recourent de manière préférentielle les grosses inclusions dévitrifiées.

1-2) Dôme rhyodacitique près de S. Sebastiano, route du Renon (BBP: R₃D; BZ: n° 49).

La roche se présente avec une mésostase holocristalline porphyrique, avec des phénocristaux de feldspath et de quartz. Elle est intrusive dans les rhyodacites dont nous venons de parler au paragraphe précédent (1-1). Les inclusions sont peu nombreuses et leurs parois manifestent des signes évidents de croissance du quartz à partir du verre de l'inclusion.

1-3) Ignimbrite rhyolitique, Carrière Lunz, Bronzolo (BBP: R₂; BZ: n° 39).

Cette unité, qui dépasse les mille mètres d'épaisseur, présente dans certains lieux un débit en dalles utilisées pour la confection de pavés et autres matériaux de construction (PERNA, 1972).

Les ignimbrites sont de couleur rouge, rouge violacé, parfois même grise. Nous avons examiné des échantillons provenant de différentes localités, car dans ce niveau les inclusions vitreuses sont bien représentées, mieux conservées que dans les autres unités et de forme très variée. La forme la plus fréquente est le dihexaèdre négatif. Contrairement aux échantillons précédents même les plus grosses inclusions sont conservées à l'état vitreux. Le volume du vide de retrait, un peu plus important que dans les cas précédents et le contour de la cavité irrégulier témoigne d'une modification des parois par redépôt de SiO₂. Ce phénomène a été démontré expérimentalement par CLOCCHIATTI *et al.* (1973).

1-4) Ignimbrite rhyolitique, Carrière Tassaiole, Albiano, Trento (BBP: R₂; BZ: n° 39).

Les inclusions vitreuses présentent les aspects classiques rencontrés jusqu'ici, celles de plus grandes dimensions sont totalement cristallisées et cela en liaison avec un important réseau de fractures souligné par des inclusions fluides secondaires. Un phénomène particulier à cet échantillon, est l'existence d'aiguilles de rutile disposées en gerbes, dont la base se place sur les faces de certains cristaux ou sur les fractures les affectant ou sur des reliquats magmatiques à la

limite entre le verre et le quartz. Les aiguilles pénètrent dans le quartz de manière rectiligne quand leur allongement est perpendiculaire à la face, en se recourbant sur elles mêmes lorsque l'angle entre la face et l'allongement de l'aiguille devient de plus en plus petit. Parfois, il arrive que les microlites se retournent complètement sur eux mêmes, le phénomène n'est pas particulier au quartz de cette roche, il se rencontre aussi dans les feldspaths. Certaines aiguilles de rutile peuvent se trouver à cheval entre deux cristaux de quartz d'orientation cristallographique différente.

La présence du titane dans les aiguilles a été mise en évidence à la microsonde ionique; dans la roche il se situe préférentiellement dans le verre.

La disposition en gerbes, que nous venons de décrire est inhabituelle, les aiguilles de rutile qui sont des éléments figurés classiques des phénocristaux de quartz d'origine granitique (DEICHA, 1964) ou gneissique se placent préférentiellement dans des plans de croissance cristalline.

L'interprétation de la genèse des « filaments cristallins » (GORDON, 1964) n'est pas aisée. On peut émettre plusieurs hypothèses:

a) dissolution du quartz, croissance des aiguilles de TiO_2 dans des géodes ou des cavités intracristallines, puis redépôt de silice. Hypothèse peu probable car les inclusions vitreuses à proximité des cristaux de rutile ne montrent aucun signe d'altération.

b) Existence dans le magma anatectique de quartz par exemple d'origine granitique (xénolithes) particulièrement enrichi en titane et inégalement réparti dans la roche. Croissance de ces gerbes dans le milieu fondu, simultanément au quartz éruptif, ce qui justifierait l'existence d'inclusions restées à l'état vitreux à proximité des aiguilles.

c) Remobilisation du titane postérieurement à la genèse de la roche, les aiguilles poussent à partir de leur base et pénètrent indifféremment dans les cristaux de quartz ou de feldspaths préexistants (RAMDOHR, 1950). Les minéraux aciculaires possèdent une résistance mécanique très élevée (GORDON, 1964), leur courbure pourrait s'expliquer par des résistances plus ou moins grandes rencontrées lors de la traversée des différents plans réticulaires du cristal. On peut remarquer, par exemple, que la déviation est moindre dans le cas des feldspaths.

Les aiguilles sont parfois recoupées par des fractures et soulignées par des alignements d'inclusions fluides secondaires caractérisées par la présence d'un ou plusieurs cubes de sel. Dans certains cas, les aiguilles de rutile sont partiellement dissoutes, au niveau de ces accidents on observe alors une cavité cylindrique.

Les inclusions fluides secondaires montrent une morphologie irrégulière, parfois pétaliforme; elles sont disposées, ainsi que nous l'avons déjà souligné, dans des plans qui recourent le cristal selon des directions quelconques. Leur remplissage est très variable: on a des cavités uniquement remplies par la saumure saline, d'autres avec saumure et dépôt cristallin (1 ou plusieurs cubes de sel), d'autres encore avec saumure, cube de sel et bulle de vapeur agitée par mouvement brownien ou non. L'exemple le plus complexe est constitué par une saumure saline dans laquelle baignent une bulle de vapeur, un cristal cubique de sel et un minéral lamellaire de couleur verte, peut-être s'agit-il de chlorite.

Les inclusions secondaires salines traduisent une phase minéralisante, elles sont localisées préférentiellement au voisinage des réseaux de failles. Nous avons vérifié cela pour de nombreux autres échantillons, l'exemple le plus évident nous sera fourni par l'échantillon suivant.

1-5) Ignimbrite rhyolitique route Ora-Predazzo, près du croisement pour Montagna (BBP: R₂; BZ: n° 39).

L'échantillon a été ramassé du contact d'une minéralisation hydrothermale caractérisée par de la barytine, des mouches de galène, que l'on rencontre au km 7,200 de la route Ora-Predazzo, sur le versant Nord de la route. Le porphyre est de couleur rouge avec une fissuration verticale peu marquée, les cristaux de quartz à proximité du filon présentent une coloration rouge intense.

Au microscope on observe que les cristaux de quartz sont fracturés et que les fractures sont remplies d'hématite, parfois d'hydroxydes de fer plus sombres; les accroissements sont dendritiques, mamelonnés ou fibroradiés. Les inclusions vitreuses, de dimensions notables, sont bien conservées; on remarque aussi la présence d'inclusions fluides à cubes de sel.

1-6) Les vitrophyres de Ora, lieu-dit la Cascata (BBU: V; BZ: n° 33).

Nous avons aussi examinés les vitrophyres d'Ora, décrits par MITTENPERGHER (1960), situés à la base des rhyolites ignimbritiques dont

il était question dans 1-5. Les cristaux de quartz montrent une fracturation perlitique; les inclusions vitreuses sont analogues à celles que nous avons décrites jusqu'ici.

1-7) Rhyolite ignimbrétique. Carrière Piffi du « porphyre rouge de la Vallée d'Ega » (BBU: R₂; BZ: n° 39).

Dans la vallée d'Ega, affleurent des bancs d'ignimbrites rhyolitiques de couleur rouge très vive, très recherchées comme matériel de revêtement. C'est une roche dont la rupture de charge est très élevée ($\text{Kg/cm}^2 = 2900$, PERNA, 1972).

Les inclusions vitreuses y sont totalement absentes, on remarque uniquement des vestiges d'inclusions. Par ailleurs les cristaux de quartz sont traversés par des fractures qui montrent une orientation constante, probablement en liaison avec des phénomènes de compaction.

1-8) Les ignimbrites tufacées rhyolitiques, Carrière Zanchetta, Adriano (BBP: T₃; BZ: n° 41).

La roche est formée par des blocs arrondis de roches volcaniques, elle se situe stratigraphiquement à la base des rhyolites ignimbrétiques.

Les reliquats magmatiques de plus grandes dimensions (supérieures à 50-70 μm) sont totalement recristallisés, ils présentent des fractures limitées ne communiquant pas avec l'extérieur du cristal et parallèles à son axe sénaire. Elles résultent du réchauffement du cristal au moment de l'émission du magma, ainsi que de la contraction des cristaux de quartz à la transition $\beta \rightarrow \alpha$ et semblent assez caractéristiques des pyroclastites et des formations de tufs (BOUTIERE et CLOCCIATTI, 1971). Les inclusions de plus petites dimensions (inférieures à 50-70 μm) sont partiellement recristallisées, les inclusions totalement vitreuses sont extrêmement rares.

2-1) Sables et grès quartzo-feldspathiques de la formation Arenarie della Val Gardena, localité Maso Furli, Lavis (BBP: AvG; BZ: n° 31).

Dans cette formation les grains de quartz proviennent généralement de la désagrégation des roches volcaniques sous-jacentes. Les inclusions vitreuses en conservent par ailleurs les caractères essentiels. Toutefois, il faut remarquer que les inclusions de dimensions supérieures à la centaine de microns sont conservées à l'état vitreux, contrairement à ce qu'il advient pour les reliquats des roches volcaniques sous-jacentes. Ce fait est particulièrement net dans le cas des quartz

que l'on rencontre dans les formations gypseuses dont nous allons parler dans le paragraphe suivant.

2-2) Formation des « Arenarie della Val Gardena », Carrière de gypse « Marmolaia » - Castello di Fiemme.

Au voisinage du château de Fiemme, se trouvent plusieurs gisements de gypse saccharoïde blanc et rosé, stratigraphiquement ils se placent au sommet des « Arenarie della Val Gardena » et sont exploités de manière industrielle. Le gypse renferme, surtout dans les niveaux supérieurs du gisement, des niveaux sableux dont les grains sont aisément récupérables par lessivage de la roche. Il nous a été ainsi possible d'extraire et d'étudier un grand nombre de grains et de fournir une évaluation statistique.

On peut classer les grains de quartz dans les groupes suivants :

a) environ 36% de grains caractérisés par une très grande limpidité en liaison avec l'absence totale d'inclusions aqueuses secondaires et d'inclusions vitreuses recristallisées. Les reliquats magmatiques restés à l'état vitreux peuvent atteindre des dimensions supérieures à 200 microns. Dans les échantillons des roches volcaniques sous-jacentes, nous n'avons jamais rencontré de reliquats magmatiques de telles dimensions à l'état vitreux. La plus grande partie des inclusions vitreuses présente un vide de retrait, mais apparaissent aussi un certain nombre de grains caractérisés par des inclusions uniquement vitreuses. Des inclusions analogues ont été décrites par DEICHA (1953) et CLOCCHIATTI (1971), à la Guadeloupe, par CLOCCHIATTI et BROUSSE au Mont-Dore (1972), par CLOCCHIATTI et TOURENQ (1971), dans les sables du Bourbonnais.

b) Environ 15% de grains de quartz caractérisés par de grosses inclusions vitreuses recristallisées et de petites inclusions (inférieures à 30-40 μm) restées à l'état vitreux. Parallèlement apparaissent des inclusions fluides qui donnent aux cristaux un aspect moins limpide que dans le cas précédent.

c) Environ 12% de grains dont toutes les inclusions vitreuses sont recristallisées. Les inclusions fluides, plus abondantes que dans le cas précédent, confèrent au cristal un aspect opaque.

d) Plus ou moins 5% de grains de quartz d'origine granitique ou gneissique, caractérisés par des inclusions minérales du type aiguil-

les de rutile orientées, bâtonnets d'apatite, paillettes de biotite ou cristaux trapus de zircon.

e) Environ 32% de grains caractérisés uniquement par un très grand nombre d'inclusions fluides imbibant le cristal, parfois on remarque une orientation des plans d'inclusions indépendante des plans cristallographiques du minéral. L'origine de ces grains doit être recherchée dans les roches métamorphiques du socle.

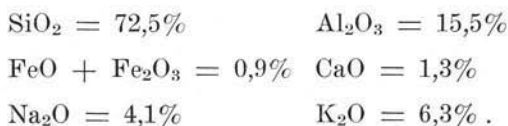
Il résulte donc, qu'environ 63% des grains sont d'origine volcanique sûre, les 37% restants proviennent du soubassement cristallin. Nos données s'accordent assez bien avec les résultats obtenus par TEDESCO (1958) dans le cas des « Arenarie della Val Gardena ».

Le parfait état de conservation de ces grains, a permis à LE RIBAULT d'effectuer une étude exoscopique, qui nous a apporté les résultats suivants :

la forme des grains témoigne qu'ils ont subi une évolution très limitée et un transport très bref. Il n'y a aucune trace de transport marin ou éolien. Les quartz du soubassement cristallin ont subi une évolution légèrement plus poussée que ceux des roches volcaniques. Le transport des premiers a un caractère fluvial à torrentiel peu marqué, tandis que celui des seconds est plus franchement torrentiel. Presque tous les cristaux montrent des signes de corrosion chimique.

Une grosse inclusion du premier groupe (a), analysée à la microsonde électronique du CNRS-BRGM (Orléans-la-Source), a donné une composition chimique voisine de celle des rhyolites.

Il convient de remarquer, par rapport aux résultats obtenus par CLOCCIATTI (1971) pour d'autres formations, que l'on enregistre ici un enrichissement en tous les éléments, excepté le silicium. Ce fait ajouté à forme parfaite des inclusions et au volume du vide de retrait, beaucoup trop important pour résulter uniquement de la contraction du verre, laisse penser à une évolution de la cavité pendant ou après le refroidissement de la roche.



Le fait que les inclusions sont restées à l'état vitreux (même celles de grandes dimensions) dans plus de la moitié des grains provenant

des gypses de « Castel di Fiemme », tandis qu'elles sont recristallisées dans les formations volcaniques, est intéressant. On peut trouver une explication à ce phénomène en admettant que les grains sédimentés dans le gypse, donc dans un matériel imperméable et plastique, ont été protégés des actions tectoniques et de la fissuration donc de l'altération et la recristallisation de leurs inclusions vitreuses. L'altération des porphyres aurait eu lieu après qu'une partie des cristaux se soit déjà sédimentée dans le gypse.

Il convient de rappeler que dans une étude récente des minéralisations de fluorine dans les faciès rhyolitiques, on envisage la remobilisation du fluor en liaison avec un reheuffement dû à l'activité magmatique au Ladinien (BACCOS, BRONDI, PERNA, 1973).

3-3) Formation à Bellerophon, Maso Furli, Lavis (BBP: Bell.; BZ: n° 30).

Dans les roches carbonatées de la formation à Bellerophon du Permien supérieur la présence de cristaux de quartz tant authigènes (BRUSCA *et al.*, 1972) qu'allochtones (BOSELLINI et HARDIE, 1973) a déjà été signalée. Les échantillons que nous avons étudiés proviennent de la zone de Lavis, en bordure du bassin de sédimentation permien. Cette zone se situe très près du continent car on retrouve dans la formation à Bellerophon des blocs de rhyolite tombés d'une falaise et englobés dans le sédiment.

On rencontre dans les formations carbonatées des fragments de porphyre avec des minéralisations de galène et de blende, ainsi que de nombreux cristaux de quartz hérités ou néoformés.

Les quartz allochtones peuvent atteindre des dimensions voisines de 2 mm, ils sont tous d'origine rhyolitique, disséminés dans le ciment calcaire oolithique ou englobés dans des corpuscules noirâtres de forme allongée et de plusieurs millimètres.

Ils contiennent toujours des inclusions vitreuses diphasées typiques. Les grains de quartz rhyolitiques sont recouverts par des petits cristaux néoformés de quartz bien visibles au microscope électronique et que l'on retrouve aussi sous forme d'individus idiomorphes isolés dans la matrice carbonatée. Dans des cavités des corpuscules noirâtres, correspondant à des minéraux disparus (feldspaths), on trouve tous les passages entre la calcedonite et le quartz géodique. L'analyse aux rayons X de ces derniers révèle l'existence de quartz, kaolinite et d'une zéolite sodipotassique. On peut considérer ces débris comme les restes d'un paléosol érodé et transporté dans le bassin de sédimentation.

Conclusions.

Les cristaux de quartz des roches acides de la « Plateforme porphyrique de la région de Trente » sont caractérisées par la présence de reliquats magmatiques vitreux. Dans les différents termes de la série on remarque des différences dans l'état de conservation de ces verres et des analogies en ce qui concerne la forme des cavités et le degré de leur remplissage.

Au voisinage des régions tectonisées et minéralisées apparaissent des inclusions de saumures salines caractérisées par des dépôts solides (NaCl-Chlorite?). L'ensemble de ces observations semble traduire l'existence d'une aire géothermique fossile.

Les cristaux de quartz détritiques contenus dans les gypses de la formation des Arenarie della Val Gardena, possèdent des reliquats magmatiques qui sont, en partie, mieux conservés que ceux de la roche mère. On peut penser que le gypse a protégé les grains de l'altération postpermienne. L'étude exoscopique et endoscopique des grains a permis de montrer qu'une partie de ceux-ci provient du soubassement cristallin. Les grains d'origine volcanique ont subi un transport limité; ceux d'origine cristallophyllienne une évolution un peu plus poussée en rapport avec l'éloignement plus important des roches-mères.

Dans la formation à Bellerophon de la région de Lavis, les cristaux de quartz hérités sont uniquement d'origine rhyolitique. On assiste aussi parallèlement à un démantèlement des sols établis sur les porphyres à une précipitation de la silice dans le bassin de sédimentation sous forme de petits cristaux idiomorphes.

BIBLIOGRAPHIE

- BACCOS F., BRONDI A., PERNA G. (1972) - *I giacimenti di fluorite nel Trentino-Alto Adige*. Giornata di studio su « Le Fluoriti Italiane », Torino, 16 dicembre 1972, Prestampe.
- BAKOS F., BRONDI A., PERNA G. (1972) - *The Age of Mineral Deposits in the Permian Volcanites of Trentino-Alto Adige (Northern Italy)*. 2nd. Int. Symp. Mineral Deposits of the Alps., pp. 181-194, figg. 4, Ljubljana.
- BOSELLINI A., HARDIE L. A. (1973) - *Depositional theme of a marginal marine evaporite*. *Sedimentology*, a. 20, 5-27, figg. 15.
- BOUTIÈRE A., CLOCCHIATTI R. (1971) - *Sur les roches pyroclastiques au Nord du Dacht-e-Nawar (Afghanistan): les quartz et leurs inclusions vitreuses*. *Bull. Soc. Géol. de France* (7), XIII, n. 3-4, pp. 430-438, figg. 5, Paris.

- BRUSCA G., DESSAU G., JENSEN M. J., PERNA G. (1972) - *The Deposits of Argentiferous Galena within the Bellerophon Formation (Upper Permian) of the Southern Alps*. 2nd. Int. Symp. Mineral Deposits of the Alps, pp. 159-178, figg. 8, Ljubljana.
- CLOCCHIATTI R. (1967) - *Divers aspects des reliquats magmatiques des phéno-cristaux de quartz des porphyres de la région de Bolzano (Italie)*. C. R. Acad. Sc. Paris, t. 265, Sér. D, pp. 1861-1863, figg. 1, Paris.
- CLOCCHIATTI R. (1970) - *Étude des inclusions vitreuses et leur altération: un exemple régional des Alpes dolomitiques (région de Bolzano, Italie)*. Bull. Suisse de Min. et Petr., t. 50, n. 1, pp. 157-166, tavv. 2, Zurich.
- CLOCCHIATTI R. (1971) - *Composition chimique des inclusions vitreuses des phéno-cristaux de quartz de quelques laves acides, par l'analyse à la sonde électronique*. C. R. Acad. Sc. Paris, t. 272, Sér. D, pp. 2045-2047, tav. 1, Paris.
- CLOCCHIATTI R. (1972) - *Les cristaux de quartz des ponces de la Vallées des Dix Mille Fumées (Katmai, Alaska)*. C. R. Acad. Sc. Paris, t. 274, Sér. D, pp. 3037-3043, tavv. 2, Paris.
- CLOCCHIATTI R., BROUSSE R. (1972) - *Pétrogenèse des reliquats magmatiques de quartz pyroclastiques*. C. R. Acad. Sc. Paris, t. 274, Sér. D, pp. 349-351, tavv. 2, Paris.
- CLOCCHIATTI R., TOURENQ J. (1971) - *Présence de quartz des ponces du Mont-Dore, d'âge Pliocène, dans les argiles sableuses du Bourbonnais*. C. R. Acad. Sc. Paris, t. 273, Sér. D, pp. 2453-2455, tavv. 1, Paris.
- CLOCCHIATTI R., WEISS J. (1973) - *Mise en évidence par l'analyseur ionique de la croissance d'un minéral aux dépens de la phase vitreuse piégée dans ses lacunes de cristallisation*. C. R. Acad. Sc. Paris, t. 276, Sér. D, pagg. 3405-3408, tavv. 1, Paris.
- DEICHA G. (1955) - *Les lacunes des cristaux et leurs inclusions fluides*. Masson & Cie, pp. 126, ill., Paris.
- DEICHA G. (1964) - *Ultramicroscopie pétrographique: le rutile du quartz des granites*. Bull. Soc. Géol. de France (7), VI, pp. 181-187, Paris.
- GORDON J. E. (1964) - *Filamenti cristallini*. Endeavour, vol. XXIII, n. 88, pp. 8-12, figg. 6, Londra.
- MITTEMPERGHER M. (1960) - *Studio di alcuni vitrofiri del complesso vulcanico paleozoico atesino*. Studi e Ricerche della Div. Geomineraria CNRN, vol. III, pp. 257-297, fig. 3, tavv. 9, Roma.
- PERNA G. (1971) - *Le inclusioni fluide nei cristalli*. Atti Acc. Roveretana degli Agiati, a. 218, sez. VI, vol. VIII, 1968, pp. 11-21, tavv. 1, Rovereto.
- PERNA G. (1972) - *Il porfido*. Economia Trentina, a. XX, n. 5-6, pp. 5-32, figg. 35, Trento.
- RAMDOHR P. (1950) - *Die Erzminerale und ihre Verwachsungen*. Akademie Verlag, 828 pp., ill., Berlin.
- TEDESCO C. (1958) - *Studio petrografico comparativo delle differenti facies di arenarie permiane delle Alpi Orientali*. Studi e Ricerche della Div. Geomineraria CNRN, vol. I, parte I, pp. 239-288, tavv. 3, Roma.
- YERMAKOV EL AL. (1965) - *Research on the Nature of Mineral-Forming Solutions*. Pergamon Press, pp. 743, ill., Oxford, London, ecc.
- FOGLIO 027 BOLZANO della *Carta Geologica d'Italia alla Scala 1:50.000*, Servizio Geologico d'Italia, Roma, 1972.