

L'ÉRUPTION DU VOLCAN RUGARAMA EN 1971 ET SES PRODUITS (NYAMURAGIRA, KIVU) (*)

par MARCEL E. DENAEYER (**)

(4 figures dans le texte)

RÉSUMÉ

Le volcan Rugarama est un satellite du Nyamuragira. Son éruption a commencé le 25 mars 1971, à 7 km à l'Ouest du grand volcan. Elle s'est poursuivie jusqu'au début du mois de mai. Une coulée de plus de 12 km, issue du cratère, a coupé l'ancienne route de Burungu à Bishusha. Les laves du Rugarama sont des kivites et des kivitoïdes analogues à la plupart des laves émises par les autres éruptions du Nyamuragira. Une analyse chimique de ces laves donne pour paramètres III.6.3.3(4) (2.2.2'.3(4)). Elles ont charrié de nombreuses enclaves énallogènes qui sont également décrites.

ABSTRACT

The Rugarama volcano is a satellite of the Nyamuragira. Its eruption began on March 25th 1971, 7 km West-North-West from the big volcano, and continued until the beginning of May. A lava flow more than 12 km long coming from the crater has cut the old road from Burungu to Bishusha. The lavas of the Rugarama are kivitites or kivitoïds similar to the most of the lavas emitted by the other Nyamuragira eruptions. A chemical analysis of these lavas leads to the following parameters: III.6.3.3 (4) (2.2.2'.3(4)). The flows and bombs have transported numerous inclusions of foreign material which are also described.

L'ÉRUPTION

Dans la nuit du 24 au 25 mars 1971, un nouveau volcan adventif du Nyamuragira prenait naissance. Il s'est édifié sur une fissure de direction sensiblement Ouest-Est, à environ 7 km à l'Ouest-Nord-Ouest du centre de la grande caldeira du Nyamuragira, à l'altitude de 2.150 m et un peu au Nord des anciens cônes du Buhubie et du Kahongole (voir R. THONNARD et M.-E. DENAEYER, Carte volcanologique des Virunga, feuille n° 1 au 1 : 50.000, *Centre national de Volcanologie* (Belgique), publication n° 32, Bruxelles 1965 et fig. 1 et 2).

Je dois la relation des événements à l'obligeance de Madame A. de MUNCK, de Gisenyi, et de Monsieur P. CORMINBEUF, chef du Service Géologique du Rwanda, qui ont visité, à plusieurs reprises, le volcan en activité.

Dans la première phase de l'éruption, pendant six à sept jours, une colonne de

(*) Communication présentée et manuscrit déposé le 5 décembre 1972.

(**) Centre de Volcanologie de l'Université de Bruxelles, 4 square de Biarritz, 1050 Bruxelles.

condres, d'éjecta et de flammes s'élevait jusqu'à 200 ou 300 m de hauteur, suivant les estimations. Ses retombées couvraient de lapilli et de cheveux de Pélée pâturages et cultures vivrières à plusieurs kilomètres de distance, à l'Ouest.

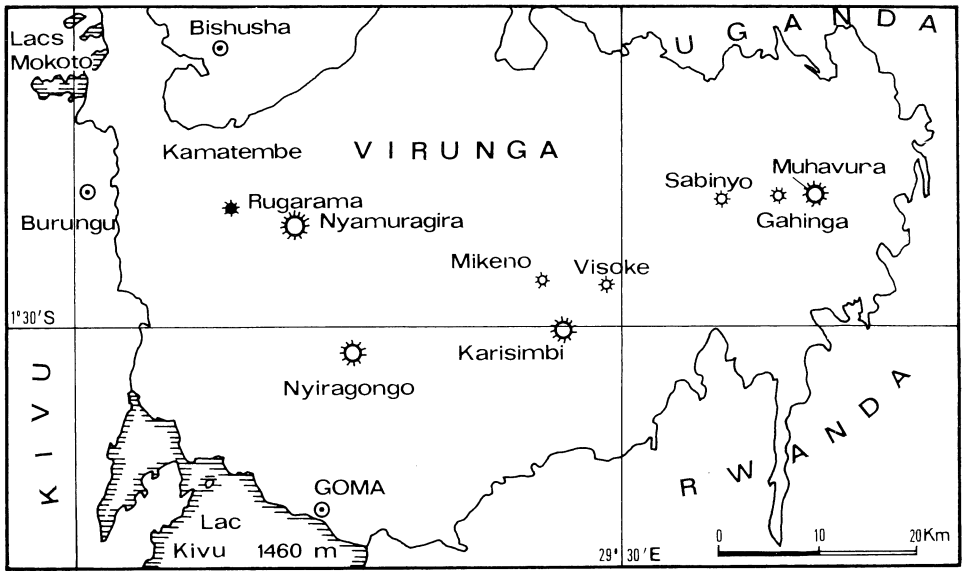


Fig. 1. — Champ volcanique des Virunga.
Situation du nouveau volcan Rugarama.

Dans les jours qui suivirent, le foyer de l'éruption se fixa vers l'extrémité ouest de la fissure, édifiant un cône de condres et de scories qui atteignit progressivement 100 à 150 m de hauteur. Ce cône explosa le 27 mars et l'activité au cratère se manifesta par des fontaines de lave. La brèche du cône livra passage à un gigantesque fleuve de lave (fig. 2). Un effluent s'en détacha d'abord au Nord-Ouest pour s'arrêter au pied du mont Gashovu, à 2 km de l'origine. Mais le fleuve principal se dirigeait vers l'Ouest en s'étalant largement jusqu'aux pieds des monts Kirolirwe et Nyamule. De sa partie méridionale se détacha une langue de lave vers le Sud-Ouest. Celle-ci atteignit le lac de Magera et le combla. La partie nord de la coulée principale continua sa progression, contournant les monts Gashovu et Kamatembe, menaçant le centre commercial de Burungu, puis, tournant au Nord, elle alla, par la trouée de Kamatembe, couper l'ancienne route de Burungu à Bishusha. Cette immense coulée d'environ 15 km n'arrêta sa progression que le 23 avril.

Dans la deuxième phase de l'éruption, la brèche du cône se ferme et, le 29 mars, de nouvelles cheminées se forment sur la fissure, plus à l'Est. Un nouvel exutoire s'ouvre alors au Sud-Sud-Est du cône et il s'en échappe une masse de laves chaotiques charriant d'énormes blocs.

Dès le 30 mars, l'activité au cratère se manifestait par des explosions espacées de 3 à 4 secondes, avec projection de bombes volcaniques, tandis que le fleuve de lave formait son lit. Cette activité commença à décroître à partir du 15 avril. Au début du mois de mai, le volcan entra dans la phase solfatarienne.

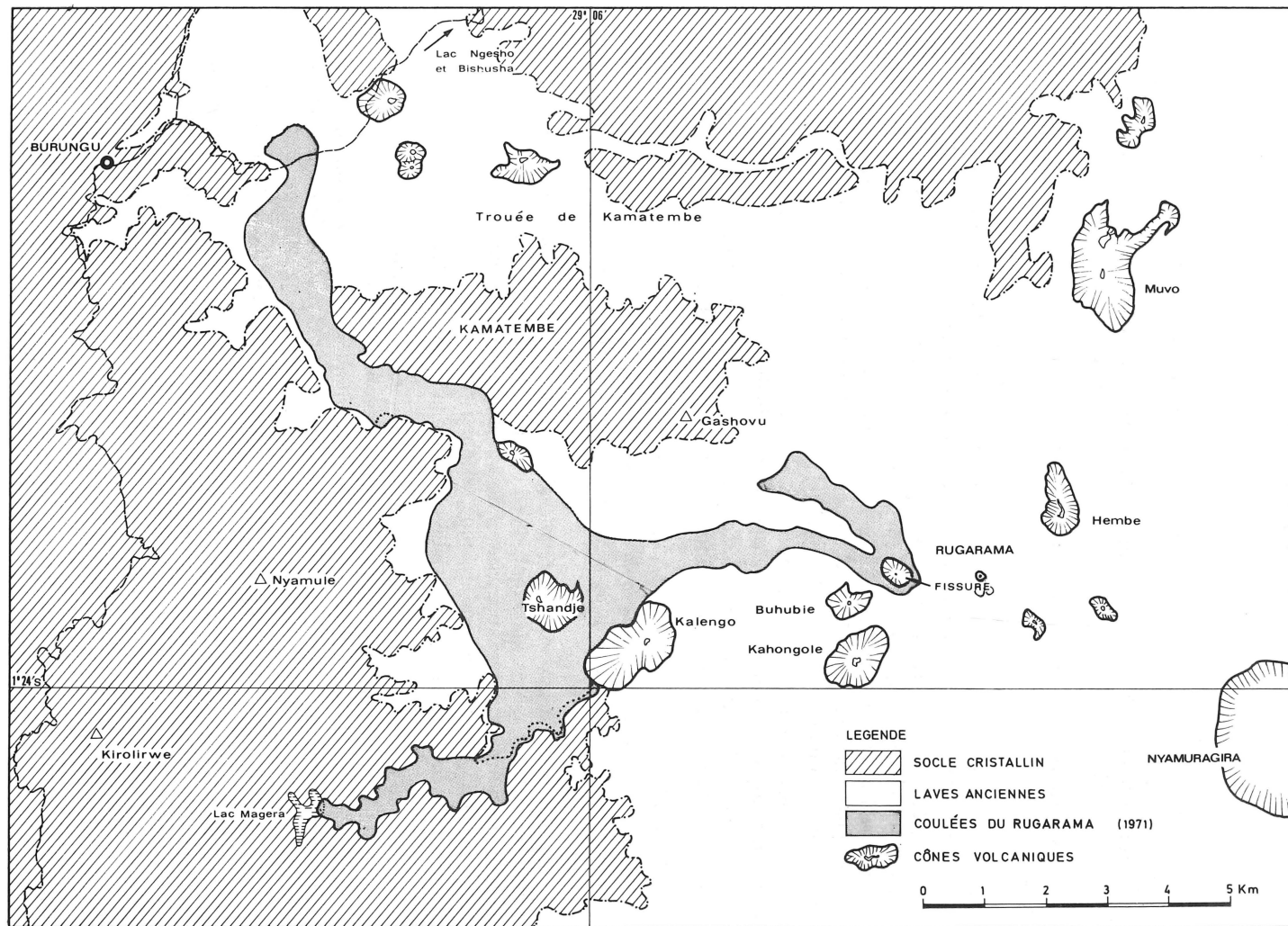


Fig. 2. — Coulées de la lave issue du Rugarama.

LES PRODUITS DE L'ÉRUPTION

I. — *Les laves*

J'ai étudié, à la demande de M. CORMINBŒUF, une partie des échantillons qu'il a envoyés au Musée Royal de l'Afrique Centrale (C 1, C 751, C 2 et C 777), ainsi que trois échantillons que Monsieur R. RAMELOT, directeur de projet minier de l'O.N.U. au Rwanda, a eu l'amabilité de me communiquer.

Les échantillons C 1 et C 751 sont des laves noires, finement vésiculaires et aphyriques.

Elles contiennent de rarissimes *microphénocristaux* de plagioclase maclés albite-carlsbad et de l'olivine (forstérite). Les plagioclases sont de la bytownite ou de l'anorthite (75 à 100 % An). La forstérite est presque orthoaxe et positive.

La *pâte* est microlitique et formée des mêmes minéraux que ci-dessus. Son plagioclase est une andésine à environ 45 % An. Les microlites d'olivine sont fourchus et semblables à ceux que j'ai décrits précédemment dans les laves des éruptions s'échelonnant de 1956 à 1967 (M.-E. DENAEYER, 1969). Leurs sections transversales montrent les profils des faces (021) et (101).

La *mésostase* est très abondante. Elle contient des granules de minerai opaque dans un fond faiblement biréfringent et indéterminable.

Les deux échantillons sont remarquables par l'absence totale de pyroxènes visibles; ce fait est peu fréquent dans les laves du Nyamuragira.

L'échantillon C 2 est une lave scoriacée noire et aphyrique.

Elle contient de rares *microphénocristaux* de bytownite à 75 % An, de leucite emprisonnant les éléments de la *pâte* (Ph. 1) et un clinopyroxène brun verdâtre, zonaire et maclé (100).

La *pâte* microlitique est formée de labrador à 60 % An, d'olivine et de clinopyroxène, celui-ci moins abondant que l'olivine. On observe, de plus, de petites plages arrondies et assez abondantes de leucite englobant également les autres éléments de la *pâte*; du minerai opaque est aussi présent.

La *mésostase* vitreuse interstitielle est de couleur brun châtain.

L'échantillon C 777 est une lave noire très vacuolaire, aphyrique, à encroûtement gris blanchâtre. Elle ne contient ni phéno- ni microphénocristaux.

La *pâte* microlitique est formée de labrador à environ 58 % An, d'olivine fourchue avec le même aspect que dans les échantillons C 1 et C 751, d'abondants sphérolites de clinopyroxène et du minerai opaque en granules ou cristallitique.

La *mésostase* vitreuse brun châtain englobe tous les éléments précédents.

Les échantillons 1, 2 et 3 de M. RAMELOT, prélevés sur la grande coulée et sur une bombe, sont tous trois extrêmement scoriacés, noirs et apparemment aphyriques.

Toutefois, on peut y voir au microscope un petit nombre de *phéno-* et de *microphénocristaux* comprenant des plagioclases basiques isolés ou en groupements glomérophyriques, du clinopyroxène et de l'olivine.

Les plagioclases, souvent maclés albite-carlsbad, vont du labrador à 65 ou 70 % An à la bytownite à 87 ou 90 % An.

J'ai observé exceptionnellement un grand cristal corrodé et xénomorphe de

clinopyroxène affecté d'extinctions fortement onduleuses et de macles floues; ce cristal mesure 4 mm dans sa plus grande dimension; mais il existe aussi de rares petits cristaux brun très pâle du même clinopyroxène, également affectés d'extinctions onduleuses; l'un d'eux est allongé et présente la structure en sablier.

Parmi les cristaux d'olivine (forstérite), un microphénocrystal de 0.55 mm est rigoureusement automorphe; il est limité par les faces {021} bien développées, lesquelles sont tronquées par une petite face (001) (fig. 3). D'autres microphénocristaux automorphes, à la vérité assez rares, sont invaginés et peuvent englober des cristaux cubiques ou octaédriques de minerai opaque. Ces derniers existent aussi dans la pâte.

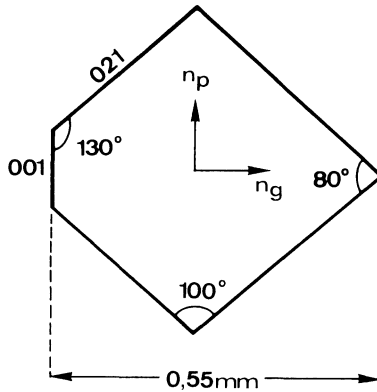


Fig. 3. — Microphénocrystal d'olivine.
Angles effectivement mesurés au microscope.

La pâte est composée de microlites de labrador à 65 % An et de microlites d'olivine assez abondants. Ces derniers sont souvent fourchus ou en tablettes qui représentent leurs sections transversales. Le clinopyroxène légèrement brunâtre est très rare ou pratiquement absent.

Les éléments précédents se détachent sur une *mésostase* vitreuse brun châtain foncé. Celle-ci est criblée de minuscules cristaux de minerai opaque. Enfin, on y soupçonne de vagues structures sphérolitiques attribuables à des clinopyroxènes naissants.

CONCLUSIONS

Aucun des échantillons examinés ne représente une lave ayant eu le temps d'achever sa cristallisation à l'abri d'une croûte consolidée refroidie superficiellement. Les échantillons proviennent de cette croûte ou de scories ou de fragments de bombes, brutalement figés. La rareté des clinopyroxènes, toujours abondants dans les laves plus anciennes du Nyamuragira, est remarquable, comme d'ailleurs l'abondance de la *mésostase* dans laquelle les minéraux non exprimés doivent être considérés comme existant à l'état potentiel.

Néanmoins, l'échantillon C 2 où la leucite est présente ne laisse aucun doute sur la nature de cette lave : c'est une *kivite*. Quant aux autres échantillons d'où la leucite est absente, il faut y voir des *kivitoïdes*. C'est ce que confirme l'analyse ci-dessous de l'échantillon n° 1 de R. RAMBLOT, effectuée au Laboratoire de Pétrologie de l'Université de Bruxelles par M^{me} Claire CHAVAL.

On sait (M.-E. DENAEYER et D. LEDENT, 1954) que le calcul de la composition virtuelle d'après les règles du système américain CIPW modifié par A. LACROIX oblige, dans le cas des roches à déficit de silice, à transformer *d'abord*, partiellement ou totalement, suivant le cas, l'albite virtuelle en néphéline. Cela paraît contre-indiqué pour les roches à leucite. Aussi, pour calculer une composition virtuelle plus conforme à la réalité, faut-il transformer *d'abord* l'orthose virtuelle en leucite et, s'il subsiste encore un déficit de silice, transformer partiellement l'albite en néphéline. Dans le tableau qui suit, nous avons donc donné, à côté de la composition virtuelle calculée suivant les règles, la composition virtuelle modifiée comme il vient d'être dit. Cette modification n'affecte pas les barylites virtuels : diopside (D), olivine (O), minerais (M) et apatite (Ap).

Composition chimique		Composition virtuelle		Composition virtuelle modifiée		
SiO ₂	45.36	Or	18.90	Ab	13.36	
Al ₂ O ₃	17.11	Ab	4.46	An	21.96	
Fe ₂ O ₃	1.20	An	21.96	Né	8.38	
FeO	10.33	Né	13.21	Lc	14.82	
MnO	0.17	D {	CaSiO ₃	12.30	D	24.60
MgO	3.64		Mg	5.30		
CaO	11.08		Fe	7.00		
Na ₂ O	3.40	O {	Mg ₂ SiO ₄	2.66	O	6.54
K ₂ O	3.24		Fe ₂	3.88		
TiO ₂	3.70	M {	Ma	1.86	M	8.85
P ₂ O ₅	0.60		Plm	6.99		
P.F.	0.51	Ap	1.34	Ap	1.34	
	100.34					

Paramètres CIPW-Lx : III.6.3.3(4) [2.2.2'.3(4)] An % calc. = 83

Al : Alc = 1.89 — Al : Calc = 0.59 — Or : Pl = 0.72

Paramètres de Niggli : *si* = 107 — *al* = 23.8 — *fm* = 35.6 — *c* = 28.0 — *alc* = 12.6

ti = 6.51 — *k* = 0.38 — *mg* = 0.36 — *o* = 0.06

qz = — 30.4 — *c* : *fm* = 0.79

CHIMICO-MINERALOGIE COMPARÉE

En se limitant aux plus récentes éruptions du Nyamuragira et de ses satellites, la comparaison entre les compositions chimico-minéralogiques des laves émises de 1956 à 1967 et celle de la lave du Rugarama permet de conclure que les variations du contenu magmatique du Nyamuragira ont été très faibles pendant ce laps de temps et de l'ordre de grandeur de celles dues, tant à de petites fluctuations de la composition qu'aux marges d'erreur des analyses chimiques.

En effet, si nous pointons les analyses en question dans le triangle Qs-Ls-Fs de NIGGLI (1927), leurs points figuratifs sont bien groupés (fig. 4). Mais ils forment deux sous-groupes. En chiffres ronds, le premier a pour paramètres Qs = — 0.4,

Ls = 0.9 et Fs = 0.5. Les paramètres du second sont : Qs = -0.55, Ls = 1.02 et Fs = 0.55. On pourrait croire qu'il s'agit de deux variétés de kivites. Mais il n'en est rien. Si l'on examine les chiffres (M.-E. DENAEYER, 1972), on s'aperçoit que les analyses du second groupe sont systématiquement plus riches en alcalis que celles du premier. Or, toutes les analyses en question, tant celles du premier que celles du second groupe ont été faites *sur les mêmes laves*. L'explication de la divergence est la suivante : toutes les analyses du premier groupe ont été exécutées au Laboratoire de Pétrologie de l'Université de Bruxelles, sauf l'une d'elles exécutée au Musée Royal de l'Afrique Centrale, respectivement par M^{mes} CHAVAL et GASTUCHE, tandis que les analyses du second groupe l'ont été au Laboratoire du Service Géologique de Bukavu (Zaire) par M. VISEUR. Il est donc manifeste que c'est le facteur humain qui a créé cette apparente différenciation et nullement une variation de composition des laves. Les chimistes ne nous renseignent d'ailleurs pas sur les méthodes employées par eux.

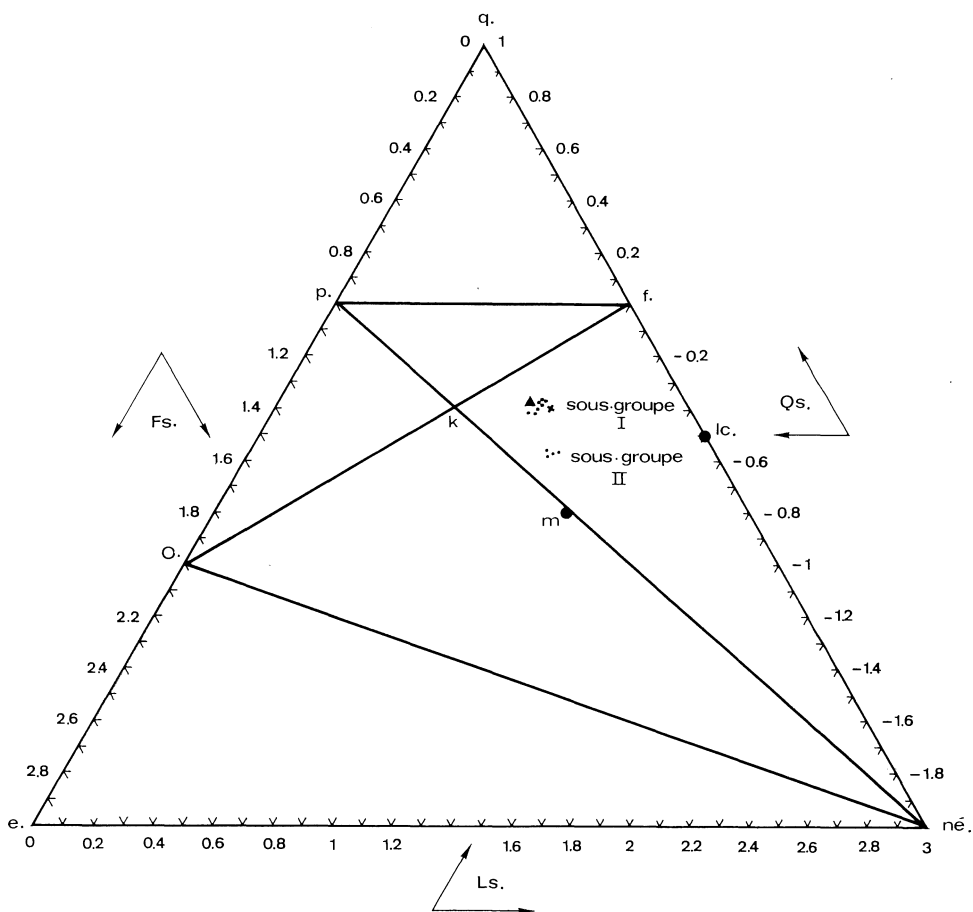


Fig. 4. — Diagramme Qs-Ls-Fs : Laves du Nyamuragira.

Légende :

- × Lave de l'éruption du Rugarama en 1971.
- Laves des éruptions du Nyamuragira et de ses satellites de 1956 à 1967.
- ▲ Moyenne de toutes les laves de l'édifice du Nyamuragira.

L'analyse de la lave du Rugarama se place dans le premier sous-groupe et a pour paramètres $Q_s = -0.40$, $L_s = 0.92$ et $F_s = 0.49$. De plus, le calcul de la composition moyenne de toutes les laves analysées de l'édifice du Nyamuragira (une centaine) fournit un point représentatif qui se place dans ce même sous-groupe avec les paramètres $Q_s = -0.40$, $L_s = 0.87$ et $F_s = 0.53$. Il s'en suit que les analyses des laves du premier sous-groupe offrent un caractère de crédibilité très supérieur à celles du second sous-groupe.

Cette discussion fait ainsi toucher du doigt le degré de confiance qu'il convient d'accorder aux analyses chimiques.

II. — Les enclaves

Les enclaves énallogènes charriées par les laves et les bombes du Rugarama semblent assez abondantes. Nous avons examiné un certain nombre de celles récoltées par M. CORMINBEUF, M. DELIENS, du Musée Royal de l'Afrique Centrale et M. TARTE, de l'Université de Liège, nous ont prêté leur collaboration pour les examens en diffraction X et infrarouge.

Échantillon C 778, R.G. Tervuren 12598. — Il s'agit d'une enclave gris blanchâtre à verdâtre, massive, à éclat vitreux.

Elle est formée presque entièrement de grands cristaux de *tridymite*, allongés et enchevêtrés, mesurant environ 0.5 sur 0.06 mm. Leur allongement est négatif et l'extinction droite. La macle en coin aigu e^3 (013) est fréquente (Ph, 2). Les intervalles entre les grands cristaux sont remplis de petits cristaux grenus ou microlitiques.

Comme autres constituants, on observe des résidus de quartz corrodé, riches en bulles gazeuses disposées en files (Ph, 3). Ces résidus sont entourés de houppes radiaires de *tridymite* fibreuse ou microlitique implantées normalement à leurs contours (Ph, 4). Très accessoirement, il existe de petits cristaux déchiquetés (corrodés) disposés en traînées. Ils sont attribuables, avec doute, à un clinopyroxène ou à du diopside verdâtre. Leur biréfringence est moyenne et leur extinction de 45° .

Cette enclave est entièrement comparable aux briques de silice de l'industrie. D'autre part, A. LACROIX (1946) en a décrit de pareilles dans les laves du Vulcano (îles Eoliennes) et dans celles d'un volcan andésitique de Tanna (Nouvelles Hébrides). Il pensait que la température du magma, nécessaire à la fusion du quartz devait atteindre au moins 1750°C . Dans sa *Minéralogie de la France*, t. III, pp. 106 et 107, les figures 6 et 7 donnent une excellente idée de notre enclave de *tridymite*.

Il ne fait pas de doute que celle-ci a été arrachée au complexe de base précambrien du Nyamuragira qui comprend des quartzites et des schistes alumineux, avec des filons de quartz et des pegmatites (L. FINCKH, 1912; M.-E. DENAEYER et VAN WALLENDIAEL, 1961; B. EGOROFF, 1965).

Échantillon C 774. — Enclave ponceuse d'un blanc laiteux, très vacuolaire.

Au microscope, elle se résoud en un feutrage très serré et semi-opaque de *sillimanite* et/ou de *mullite* baignant dans une mésostase vitreuse incolore et vacuolaire.

La sillimanite/mullite se présente en aiguilles très minces (biréfringence 0.002 à 0.003) qui n'apparaissent que dans le verre incolore qui frange les vacuoles. Ce verre a un indice de réfraction très inférieur à 1,54.

En deux ou trois endroits de la lame mince, on peut observer de longs prismes

assez épais qui paraissent correspondre soit à la mullite, soit à la sillimanite (extinctions droites, allongement positif, biréfringence atteignant le blanc jaunâtre du premier ordre). Ces prismes sont entièrement englobés dans le verre,

A noter encore de très rares et minuscules sphérolites positifs (parfois négatifs) d'indice presque égal à 1.54. Il s'agit probablement de quartzine et de calcédonite secondaires,

Il n'existe aucun résidu infondu, sauf quelques très rares mouches de muscovite. C'est là un indice de l'origine phylliteuse de la roche originelle (phyllade ou mica-schiste) fondue par le magma en fusion. Cette enclave, de par sa composition silico-alumineuse, est donc une *porcellanite*.

En diffraction X, la mullite semble être le minéral dominant, ce qui implique — comme dans le cas précédant — des températures élevées, car on sait que la sillimanite se dissocie à 1545° C environ en mullite. Le tableau ci-dessous donne les raies des deux minéraux et les intensités, en regard du spectre de l'enclave.

Échantillon C 774 Radiation Cu K α Filtre Ni		Mullite ASTM 15-776		Sillimanite ASTM 10-369	
d	I	d	I	d	I
5.37	25	5.39	50	5.35	70
—	—	—	—	4.56	30
3.75	5	3.774	8	3.73	50
3.40	100	3.428	95	3.41	90
—	—	3.39	100	3.36	100
—	—	—	—	3.19	10
—	—	—	—	2.93	10
2.885	15	2.886	20	2.88	70
2.687	30	2.694	40	2.67	80
2.540	35	2.542	50	2.53	90
2.426	10	2.428	14	2.42	60
—	—	2.393	<2	2.37	10
—	—	2.308	4	2.30	30
2.284	10	2.292	20	2.30	30
—	—	—	—	2.28	60
2.206	50	2.206	60	2.20	100
2.117	15	2.121	25	2.10	60

Trois facteurs militent en faveur de la mullite :

- 1) meilleure correspondance des d,
- 2) absence de réflexions à d = 4.56, 3.19 et 2.93 (sillimanite)
- 3) coïncidence des intensités.

L'examen en infrarouge ferait penser à un alumosilicate mal cristallisé, tel que feldspath ou feldspathoïde, mais la phase vitreuse importante pourrait éventuellement expliquer l'aspect du spectre infrarouge. Il serait en ce cas celui de la mullite car le spectre de la sillimanite n'apparaît pas, comme il se devrait, dans les conditions de l'expérience.

Échantillon C 783. — Cette enclave est comparable à la précédente.

Au microscope on voit un feutrage d'aiguilles cristallitiques au sein d'un verre incolore ou rubéfié. On y observe aussi des débris de quartz fritté sur un fond nébuleux biréfringent indéfinissable.

En diffraction X, le spectre est encore celui d'une mullite/sillimanite, mais les mêmes facteurs que précédemment militent en faveur de la mullite.

En infrarouge, c'est aussi la présence de mullite qui paraît la plus plausible.

Il s'agit donc encore, dans le cas présent, d'une *porcellanite*.

Échantillon C 764. — Enclave ponceuse gris foncé.

Au microscope, elle se résoud essentiellement en une trame grumeleuse et en éléments aciculaires ou cristallitiques indéterminables, noyés dans une mésostase vitreuse incolore. Toute la préparation est saupoudrée d'une poussière très ténue et dispersée de minéral opaque. Enfin, en plusieurs endroits, il existe de petites plages formées d'un minéral qui ressemble au quartz, mais aucun caractère optique ne permet de les identifier.

Échantillon C 764 Radiation Cu K α Filtre Ni		Oligoclase ASTM 9-456	
d	I	d	I
—	—	6.43	5
—	—	4.69	6
4.26	ff	—	—
4.04	F	4.02	8
3.87	f	3,88	5
3,74	m	3,74	8
—	—	3,68	3
3,63	f	3,63	7
—	—	3.46	4
—	—	3.41	3
3,35	F	3.36	6
—	—	3.26	3
3.19	FF	3.20	10
—	—	3.17	8
3,13	m	3.12	7
3.00	f	3.01	6
2,94	f	2.94	7
2.84	ff	2.91	6
2.65	f	2.65	5
2.51	f	2.52	7

PLANCHE I

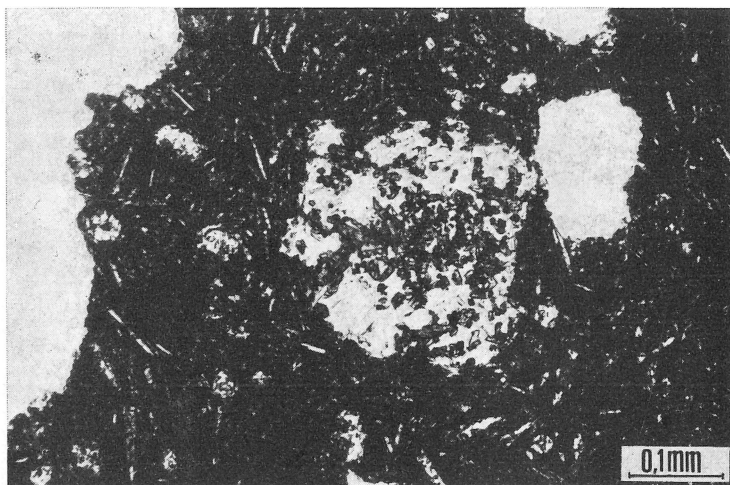


Photo 1. — Éch. C2. — Microphénocrystal (au centre) et microcristaux (à gauche) de leucite dans kivitite.

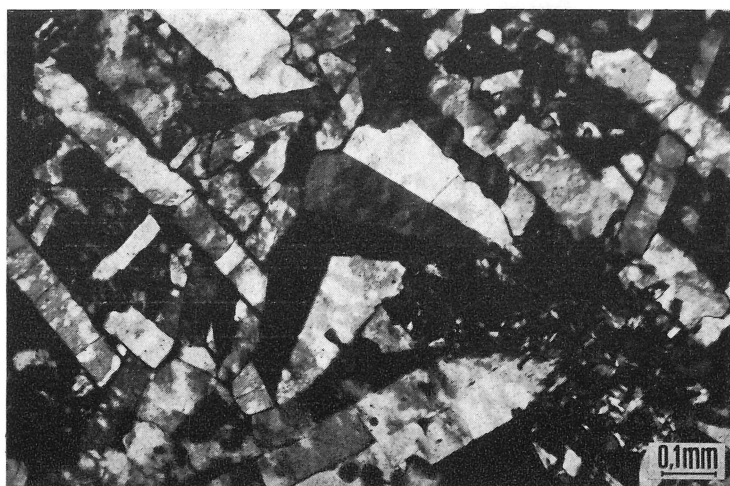


Photo 2. — Enclave de tridymite C778. Au centre : deux cristaux maclés $e^3(013)$. Nicols croisés.

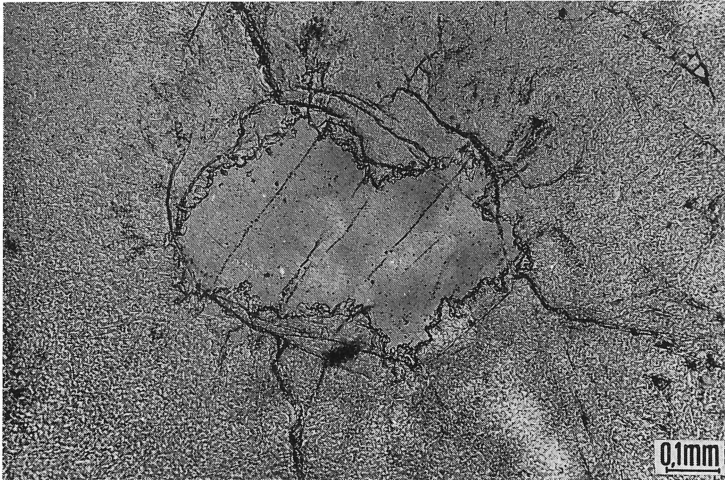


Photo 3. — Enclave de tridymite C778. Au centre : quartz résiduel corrodé avec files d'inclusions, entouré d'un liséré soulignant les limites du grain de quartz primitif. Lum. nat.

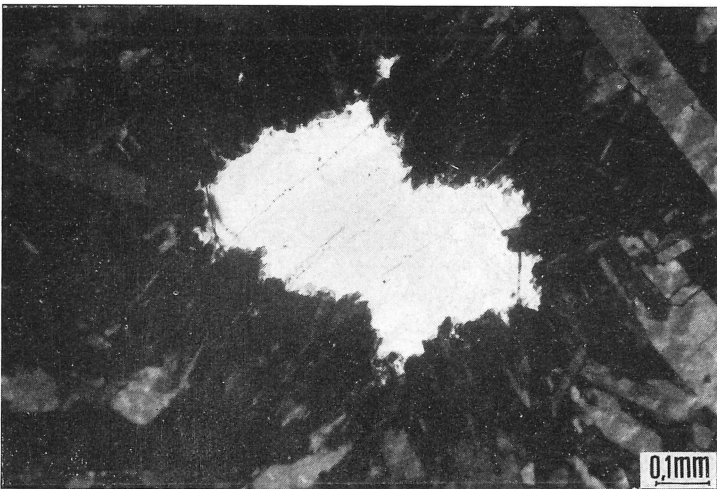


Photo 4. — Même enclave C778 vue entre nicols croisés. Le grain de quartz corrodé est entouré de houppes radiales de tridymite.

En diffraction X, le spectre obtenu est comparable à celui d'un plagioclase. Il s'agit probablement du spectre de la trame grumeleuse ou du minéral ressemblant au quartz. A titre d'exemple, le tableau ci-dessus donne le spectre de l'oligoclase en regard de celui de l'enclave.

S'agissant d'un silicate d'alumine, la dénomination de *porcellanite* s'applique encore dans ce cas ci. Il est probable que cette enclave est un fragment semi-fondu du feldspath d'une pegmatite.

Bruxelles, octobre 1972.

BIBLIOGRAPHIE

- DENAEYER, M.-E. (1969). — Nouvelles données lithologiques sur les volcans actifs des Virunga (Afrique Centrale), *Bull. volcanologique*, Naples, **33**, 1128-1144.
- DENAEYER, M.-E. (1972). — Les laves du fossé tectonique de l'Afrique centrale. I. Supplément, *Ann. Musée Roy. Afrique centrale*, Tervuren, sér. in-8°, Sci. géol., n° 72, pp. 24-29.
- DENAEYER, M.-E. et LEDENT, D. (1954). — Caractères chimico-minéralogiques d'une kivite du volcan Mihaga, *Bull. Acad. Roy. Sci. coloniales*, **25**, 1578-1587.
- DENAEYER, M.-E. et VAN WALLENDÆL, M. (1961). — *Bull. Acad. Roy. Sci. Outre-Mer*, N.S., **7**, 460-467.
- EGOROFF, B. (1965). — L'éruption du Mihaga en 1954, *Inst. Parcs nat. Congo*, Exploration du Parc Albert, *Mission d'études volcanologiques*, **4**, 205 pp.
- FINCKH, L. (1912). — Die jungvulkanischen Gesteine des Kivusee-Gebiet, *Wiss. Ergeb. Deutsch Zentralafrika Exped. 1907-1908*, Leipzig, **1**.
- LACROIX, A. (1946). — Sur un nouveau cas de formation de tridymite par fusion d'une enclave quartzique d'un volcan andésitique (Tanna des Nouvelles Hébrides), *C.R. Acad. Sci.*, Paris, **223**, 409-412.
- NIGGLI, P. (1927). — Zur Deutung der Eruptivgesteinanalysen auf Grund der Molekulargewichte, *Bull. Suisse de Minéral. et de Pétrographie*, **7**, 116-131.

