

CHAPITRE VII.

LAVES DE LA CINQUIÈME PHASE.

RAPPEL DES ÉVÉNEMENTS.

(Carte n° 5.)

Le 19 mai à 19 h 25, de la lave, crevant la croûte de la coulée orientale de lave consolidée depuis fin mars, s'épancha à la surface de celle-ci, en direction du Sud-Est.

Cette dernière phase d'émission de lave se termina dans l'après-midi du 28 mai, précédant de quelques heures l'arrêt complet de l'éruption proprement dite.

I. — ÉTUDE MINÉRALOGIQUE.

1. ÉCHANTILLON N° 104.

A. — Description macroscopique.

Lave gris foncé, luisante, moyennement vacuolaire, portant de nombreuses aspérités pointues à sa surface extérieure. Cet échantillon a été prélevé à environ 1 km au Sud du tunnel d'émission de la lave.

B. — Description microscopique.

a) Phénocristaux xénoclastiques et phénoblastes. — Bytownite, augite titanifère, olivine, titanomagnétite.

b) Microphénocristaux xénoclastiques et microphénoblastes. — Bytownite, augite titanifère, olivine, hypersthène rare, titanomagnétite.

c) Microlites. — Labrador aciculaire, en tablettes rectangulaires et losangiques, augite titanifère, hypersthène, apatite (très rare), pyroxène vert (rare), « poils », halos noirs et taches noires (rares), petits octaèdres de titanomagnétite, octaèdres ultramicroscopiques (rares), très fines dendrites de premier ordre.

d) Verre. — Le verre est abondant, jaune tacheté de noir, d'indice de réfraction supérieur à 1,572 (bytownite).

e) Minerais et minéraux typomorphes. — Pyroxène vert (rare), « poils », halos noirs et taches noires, labrador en tablettes.

f) Conclusion. — Cette lave a été refroidie très rapidement et a atteint le deuxième stade de cristallinité, ou tout au plus, le début du troisième.

2. ÉCHANTILLON N° 105.

A. — **Description macroscopique.**

Lave compacte, gris foncé, faiblement vacuolaire, prélevée au-dessous de la dalle constituant l'échantillon précédent (n° 104).

B. — **Description microscopique.**

a) Phénocristaux xénoclastiques et phénoblastes. — Bytownite, augite titanifère, olivine, titanomagnétite.

b) Microphénocristaux xénoclastiques et microphénoblastes. — Bytownite, labrador, augite titanifère, olivine, hypersthène squelettique rare, titanomagnétite, leucite (rare).

c) Microlites. — Labrador, augite titanifère, hypersthène rare, pyroxène vert, pyroxène fibreux (grand développement), titanomagnétite en petits octaèdres, semis d'octaèdres très petits, dendrites très nombreuses de deuxième ordre et de troisième ordre (rares).

d) Verre. — Le verre est brun clair, violacé. Son indice de réfraction est inférieur à 1,563 (labrador).

e) Minerais et minéraux typomorphes. — Leucite, pyroxène fibreux très abondant, dendrites de troisième ordre (peu).

f) Conclusion. — Cette lave a été refroidie lentement et a atteint le cinquième stade de cristallinité.

3. ÉCHANTILLON N° 151.

A. — **Description macroscopique.**

L'échantillon provient d'une croûte recouvrant la dernière lave du Mihaga, figée sous la voûte d'émission (Photo n° 30).

B. — **Description microscopique.**

a) Phénocristaux xénoclastiques et phénoblastes. — Bytownite, augite titanifère, olivine, titanomagnétite.

b) Microphénocristaux xénoclastiques et microphénoblastes. — Bytownite, augite titanifère, olivine, hypersthène rare, leucite (rare), titanomagnétite.

c) Microlites. — Labrador, augite titanifère, hypersthène, pyroxène vert, grand développement du pyroxène fibreux, titanomagnétite en petits octaèdres, semis d'octaèdres très petits, dendrites de deuxième ordre, hématite (rare).

d) Verre. — Le verre est complètement remplacé par le pyroxène fibreux.

e) Minerais et minéraux typomorphes. — Leucite, grand développement du pyroxène fibreux.

f) Conclusion. — Cette lave, pratiquement holocristalline, doit être classée dans le quatrième stade (fin), car le grand développement du pyroxène fibreux témoigne d'une abondance relative de verre substitué. Le pyroxène a pu se développer grâce aux circonstances favorables de refroidissement lent sous la voûte, de même qu'un peu de leucite.

Remarque.

Il est important de souligner le fait que même la croûte superficielle d'une coulée de lave, refroidie sous la voûte, atteint le stade de cristallinité élevé avec leucite, tandis que le refroidissement à l'air d'une croûte superficielle conduit à la cristallinité du troisième stade, maximum.

4. ÉCHANTILLON N° 152.

A. — Description macroscopique.

Lave gris foncé, vacuolaire, contenant de nombreux minéraux blancs de l'ordre de grandeur de 1,5 mm. Cet échantillon a été prélevé sous la voûte également.

B. — Description microscopique.

a) Phénocristaux xénoclastiques et phénoblastes. — Bytownite, augite titanifère, olivine, titanomagnétite.

b) Microphénocristaux xénoclastiques et microphénoblastes. — Bytownite, augite titanifère, olivine, hypersthène rare, leucite, titanomagnétite.

c) Microlites. — Labrador, augite titanifère, hypersthène, pyroxène vert, pyroxène fibreux, titanomagnétite en petits octaèdres, semis lâche d'octaèdres très petits, énorme développement de dendrites de deuxième ordre formant par endroits un feutrage, hématite (rare).

d) Verre. — Le verre est brun havane violacé. Son indice de réfraction est inférieur à 1,563 (labrador).

e) Minerais et minéraux typomorphes. — Leucite, pyroxène fibreux, dendrites.

f) Conclusion. — Cette lave a été refroidie lentement et a atteint le cinquième stade de cristallinité.

5. ÉCHANTILLON N° 153.

A. — Description macroscopique.

Lave gris foncé, compacte, à vésicules aplaties conférant à la lave un aspect feuilleté. L'échantillon a été prélevé sous la voûte, au-dessous de la croûte mousseuse (éch. n° 151, ci-dessus), dans le lac de lave figé. C'est donc la dernière lave émise par la voûte et donc par le Mihaga.

B. — Description microscopique.

a) Phénocristaux xénoclastiques et phénoblastes. — Bytownite, augite titanifère, olivine, titanomagnétite.

b) Microphénocristaux xénoclastiques et microphénoblastes. — Bytownite, augite titanifère, olivine, hypersthène, leucite, titanomagnétite.

c) Microlites. — Labrador, augite titanifère, hypersthène, pyroxène vert, pyroxène fibreux, titanomagnétite en petits octaèdres, semis d'octaèdres très petits, dendrites de deuxième ordre.

d) Verre. — Le verre est brun (lame trop épaisse). Son indice de réfraction est inférieur à 1,563 (labrador).

e) Minerais et minéraux typomorphes. — Leucite, pyroxène fibreux.

f) Conclusion. — Cette lave a été refroidie lentement et présente le cinquième stade de cristallinité.

Remarque importante.

Toutes les laves refroidies lentement, sous la voûte qui a émis les laves de la cinquième phase, y compris la croûte mousseuse superficielle (éch. n° 151), contiennent de la leucite.

II. — ÉTUDE CHIMICO-MINÉRALOGIQUE.**1. Composition chimique.**

Les analyses chimiques des cinq laves de la cinquième phase sont données au tableau n° 19 *a*.

On remarquera que leur teneur en alcalis a baissé par rapport aux laves de la quatrième phase, le rapport K_2O/Na_2O n'accusant pas de changement appréciable.

2. Composition minéralogique virtuelle.

La partie *b* du tableau 19 donne les compositions virtuelles des laves sous revue.

3. Paramètres C.I.P.W.-Lacroix.

Ces paramètres, pour les laves sous revue, sont donnés dans le tableau n° 20.

On remarquera que les paramètres *q* de toutes les laves sont égaux à 5, c'est-à-dire qu'il s'agit de laves à peu près saturées en silice, comme celles

de la première phase. Cependant, contrairement aux laves de la première phase, la présence d'un peu de néphéline virtuelle implique un léger déficit de silice.

Quoi qu'il en soit, ces laves appartiennent à la catégorie des laves « saturées en silice » (ou légèrement déficitaires), ce qui, conjointement à la quasi-égalité en poids des alcalis, implique un caractère shoshonitique.

4. Paramètres de Niggli.

Ces paramètres sont donnés au tableau n° 21.

5. Conclusion.

Ces laves possèdent les paramètres des absarokites shoshonitiques, mais elles contiennent toutes (à une exception près, n° 104), un peu de leucite exprimée, ce qui les apparente aux kivites. Ce sont des absarokites shoshonitiques leucitifères.

TABLEAU N° 19. -- LAVES DE LA CINQUIÈME PHASE.

a) Composition centésimale.

Oxydes	Éch. 104	Éch. 105	Éch. 151	Éch. 152	Éch. 153
Si O ₂	46,33	46,43	43,98	45,76	44,86
Ti O ₂	3,22	3,17	3,00	3,21	3,05
Al ₂ O ₃	13,70	11,27	16,72	14,07	14,63
Fe ₂ O ₃	5,36	7,23	12,10	6,83	7,17
Fe O	10,85	10,71	3,78	9,49	9,80
Mn O	0,23	0,18	0,22	0,19	0,21
P ₂ O ₅	0,42	0,51	0,33	0,33	0,38
Mg O	4,43	4,54	3,70	2,62	3,13
Ca O	9,66	10,05	9,50	11,29	10,84
Na ₂ O	2,77	2,77	2,60	2,52	2,42
K ₂ O	2,57	2,62	2,82	2,90	2,82
H ₂ O ⁺	0,31	0,33	0,39	0,28	0,35
H ₂ O ⁻	0,04	0,04	0,47	0,09	0,05
C O ₂	0,00	0,01	0,05	0,11	0,04
S O ₃	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
S	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.

Oxydes	Éch. 104	Éch. 105	Éch. 151	Éch. 152	Éch. 153
Cl	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Graph.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Totaux	99,89	99,86	99,66	99,69	99,75
Densités	2,72	2,79	—	2,50	2,42
Analystes	G. VISEUR	G. VISEUR	G. VISEUR	G. VISEUR	G. VISEUR
N° bull.	60/1954	61/1954	28/1955	29/1955	30/1955

b) Composition minéralogique virtuelle.

	Éch. 104	Éch. 105	Éch. 151	Éch. 152	Éch. 153	
Or	15,57	15,51	16,62	17,17	16,68	
Ab	18,86	21,03	17,55	15,20	14,15	
An	16,96	10,28	25,58	18,35	20,57	
Né	2,56	1,38	2,41	3,41	3,41	
Hal	—	—	—	—	—	
D {	Ca O . Si O ₂ ..	11,72	14,85	8,12	14,04	12,76
	Mg O . Si O ₂ ..	5,90	8,10	7,00	6,50	6,70
	Fe O . Si O ₂ ..	5,54	6,20	—	7,69	5,68
Wo	—	—	—	0,58	—	
H {	Mg O . Si O ₂ ..	—	—	—	—	—
	Fe O . Si O ₂ ..	—	—	—	—	—
O {	2 Mg O . Si O ₂ ...	3,64	2,24	1,54	—	1,12
	2 Fe O . Si O ₂ ...	3,88	1,94	—	—	1,22
Ma	7,89	10,44	4,18	8,82	10,44	
Ilm	6,08	6,08	5,78	6,08	5,93	
Hém.	—	—	9,28	—	—	
Ap	1,39	1,34	0,67	1,34	1,01	
Ca	—	—	0,10	—	—	
H ₂ O	0,35	0,37	0,86	0,37	0,40	
Totaux	100,34	99,76	99,69	99,55	100,07	

TABLEAU N° 20. — LAVES DE LA CINQUIÈME PHASE.

Paramètres C.I.P.W.-Lacroix.

Éch. n°	<i>p</i>	<i>q</i>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	% An
104	III	5	3	3 (4)	2'	2	2	3'	47
105	III	5	2'	3 (4)	2'	(1) 2	2 (3)	3'	36
151	III	5	3	3'	3	1'	2'	(2) 3	60
152	III	5'	3	3'	2'	1	(2) 3	'4	54
153	III	5	3	3'	2 (3)	1'	1	(3) 4	59

TABLEAU N° 21. — LAVES DE LA CINQUIÈME PHASE.

Paramètres de Niggli.

Paramètres	Éch. 104	Éch. 105	Éch. 151	Éch. 152	Éch. 153
<i>si</i>	108,40	108	104	111	104,20
<i>al</i>	18,80	15	23	20	19,90
<i>fm</i>	46,80	50	43	40	43,50
<i>c</i>	24,10	25	24	30	27,00
<i>alk</i>	10,30	10	10	10	9,60
<i>c/fm</i>	0,52	0,50	0,56	0,75	0,62
<i>ti</i>	5,61	5,59	5,39	5,64	5,43
<i>mg</i>	0,33	0,32	0,37	0,23	0,27
<i>o</i>	0,20	0,25	0,50	0,27	0,29
<i>k</i>	0,38	0,38	0,41	0,43	0,43
<i>si'</i>	141,20	140	140	140	138,40
<i>qz</i>	-32,80	-32	-36	-29	-34,20

CHAPITRE VIII.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

I. — INTRODUCTION.

Dans la conclusion de la première partie, l'auteur a présenté une hypothèse schématique du mécanisme de déclenchement des éruptions volcaniques. Selon celle-ci, les éruptions peuvent se reproduire au même endroit, tant que les fractures ouvertes ne sont pas obturées. Tel semble être le cas au Nyamuragira. Ce volcan est en activité permanente, mais ses éruptions connues ne semblent pas suivre un rythme régulier; au cours des vingt-six dernières années, elles se sont produites aux intervalles suivants :

Tshambene	1938-1940	8 ans	Chef de mission J. VERHOOGEN (1948);
Gituro	1948	3 ans	Chef de mission H. TAZIEFF (1950);
Ndakaza (Shabubembe) ...	1951-1952	2 ans	Chef de mission A. MEYER (1953);
Mihaga	1954	2 ans	Chef de mission B. EGOROFF (1961);
Eruption intracaldérale ...	1956	1 an	non étudiée;
Eruption intracaldérale ...	1957	1 an	non étudiée;
Kitsimbanyi	1958	7 ans	non étudiée;
	1965		aucune éruption n'a été signalée depuis 1958.

En surface, le mécanisme des éruptions, propre au Nyamuragira, se dégage de la répétition des mêmes événements majeurs, résumés dans les figures ci-dessous.

a) **Éruption de 1938** (Fig. 18).

R. HOIER (1939) et J. VERHOOGEN (1948) ont bien décrit la montée du magma à l'intérieur du cratère du Nyamuragira jusqu'à la cote 2.775 m. A ce moment, le sommet du cône se fractura et la lave, se précipitant par ces fractures, s'épancha sur les flancs du cône (première phase).

Quelques jours plus tard, plusieurs fractures s'ouvrirent à 2.270 m, soit 500 m plus bas que les premières, et l'éruption se fixa à cet endroit

(deuxième phase), tandis que le niveau de lave dans la caldeire s'abaissait progressivement et disparaissait finalement sous l'effondrement de la plateforme de la partie active.

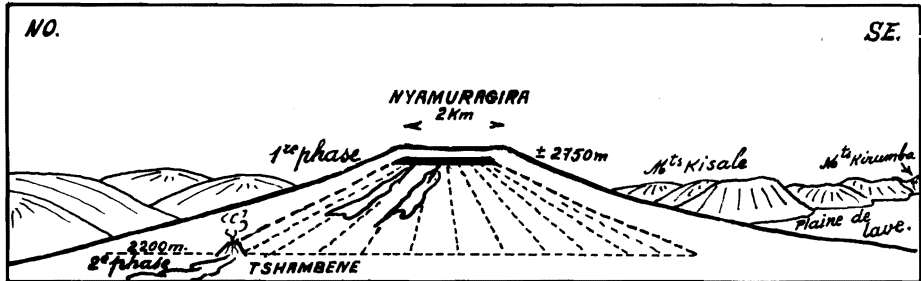


FIG. 18. — Éruption de 1938-1940.

b) **Éruption de 1948** (Fig. 19).

Cette éruption a été caractérisée par l'ouverture d'une fracture à basse altitude (1.700 m), sans que le magma n'apparût à plus haute altitude.

Cependant, rien ne s'oppose à l'hypothèse d'une montée du magma jusqu'à une certaine hauteur, mais cette ascension fut sans doute interrompue par l'ouverture de la fracture à basse altitude.

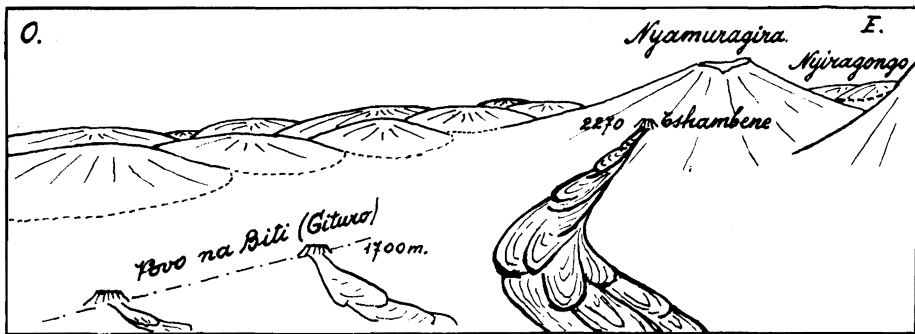


FIG. 19. — Éruption de 1948.

En admettant que la charge d'une colonne de magma de 500 m de haut soit suffisante pour fracturer le sol (cas de l'éruption de 1938), la montée du magma à l'intérieur du cône du Nyamuragira se serait arrêtée à la cote 2.200 m.

c) **Éruption de 1951-1952** (Fig. 20).

A haute altitude la lave a été observée au fond du puits de la caldère, soit donc à environ 2.800 m (première phase).

La fracture s'est ouverte à la cote 2.750 m où se fixa l'éruption (deuxième phase).

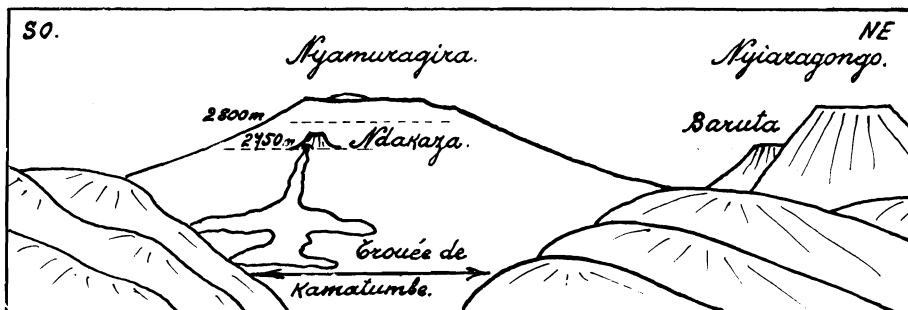


FIG. 20. — Eruption de 1951-1952.

d) **Éruption de 1954** (Fig. 21).

La lave est montée approximativement jusqu'à 2.600 m; quand la paroi sud-est du cône céda sous sa pression, à 2.550 m, elle livra passage à un torrent de lave (première phase).

Deux jours plus tard, une fracture s'ouvrit à basse altitude (2.250 m) où l'éruption se maintint (deuxième phase).

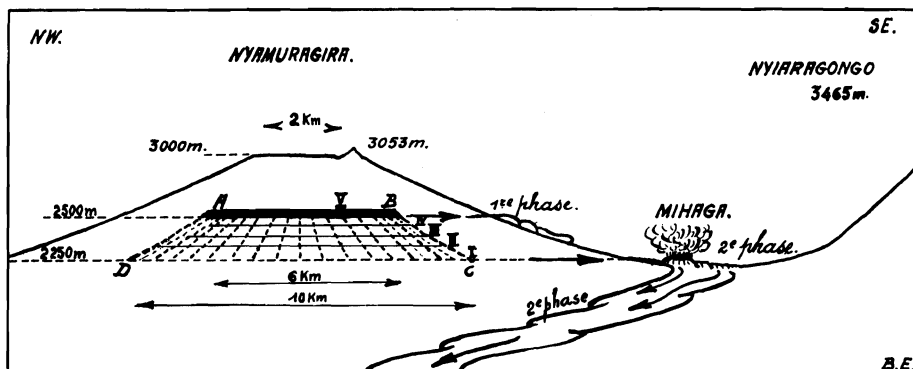


FIG. 21. — Éruption de 1954.

e) **Éruption intercaldérale de 1956.**

La lave apparut à 2.900 m environ (première phase), la fracture de 1951-1952 rejoua et émit une coulée de 2 km environ au flanc NNE du Nyamuragira (deuxième phase).

f) **Éruption de 1957.**

La lave apparut à 2.900 m environ (première phase). L'éruption se fixa au flanc sud-est du Nyamuragira, à 2.600 m, où elle édifia deux cônes (deuxième phase). Les laves de cette éruption ont noyé presque complètement celles de la première phase de l'éruption de 1954. Cette manifestation n'a pas été étudiée.

g) **Éruption de 1958** (Fig. 22).

La fracture à basse altitude (1.800 m) localisa l'éruption au pied nord du cône du Nyamuragira. Cette éruption n'a pas non plus été étudiée, de sorte que l'on ignore l'existence de la première phase éventuelle à haute altitude.

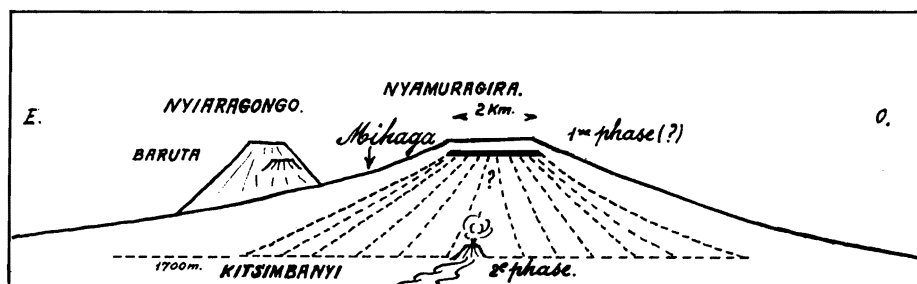


FIG. 22. — Éruption de 1958.

Le mécanisme des éruptions successives du Nyamuragira semble donc être le suivant :

1. Montée du magma à l'intérieur du cratère jusqu'à une altitude variant de 2.600 à 2.900 m.
2. Fissuration occasionnelle des parois supérieures du cône et émission de la lave à haute altitude (première phase).
3. Ouverture d'une fracture à basse altitude avec fixation de l'éruption à ce niveau (deuxième phase).
4. Expulsion par cette fracture inférieure du magma accumulé à l'intérieur du cratère du Nyamuragira.

On peut considérer que l'éruption de 1958, la dernière connue à ce jour (1965), a dû être le plus important des réveils connus du Nyamuragira, car la colonne de lave motrice de l'éruption aurait pu atteindre 1.100 m (2.900-1.800 m), c'est-à-dire une pression de 2.500 atmosphères à sa base. Malheureusement, cette éruption n'a pas fait l'objet d'une étude.

Un calcul approximatif simple, exposé ci-dessous, montre qu'un « vide » de 3 % du volume total du cratère du Nyamuragira serait suffisant pour contenir tout le volume de lave émis en 1954 (Fig. 21).

Admettons que le volume du cône tronqué ABCD soit imbibé de lave.

Son volume est $\frac{1}{3} \pi (HR^2 - hr^2) = 15.500.10^6 \text{ m}^3$.

Le volume de la lave du Mihaga = 460.10^6 m^3 .

$$V = \frac{460 \cdot 10^6 \text{ m}^3}{15.500.10^6 \text{ m}^3} < 0,03.$$

Ce mécanisme des éruptions du Nyamuragira entraîne une conséquence importante au point de vue de la lithologie systématique des laves émises en 1954.

On se rend compte en effet que si la fissuration du cône à 2.550 m ne s'était pas produite lors de l'éruption de 1954 (ce qui a été le cas en 1948 par exemple), la première phase de l'éruption de 1954 eût été la deuxième phase décrite ici.

En effet, les premières laves émises par la fracture majeure ouverte le 23 février 1954 sont le plus probablement celles qui se trouvaient à la même cote au moment de l'ouverture de cette fracture (chronologiquement, la deuxième phase dans le présent Mémoire).

Au fur et à mesure de l'émission de la lave, le niveau du magma à l'intérieur du cratère du Nyamuragira devait s'abaisser. De sorte que les dernières laves qui auraient dû être émises par la fracture à 2.250 m devaient donc être celles qui se trouvaient à 2.600 m avant le début de l'éruption. Mais, grâce à l'ouverture de la fracture à 2.550 m le 21 février 1954, ce sont ces laves-là qui ont été émises en premier lieu (première phase de l'éruption décrite ici).

Il s'ensuit que dans l'étude systématique des laves, celles de la première phase (du 21 février), doivent être placées à la suite des laves de la cinquième phase (du 28 mai), comme le montre la figure 21.

Envisagée dans cet ordre et non dans l'ordre chronologique du déroulement des événements, l'étude chimico-minéralogique des laves a mis en évidence ce fait très important : la nature de la lave a évolué systématiquement depuis les kivités jusqu'aux shoshonites.

Autrement dit : une différenciation magmatique s'est opérée au cours de l'ascension du magma à l'intérieur du cratère du Nyamuragira.

h) **Comparaison avec les éruptions du Kliuchevsky (Kamtchatka, U.R.S.S.).**

Il est intéressant de confronter cette conception des éruptions du Nyamuragira avec celle de V. I. VLADOVETZ (1959) des éruptions du Kliuchevsky de 1937-1939 (Kamtchatka, U.R.S.S.).

Ces dernières se sont manifestées par cinq éruptions dont les caractéristiques ont été les suivantes :

Nom du cratère	Altitude	Dates	% Si O ₂ des laves	Remarques
Caldère principale	4.800 m	Mai 1937	54,48	—
Kozei	1.800 m	Février 1938	53,93	—
Trety	1.260 m	Février 1938	53,48	—
Tiranus	1.000 m	Février 1938	53,17	—
Biliukai	900 m	Février 1938	51,03	1 ^{re} lave à 900 m
Biliukai	900 m	Février-mars	52,08	Moyenne de plusieurs coulées
Biliukai	900 m	Juin-juillet	52,84	—
Biliukai	900 m	Août-septembre	53,24	—

Pour expliquer les différentes teneurs en Si O₂ des laves, cet auteur fait appel à plusieurs fractures majeures aboutissant à des niveaux différents du foyer lavique en forme de cloche, niveaux auxquels correspondent des laves différenciées en profondeur avant l'éruption.

On remarque immédiatement les caractères communs au Nyamuragira et au Kliuchevsky :

a) Première phase : éruption à haute altitude avec la teneur maximale en Si O₂ des laves.

Nyamuragira : 2.550 m. Teneur en Si O₂ : 48,77 % ⁽⁵⁾.

Kliuchevsky : 4.800 m. Teneur en Si O₂ : 54,48 %.

b) Fixation de l'éruption à basse altitude avec la teneur minimale en Si O₂ des laves.

Nyamuragira : 2.250 m. Teneur en Si O₂ : 45,56 % ⁽⁶⁾.

Kliuchevsky : 900 m. Teneur en Si O₂ : 51,03 %.

Si l'on admet pour les éruptions du Kliuchevsky le même mécanisme que celui qui régit les éruptions du Nyamuragira, à savoir : l'expulsion de

⁽⁵⁾ Moyenne du tableau n° 4.

⁽⁶⁾ Moyenne du tableau n° 7.

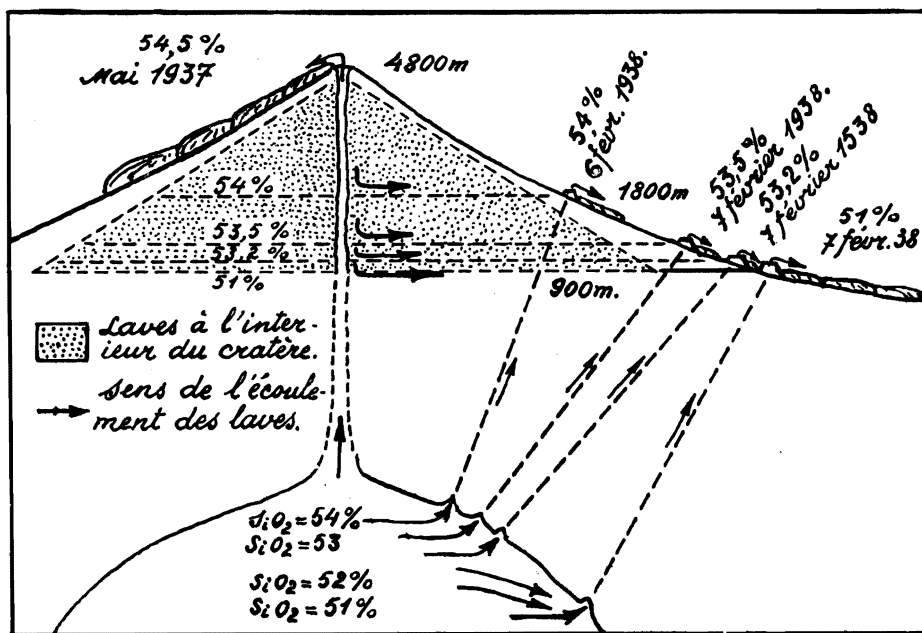


FIG. 23.

Schéma de la distribution de chenaux volcaniques du Kliuchevsky établis sur la base des cratères latéraux et la variation chimique des laves dans le temps et l'espace (VLADOVETZ, V. I., 1959, planche I).

Partie supérieure de la figure : conception B. EGOROFF.

Partie inférieure de la figure : conception V. I. VLADOVETZ.

toutes les laves accumulées à l'intérieur du cratère entre les cotes de 900 m et de 4.800 m par la fracture à 900 m, sans aucune émission aux cotes plus élevées, le tableau précédent se transforme comme suit :

Nom	Altitudes	Teneur en Si O ₂	Remarques
Biliukai	900 m	51,03	1 ^{re} phase : Si O ₂ minimale
Biliukai	900-1.000 m	52,72	$\frac{52,08 + 52,84 + 53,24}{3} \%$
Tiranus	1.000 m	53,17	—
Trety	1.260 m	53,48	—
Kosei	1.800 m	53,93	—
Caldère	4.800 m	54,48	Dernières laves : Si O ₂ maximale

On voit que l'évolution de la teneur en Si O_2 est continue et sans récurrence.

Dans cette hypothèse, la différenciation magmatique s'opérerait à l'intérieur du cratère du Kliuchevsky et une seule fracture (dans le plan de la coupe verticale, fig. 23) est suffisante pour expliquer les changements du chimisme des laves. V. I. VLADOVETZ précise d'ailleurs :

« These craters were located in a row *on a radius*, the highest at about 1.900 m and the lowest at 900 m » (p. 116).

II. — ÉTUDE SYSTÉMATIQUE DES LAVES.

A. — COMPOSITION MINÉRALOGIQUE DES LAVES.

1. Les coupfolites.

La description des laves par phase n'a fait apparaître aucune différence majeure dans la composition minéralogique des coupfolites. En ce qui concerne le volume des minéraux par rapport au volume total de la lave, il est essentiellement variable.

On a vu que ce volume se compose de :

a) minéraux d'origine intratellurique dont le volume est pratiquement constant (xénoclastes);

b) microlites de précipitation directe à partir du « liquidus du Mihaga », dont le volume est variable en fonction de la vitesse de refroidissement.

2. Les barylites.

De même que les coupfolites, les barylites se composent de minéraux et de minerais d'origine intratellurique. Le contenu en olivine des laves est variable; certaines laves n'en contiennent pas. Le volume des microlites précipités à partir du « liquidus du Mihaga » est très variable également suivant la vitesse de refroidissement. On a insisté suffisamment sur leur développement et sur l'apparition de nombreux faciès un peu avant la consolidation finale de la lave.

On en conclut que le rapport du volume des minéraux et des minerais exprimés, au volume total d'une lave donnée est essentiellement variable et dépend du régime de refroidissement de celle-ci.

B. — COMPOSITION VIRTUELLE DES LAVES.

Le caractère principal des laves du Mihaga est la teneur trop basse en anorthite de leur plagioclase calculé. On constate en effet que les teneurs moyennes données par le tableau n° 22 ci-après, ne dépassent pas 55 %.

contrairement au cas général des kivites où la teneur en anorthite du plagioclase réel est beaucoup plus élevée. A. LACROIX (1933), A. HOLMES et H. F. HARWOOD (1937), et à leur suite C. SOROTCHINSKY, *in* TAZIEFF (1951) et M.-E. DENAEYER et D. LEDENT (1954), ont même proposé des modifications aux règles trop rigides du calcul C.I.P.W.-Lacroix dans le cas des laves leucitiques; ces auteurs donnent des exemples des calculs conçus dans le but d'obtenir un plagioclase virtuel plus riche en anorthite, se rapprochant davantage du plagioclase réel.

TABLEAU N° 22.

(Moyennes des tableaux donnés lors de l'étude des laves par phase).

Minéraux	Phases de l'éruption de 1954					
	1 ^{re}	2 ^e	3 ^e	Parox.	4 ^e	5 ^e
Q	2,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Or	17,46	19,18	18,25	21,84	18,12	16,31
Ab	22,48	13,97	14,30	17,55	14,99	17,36
An	20,71	16,96	9,69	5,38	11,39	18,35
Né	0,00	6,29	6,21	7,15	6,14	2,63
Diops (Ca Si O ₃)	8,34	11,77	15,97	15,27	14,61	12,29
% An	47,60	54,60	40,33	23,00	41,00	51,20
% Al ₂ O ₃	15,19	14,72	11,92	11,92	12,59	14,08
% K ₂ O + Na ₂ O	5,84	6,29	6,10	7,48	6,19	5,36
% Si O ₂	48,73	45,56	46,08	48,97	46,00	45,47

Il paraît donc intéressant de rechercher la cause de cette anomalie. Au tableau n° 22 ont été ajoutés les pourcentages en poids des oxydes principaux dont l'influence sur le plagioclase calculé est prépondérante: K₂O + Na₂O, Al₂O₃, Si O₂. La quantité de Ca O est toujours suffisante; la discussion suivante n'en tiendra donc pas compte :

1° Les laves de la première phase étant des shoshonites, le plagioclase à 47,6 % d'anorthite peut être considéré comme normal, d'autant plus que la silice y est excédentaire.

2° Le plagioclase des laves de la phase paroxysmale est exceptionnellement pauvre en anorthite virtuelle (23 % est le minimum enregistré) alors

que la teneur en silice de 48,97 % représente le maximum pour les laves du Mihaga. En même temps, on relève les teneurs maximales en Ca SiO_3 du diopside et en $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ et minimales en Al_2O_3 .

Le fait que la teneur en Ca SiO_3 du diopside de 15,27 % voisine le maximum enregistré (15,97 % lors de la troisième phase) est significatif : le Ca O est engagé sous forme de diopside et non d'anorthite.

On en déduit que la faible teneur en anorthite du plagioclase virtuel du Mihaga est due à un déficit appréciable d'alumine et non de silice.

On voit d'ailleurs que, la première exceptée, aux plus fortes teneurs des laves en alumine des deuxième et cinquième phases correspondent les plus fortes teneurs en anorthite du plagioclase et les plus faibles teneurs en Ca SiO_3 du diopside.

Le tableau n° 22 permet de se rendre compte du rôle joué par l'albite dont le maximum coïncide également, comme celui des alcalis, etc. avec la phase paroxysmale. Il en est d'ailleurs de même pour l'orthose et la néphéline.

Les variations des éléments composant ce tableau sont intéressants et permettent d'apprécier l'influence de chacun d'eux sur le plagioclase virtuel des diverses phases.

C. — PARAMÈTRES DE P. NIGGLI.

Le diagramme n° 4 montre les variations des paramètres principaux *si*, *al*, *fm*, *c* et *alk* en fonction du temps. Les valeurs particulières (maxima et minima) y sont assez nettement exprimées.

Les laves de la première phase forment un groupe sensiblement différent des autres laves. On a déjà fait remarquer plus haut leur caractère shoshonitique et l'on pourrait se demander si la première phase de l'éruption du Mihaga de 1954 ne serait pas en réalité une éruption indépendante.

On exposera, plus loin, des arguments contraires à cette conception.

D. — PARAMÈTRES C.I.P.W.-LACROIX.

Les paramètres de la classe des kivites, créée et définie par A. LACROIX sont :

<i>p</i>	<i>q</i>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>m</i>
II à III	6	2	(3) 4	[2	1 à 2	2	2 à 3].

Actuellement, l'étude des kivites est très avancée et l'on se rend compte que ces limites sont un peu étroites pour englober toutes les laves analogues analysées jusqu'à ce jour.

M.-E. DENAEYER et D. LEDENT (1954) ont étendu le champ des kivites et ont proposé des limites plus satisfaisantes :

<i>p</i>	<i>q</i>	<i>r</i>	<i>s</i>
II (III) à III,	5 (6) à 6,	2 (3) à 3 (4),	3' à '4

On constate immédiatement que les laves de la deuxième phase, de paramètres :

II (III) à III,	5 (6) à 6,	2 à 3,	3' à 3 (4)
-----------------	------------	--------	------------

deviennent des kivites typiques. Le plagioclase de ces laves est voisin du labrador (46 % à 65 % d'anorthite, avec une moyenne de 54,6 %).

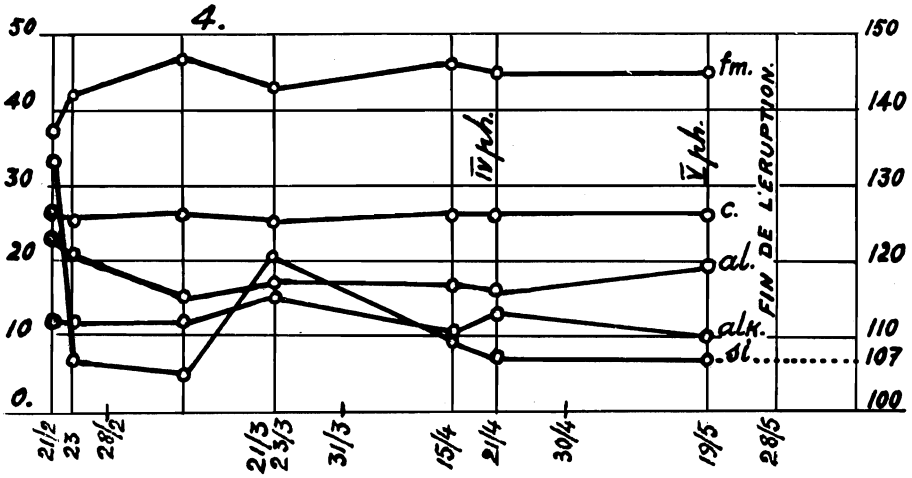


DIAGRAMME n° 4.

L'échantillon de lave n° 45, très spécial d'ailleurs, s'écarte de cette classe par son paramètre $q=5$. Cette valeur du paramètre q se rencontre d'ailleurs dans les laves des autres phases également. Il caractérise une partie des laves des première et cinquième phases, à caractère shoshonitique.

Les laves de la troisième phase s'intègrent également entre les limites données par M.-E. DENAEYER et D. LEDENT; ici aussi plusieurs laves sont caractérisées par le paramètre $q=5'$ et donc légèrement inférieur à la limite admise qui est 5 (6).

Le plagioclase virtuel de ces laves présente une teneur moyenne en anorthite de 40,3 % (voir Tableau n° 22).

Ce sont les kivites à andésine virtuelle et les absarokites shoshonitiques à affinité kivitique.

Les laves de la phase paroxysmale ont beaucoup des particularités signalées plus haut. Elles s'intègrent, à une exception près, entre les limites

admises pour les kivites, mais s'en écartent par le paramètre $r=1$ (2) qui indique la pauvreté relative de la chaux feldspathisable ou, plus exactement, le déficit d'alumine.

Caractérisées cependant par trois paramètres de premier ordre des kivites :

p	q	s
III,	6 à 6,	et 3 (4)

elles représentent donc des kivites très pauvres en alumine, d'où le feldspath moyen particulièrement pauvre en anorthite : 23 %. Ce sont des kivites à oligoclase virtuel et des absarokites shoshonitiques (éch. n° 129).

Les laves de la quatrième phase annoncent l'évolution du magma vers les shoshonites : deux échantillons (121 et 122) ont le paramètre $q=6$ et deux autres (110 et 111), prélevés à 400 m des premiers, ont le paramètre $q=5$.

Ces quatre échantillons forment un trait d'union entre les laves des phases précédentes et celles qui vont suivre.

Ainsi, par l'échantillon n° 122 [III . 6 . (1) 2 . 3 (4)] à plagioclase virtuel titrant 27 % en anorthite, les laves de la quatrième phase se rattachent à celles, oligoclasiques également, de la phase paroxysmale; par l'échantillon n° 121 [III . 6 . 2 . 3 (4)], à plagioclase titrant 47 % d'An., elles se rattachent à celles de la troisième phase, kivites à andésine virtuelle, déficitaires en alumine. Les échantillons

n° 110 : III . 5 . (2) 3 . 3 (4) -plagioclase à 41 % d'An et
n° 111 : III . 5 . 3 . 3 (4) -plagioclase à 48 % d'An

sont des absarokites shoshonitiques.

En effet, les paramètres magmatiques des absarokites shoshonitiques sont :

d'après IDDINGS (1895) : III . 5 . (2) 3 . 3 ;
d'après LACROIX (1933) : III . 5 . 3 . 3 .

Le paramètre $s=3$ (4) de ces deux échantillons indique un léger excès de Na_2O sur K_2O (en poids). Signalons également que les rapports pondéraux de ces quatre échantillons s'établissent comme suit :

éch. n° 110 : $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 2,67/2,85 < 1$;
éch. n° 111 : $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 2,48/2,63 < 1$;
éch. n° 121 : $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 3,62/3,60 > 1$;
éch. n° 122 : $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 3,50/3,42 > 1$.

Les laves de la cinquième phase s'intègrent toutes dans la classe des absarokites shoshonitiques. Leurs paramètres sont :

III à III . 5 à 5' . 3 . 3' à 3 (4) (plagioclase moyen à 51,2 % d'An).

Une seule lave (éch. n° 105) a un paramètre $r=2'$ (plagioclase à 36 % d'An), qui exprime un déficit en alumine appréciable et rappelle les laves de la quatrième phase.

Les laves de la première phase ont les paramètres magmatiques oscillant légèrement autour des paramètres-types des shoshonites : II . 5 . 3 . 3, d'après IDINGS (1895) et LACROIX (1933).

Les paramètres des laves de la première phase sont :

II à (II) III, '5 à 5, '3 à 3 (4), 3 à 3 (4).

La lave n° 14 a comme paramètres :

II . '5 . 3 . 3 (4)

et la lave n° 18 a les suivants :

II' . '5 . 3 (4) . 3.

On peut les considérer comme des shoshonites, en élargissant légèrement les limites de la classe, comme on a été obligé de le faire pour les kivites.

En résumé, l'évolution du magma au cours de l'éruption de 1954 est caractérisé par le passage progressif des kivites aux absarokites shoshonitiques et shoshonites :

2° phase : kivites typiques, à labrador;

3° phase : kivites à andésine virtuelle et absarokites shoshonitiques;

phase paroxysmale : kivites à oligoclase virtuelle et absarokites shoshonitiques;

4° phase : kivites et absarokites shoshonitiques;

5° phase : absarokites shoshonitiques;

1^{re} phase : shoshonites.

*
* *

Compte tenu du caractère très progressif de l'évolution du magma, on peut admettre qu'il s'agit bien d'une éruption unique qui aurait épanché par la fracture majeure à une altitude de 2.250 m, les laves accumulées dans l'édifice du Nyamuragira entre les altitudes de 2.250 m et 2.600 m.

Quelques remarques s'imposent à propos des définitions des classes basées sur l'examen de la minéralogie réelle des laves du Mihaga.

1° Le tableau n° 3, p. 96 fixe les contenus minéralogiques des laves aux six stades de cristallinité établis par l'étude de 120 préparations microscopiques. On se rend compte aisément que la composition minéralogique d'une kivite, par exemple, comporte six variantes.

2° Ce tableau a été établi avant d'avoir reconnu les natures différentes des laves. Les états de cristallinité ne dépendent pas de la nature particulière d'une lave donnée, pas plus d'ailleurs que de la phase de l'éruption (ce qui revient au même).

3° Kivites, absarokites, shoshonites, présentent des compositions minéralogiques très analogues dans les laves du Mihaga.

4° Les bandes périphériques d'accroissement des xénoclastes de bytownite n'apparaissent nettement qu'au cinquième, voire au sixième stade de cristallinité. Il en est qui présentent une extinction droite, mais on ne peut pas affirmer de façon certaine qu'on est en présence d'une zone d'accroissement qui représente la sanidine, minéral qui est normalement présent dans les laves shoshonitiques et forme la bordure des plagioclases.

5° Il en est de même de certains microlites à extinction longitudinale qui pourraient bien être de la sanidine.

Des remarques ci-dessus, on retiendra que les définitions basées uniquement sur la minéralogie réelle des laves sont insuffisantes. L'exemple le plus flagrant est précisément la définition des kivites données par A. LACROIX (1923, III) qui signale, entre autres minéraux, la biotite et la leucite. Aucune lave, aussi bien au Mihaga qu'au Shabubembe, au Gituro et au Tshambene, ne contient de la biotite, et la leucite n'apparaît qu'aux cinquième et sixième stades de cristallinité, dans des cas bien précis de refroidissement très lent. Il n'est pas exclu cependant que la biotite puisse se former dans des conditions spéciales qui ont échappé lors de l'échantillonnage des laves du Mihaga. C'est pour des kivites où la leucite (considérée par A. LACROIX comme caractéristique) n'a pas cristallisé, que M.-E. DENAYER (1960) a créé le terme de kivitoïde.

En résumé :

1° L'éruption du Mihaga de 1954 peut être considérée comme résultant de l'épanchement des laves accumulées dans l'édifice complexe du Nyamuragira jusqu'à une altitude de 2.600 m.

2° Une légère différenciation magmatique s'est opérée avant l'éruption à l'intérieur de l'édifice du Nyamuragira. Ce phénomène est mis en évidence par l'émission des laves évoluant progressivement et sans récurrences des kivites aux shoshonites.

3° L'éruption du Mihaga est donc une éruption adventive du Nyamuragira.

CHAPITRE IX.

LES ENCLAVES ÉNALLOGÈNES.**I. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.**

La fracture majeure, tant au Nord qu'au Sud du cratère du Mihaga, a rejeté de nombreuses bombes volcaniques qui montrent, sous une enveloppe basaltique de quelques centimètres d'épaisseur, généralement brisée, un noyau composé d'une substance nettement différente. Ce noyau est une enclave énallogène.

D'autres enclaves ont été découvertes en brisant les bombes très nombreuses, restées entières, qui jonchaient les pentes de la digue de cendrées, ainsi que les champs de lave aux environs de la fracture majeure.

Le 21 avril 1954, après l'extinction de la fontaine n° 1, l'exploration du cône du Mihaga par le Nord fut possible et, là aussi, le long de la pente, plusieurs bombes ont livré leur contenu xénolitique.

Vers la fin de l'éruption enfin, toute la périphérie supérieure du cratère a pu être explorée et une bonne récolte de ces bombes a été faite.

La collection se compose de 32 bombes généralement brisées et incomplètes, dont la taille varie de celle du poing à celle d'une tête humaine.

a) Silice fondue.

L'enclave se compose d'un noyau de quartz blanc, filonien, semble-t-il, entouré d'une première enveloppe de silice fondue, très vésiculeuse, incolore. Cette première enveloppe est suivie d'une autre, plus spongieuse encore, mousseuse, à vésicules plus grandes (2 cm), à parois excessivement minces, étirées, très fragiles; en même temps, cette émulsion silicieuse devient verte et ensuite brunâtre au contact du basalte.

b) Porcellanite.

Ce genre d'enclaves, contrairement aux premières, sont très compactes, blanches à grises, homogènes de couleur et de composition. Les porcellanites sont généralement craquelées et un début de fusion caractérise ces minces fissures de l'ordre du millimètre. Le contact avec l'enveloppe basaltique présente une mince bande de mousse siliceuse verdâtre à brunâtre, analogue à celle des enclaves siliceuses.

Trois enclaves énallogènes caractéristiques seront étudiées dans ce chapitre. L'étude générale des enclaves du groupe occidental des Virunga a été entreprise par M.-E. DENAEYER et M. VAN WALLENDIAEL (1961), qui ont publié récemment à ce sujet une Note préliminaire.

II. — ÉTUDE MICROSCOPIQUE DE QUELQUES ENCLAVES DU MIHAGA.

A. — ENCLAVES SILICEUSES.

1. ÉCHANTILLON N° 174.

(Carte n° 5.)

a) Description macroscopique.

Bombe volcanique de $25 \times 10 \times 10$ cm, dont la moitié seulement a été trouvée sur la crête sud-ouest de la cuve de la fontaine n° 4. Elle se compose de :

1° **Noyau**. — Le noyau est une sphérule de 12 mm de diamètre, de quartz filonien parfaitement conservé. A sa périphérie, on constate une accumulation de vésicules séparant le noyau du reste de la masse à laquelle il est fixé par quelques très fines parois de vésicules et de filaments de quartz fondu, très étirés et très fragiles.

2° **Mousse blanche**. — L'émulsion siliceuse blanche à incolore forme un premier « manteau » d'une épaisseur de 1 à 2 cm autour du noyau. Elle est très propre. Le diamètre des vésicules se maintient autour des dimensions suivantes : $\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{5}$ de millimètre.

3° **Mousse verte**. — La mousse verte, terne, forme un deuxième « manteau » d'environ 15 mm d'épaisseur, enveloppant le premier. La couleur de cette deuxième enveloppe tranche nettement sur la mousse blanche de la première.

Le diamètre des vésicules varie de $\frac{1}{4}$ à 1 mm dans la zone interne, et de 2 à 3 mm jusqu'à 10 mm au contact avec l'enveloppe basaltique.

4° **Enveloppe basaltique**. — Elle peut avoir de 2 à 5 cm d'épaisseur.

b) Description microscopique.

Au microscope, on distingue des plages composées de grains arrondis de quartz, séparés les uns des autres par une substance plus ou moins cryptocristalline anisotrope d'abord et isotrope ensuite, de sorte que la substance isotrope délimite des cellules dont le centre est occupé par un grain de quartz avec ses inclusions typiques, dont le rutile en fines aiguilles.

L'examen de ces plages avec le gypse teinte sensible, montre que tous les grains de quartz d'une même plage présentent la même orientation optique. Il s'agit donc d'un individu de quartz fritté et transformé le long des fractures. Les bandes anisotropes et isotropes sont parfois bourrées de très fines aiguilles de tridymite et, çà et là, on décèle quelques octaèdres de spinelle. Les plages ainsi constituées sont entourées de cellules à parois très minces de verre isotrope (quartz fondu). Quant aux grains de quartz, ils présentent tous une légère biaxie.

On se trouve donc en présence des transformations suivantes :

1° Transformations de quartz de basse température en quartz de haute température d'où frittage.

2° Fusion partielle le long des fractures ainsi produites :

a) bandes anisotropes : forme cryptocristalline de basse température de la cristobalite (<1.000° C),

b) verre de silice.

3° Formation de tridymite aux dépens du verre et de la cristobalite.

c) **Conclusion.**

Il s'agit d'une enclave essentiellement quartzreuse, provenant probablement d'un filon de quartz des terrains du socle précambrien.

B. — **PORCELLANITES.**

2. ÉCHANTILLON N° Dn 54/75 (?).

a) **Description macroscopique.**

L'échantillon est constitué de plusieurs morceaux d'une bombe éclatée, trouvés au pied du cône du Mihaga. Il montre une partie d'un noyau siliceux très vésiculaire, mousseux, blanc à grisâtre, accolé à son enveloppe basaltique.

b) **Description microscopique.**

La masse principale est composée d'une matière amorphe, opaque, blanc laiteux en lumière condensée, qui paraît être constituée d'un mélange de cristaux excessivement fins de sillimanite et d'un verre incolore d'indice de réfraction compris entre 1,48 et 1,50. Par endroits, les aiguilles de sillimanite sont plus développées et forment des touffes qui constituent la trame de cette substance opaque. Celle-ci est parcourue par des bandes noires (nicols croisés) discontinues, d'épaisseur variable, communiquant à la masse un aspect marbré. Ces bandes sont isotropes et constituées de verre.

Par endroits, des plages pouvant atteindre $\pm 1,5$ mm de diamètre montrent une fusion locale de la masse opaque. On y distingue des vésicules à parois épaisses ou minces de verre isotrope, renfermant des lamelles de corindon.

c) **Conclusion.**

Il s'agit de fusion suivie de recristallisation d'un schiste très riche en alumine.

(?) Cet échantillon m'a été obligeamment communiqué par M. le Professeur M.-E. DENAEYER, qui dispose d'une riche collection d'enclaves énallogènes des Virunga.

3. ÉCHANTILLON N° 72.

(Carte n° 5.)

a) **Description macroscopique.**

Roche gris clair, compacte, très homogène de composition et de couleur, présentant deux faces parfaitement planes et parallèles. Une troisième face, plane également, est pratiquement perpendiculaire aux deux premières. Les autres faces ainsi que les arêtes sont irrégulières et les angles sont émoussés, arrondis. Une des faces planes est luisante, comme enduite d'un vernis verdâtre; l'autre présente quelques aspérités bulbeuses, très fines.

De très fines craquelures discontinues se distinguent sur toutes les faces.

b) **Description microscopique.**

La masse principale est constituée d'une pâte opaque, d'un blanc laiteux en lumière condensée, marbrée de bandes isotropes fines, discontinues et d'épaisseur variable et assez régulièrement parsemée de fins cristaux de cordiérite.

Par endroits on remarque de fines plages transparentes dans la masse opaque et on y voit nettement les fines aiguilles constituant la trame très serrée de cette masse. L'opacité de la masse est due à la grande différence des indices de réfraction des constituants du mélange, qui, en l'occurrence, est constitué de sillimanite et de verre (C. SOROTCHINSKY, *in* TAZIEFF, 1951, p. 82).

Le verre qui constitue les bandes isotropes est également parfois bourré d'aiguilles de sillimanite.

c) **Analyse chimique.**

L'analyse chimique de cette porcellanite est la suivante :

	%	
Si O ₂	51,70	Analyste : G. VISEUR. Bull. n° 26/1955. Ds. : 2,49.
Ti O ₂	0,75	
Al ₂ O ₃	35,81	
Fe ₂ O ₃	3,31	
Fe O	1,91	
Mn O	tr.	
P ₂ O ₅	0,07	
Mg O	0,11	
Ca O	0,21	
Na ₂ O	2,35	
K ₂ O	3,45	
H ₂ O ⁺	0,10	
H ₂ O ⁻	0,01	
C O ₂	0,03	
S O ₃	tr.	
S	tr.	
Cl	tr.	
Graph.	tr.	
	99,81	

d) **Composition minéralogique.**

La composition minéralogique virtuelle calculée en fonction des minéraux réels et du verre est la suivante :

	%		
Sillimanite	43,42	}	Minéraux réels.
Cordiérite ⁽⁸⁾	1,17		
	44,59		
	%		
Quartz	7,56	}	Verre.
Orthose	20,57		
Albite	19,91		
Anorthite	1,11		
	49,15		
	%		
Magnétite	3,94	}	Minerais disséminés dans la masse.
Ilménite	1,37		
Hématite	0,64		
	5,95		
	%		
Eau	0,11		

e) **Conclusion.**

Après fusion totale d'un schiste alumineux, la masse a cristallisé partiellement en sillimanite, cordiérite et un peu de spinelle, englobés dans une mésostase vitreuse feldspathique.

⁽⁸⁾ La formule de la cordiérite stable en présence du liquidus, dans le système ternaire Mg O — Al₂O₃ — SiO₂, d'après W. SCHREYER et J.-F. SCHAIRER (1961), est : 2 Mg O.2 Al₂O₃.5 Si O₂.

CHAPITRE X.

LES SUBLIMÉS VOLCANIQUES.I. — **CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.**

Les sublimés volcaniques comprennent tous les dépôts d'aspect salin, cristallins ou amorphes, formés sous l'action directe de phases gazeuses.

Tous les sublimés échantillonnés se sont formés au contact de l'air généralement très humide et presque saturé d'eau (95 à 98 %), comme ce fut le cas au cours de l'éruption du Mihaga.

Les conditions de formation des dépôts étaient très variables, notamment en ce qui concerne leur température de solidification. Celle-ci n'a pas pu être mesurée exactement pour tous les sublimés. Plusieurs d'entre eux se sont constitués à des moments où l'approche de leur gisement était encore impossible. C'est le cas, entre autres, de l'échantillon n° 26, provenant du cratère éphémère n° 3, de la fracture majeure nord. Des stalactites s'y sont formées le 22 février 1954 probablement, et ont été découvertes le 26 février, quand la lave était encore rouge cerise et visible la nuit au fond du cratère. On en déduit que la température de formation de ce sublimé devait être supérieure à 500° C. L'échantillonnage dans ce cas précis a été fait à 98° C.

Par contre, d'autres dépôts ont été échantillonnés au moment même de leur apparition, et dans ce cas, la température de formation a pu être mesurée très exactement.

Exemple : l'échantillon n° 158, formé à 950° C (+20° C) et l'échantillon n° 109 formé à 1.135° C (+25° C). Ces échantillons seront décrits plus loin.

Les pressions auxquelles se sont formés les sublimés n'ont pas pu être mesurées. Cependant, de chaque fissure tapissée d'un dépôt de sublimé, les gaz fusaient sous pression avec des sifflements parfois très violents. En plusieurs endroits ces gaz étaient incolores (invisibles). Tel fut le cas de la formation du sublimé n° 109, à 1.160° C, au-dessus du tunnel d'émission de lave de la cinquième phase. Au même moment, sous la voûte, des stalactites d'un sublimé certainement juvénile se formaient à une température supérieure à 1.000° C, la lave sortant de ce tunnel étant à 1.200° C (voir Fig. 13). Malheureusement, l'échantillonnage n'a été possible que lorsque la température sous la voûte était tombée à 66° C : le sublimé était alors déliquescents et déjà constitué par un produit secondaire (éch. n° 154).

Les sublimés ont été prélevés à la main ou à la cuillère d'argent. Il en résulte que parmi les oligo-éléments reconnus par l'analyse spectrale, l'argent peut être un élément au moins partiellement étranger.

II. — ÉTUDE DES SUBLIMÉS.

1. Dépôts de basse température : 31 à 90° C.

ÉCHANTILLONS N^{os} 126-125-134-133.(Carte n^o 4.)

Ces quatre sublimés ont été prélevés à l'extrémité nord du lac de lave de la deuxième phase qui longeait à l'Est la digue de cendrées jouxtant la fontaine n^o 5. La lave consolidée et fissurée pendant le refroidissement a été légèrement recouverte par les cendrées de cette fontaine.

Les gaz s'échappaient par certaines fissures et il semble qu'ils aient transformé les cendrées qui recouvraient la lave sur une vingtaine de centimètres d'épaisseur.

a) Description macroscopique.

Couche supérieure (éch. n^o 126) : dépôt grisâtre très homogène, granuleux et pulvérulent.

Température de prélèvement : 31° C.

Couche moyenne (éch. n^o 125) : dépôt jaune blanchâtre, pulvérulent et très homogène.

Température de prélèvement : 85° C.

Couche inférieure (éch. n^o 134) : dépôt mauve rougeâtre, pulvérulent, assez homogène.

Température de prélèvement : 90° C.

(Éch. n^o 133) : dépôt rouge brique de cendres rubéfiées.

Température de prélèvement : 50° C.

b) Composition chimique.

La composition chimique ainsi que les oligo-éléments des quatre échantillons sont donnés au tableau n^o 23 (a et b).

TABLEAU N^o 23 a. — Composition centésimale.

Oxydes	Éch. 126	Éch. 133	Éch. 125	Éch. 134
Si O ₂	69,21	37,92	59,29	36,87
Ti O ₂	4,04	3,46	4,30	3,59
Al ₂ O ₃	0,70	12,94	0,50	8,14
Fe ₂ O ₃	0,57	10,60	0,85	6,36
Fe O	0,54	2,00	n. d.	0,78
Mn O	0,00	0,15	0,00	0,02
P ₂ O ₅	0,70	0,95	0,44	0,62
Mg O	0,69	4,15	0,28	0,72
Ca O	0,96	8,06	6,19	8,50
Na ₂ O	0,23	2,01	0,39	0,54

Oxydes	Éch. 126	Éch. 133	Éch. 125	Éch. 134
K ₂ O	0,27	2,64	0,48	1,92
H ₂ O ⁺	7,48	3,45	6,02	7,15
H ₂ O ⁻	4,86	1,26	4,28	2,51
C O ₂	tr.	0,00	tr.	0,00
S O ₃	2,63	6,87	12,66	21,66
S	7,16	0,00	4,48	n. d.
Cl ⁻	0,29	0,76	0,33	0,86
Fl ⁻	0,03	1,25	0,09	0,07
N H ₄ ⁺	0,00	0,00	0,00	0,00
Totaux	100,36	98,47	100,58	100,31
Analyste	C. DELMOTTE	C. DELMOTTE	C. DELMOTTE	C. DELMOTTE
Bull. n°	31/1955	34/1955	35/1955	33/1955

TABLEAU N° 23 b. — **Oligo-éléments.**

Proportions	Éch. 126	Éch. 133	Éch. 125	Éch. 134
Éléments essentiels	Si	Si, Al, Fe	Si	Si
5 à 2 %	—	Ca, Mg, Na	Ca	Fe, Al, Ca
Éléments accessoires :				
2 à 1 %	Al, Ca	K	Al	Na, K
1 à 0,5 %	Fe, Ti, Mg	Ti	Fe, Ti	Ti, Mg
0,5 à 0,2 %	P, Ba	—	Pb, Ba, Na, K	P, Ba
0,2 à 0,1 %	Na	P	Sr, Mg	—
0,1 à 0,05 %	—	V	—	—
0,05 à 0,01 %	B	Ca, Mn	Ba	Sr
0,01 à 0,005 %	Mn	Pb, Tl	Zr	B, Ga, Mn
0,005 à 0,001 %	P, Sn, Cb, Zr, Sr	Sn	Mn, Cb	Pb, Bi, Sn, Co, Ni, Zr
0,001 à 0,0005 %	Ga	—	Pb, Sn, Ga	Tl, Cb
Spectrographiste	E. MINET	E. MINET	E. MINET	E. MINET
Bull. n°	11/1954	169/1954	111/1954	111/1954

2. **Température : 92 à 115° C.**ÉCHANTILLONS N^{os} 131 ET 132.

(Carte n° 5.)

Ces deux sublimés se sont formés au milieu d'une plage de cendrées arrachées au cône du Mihaga et emportées à une centaine de mètres vers l'Est par le torrent de lave de la phase paroxysmale.

Après la consolidation de la lave, une grande voûte centrale apparut à l'emplacement du torrent de lave principal. Cette voûte était affectée d'une fissure longitudinale principale par laquelle fusaient les gaz sous pression à très haute température (au-dessus de 1.000° C). Des gaz à température plus basse s'échappaient d'un réseau complexe transversal secondaire, principalement à la base de la voûte.

La plage de cendrées cachait une de ces fissures secondaires. La température était de 115° C au moment de l'apparition d'une tache blanche à la surface de ces cendrées. En déblayant l'endroit jusqu'à la fissure, deux dépôts distincts furent découverts et recueillis.

a) **Description macroscopique.**

Couche supérieure (éch. n° 131) : dépôt fin très homogène, blanc grisâtre.

Température de prélèvement : 92° C.

Couche inférieure (éch. n° 132) : dépôt fin, homogène, jaunâtre, pulvérulent, de 20 à 25 cm d'épaisseur au-dessus de la fissure.

Température de formation : 115° C.

A cette température le dépôt se formait encore.

b) **Composition chimique.**

La composition chimique ainsi que les oligo-éléments présents dans ces deux sublimés sont donnés au tableau n° 24 (a et b).

TABLEAU N° 24 a. — **Composition centésimale.**

Oxydes	Éch. 131	Éch. 132
Si O ₂	56,97	57,18
Ti O ₂	1,50	0,74
Al ₂ O ₃	0,33	0,53
Fe ₂ O ₃	0,35	0,81
Fe O	n. d.	n. d.
Mn O	0,00	0,00
P ₂ O ₅	0,22	0,25
Mg O	0,22	0,16

Oxydes	Éch. 131	Éch. 132
Ca O	10,86	10,46
Na ₂ O	0,15	0,69
K ₂ O	0,24	0,57
H ₂ O ⁺	9,97	8,04
H ₂ O ⁻	3,71	2,26
C O ₂	0,00	0,00
S O ₃	16,23	18,90
Cl ⁻	0,22	0,18
S	0,00	0,08
F	0,04	0,04
N H ₄	0,00	n. d.
Totaux	101,01	100,89
Analyste	C. DELMOTTE	C. DELMOTTE
Bull. n°	32/1955	24/1955

TABLEAU N° 24 b. — **Oligo-éléments.**

Proportions	Éch. 131	Éch. 132
Éléments essentiels	Si	Si
5 à 2 %	Ca	Ca, K
Éléments accessoires :		
2 à 1 %	Al	Al, N
1 à 0,5 %	Ti, Mg	Fe, Ti, Mg
0,5 à 0,2 %	Ba	P, Ba
0,2 à 0,1 %	Fe, Sr	—
0,1 à 0,05 %	B, P, Na	—
0,05 à 0,01 %	—	Sr
0,01 à 0,005 %	—	B, Pb, Mn
0,005 à 0,001 %	Pb, Mn, Cb, Zr	Bi, Sn, Ga, Co, Ni, Zr
0,001 à 0,0005 %	Sn	Cb
Spectrographiste	E. MINET	E. MINET
Bull. n°	111/1954	111/1954

3. **Température : 935° C.**ÉCHANTILLONS N^{os} 26, 154 ET NDAKAZA.(Cartes n^{os} 3 et 5.)

Les conditions de formation de ces trois sublimes semblent identiques, raison pour laquelle ils seront examinés ensemble. Tous les trois se sont en effet formés sous des voûtes dans des conditions de refroidissement très lent et on peut donc présumer qu'ils ont été déposés à haute température. Ce sont des stalactites blanches à rosâtres, déliquescentes et solubles dans l'eau en des proportions de 80 à 100 %.

a) **Description macroscopique.**

Éch. n^o 26 : Longues stalactites (des stalagmites existent également), prélevées à l'intérieur du cratère éphémère n^o 3 de la fracture majeure, zone nord. Au moment de leur découverte, la lave était encore rouge cerise, soit à plus ou moins 500° C (Fig. 24).

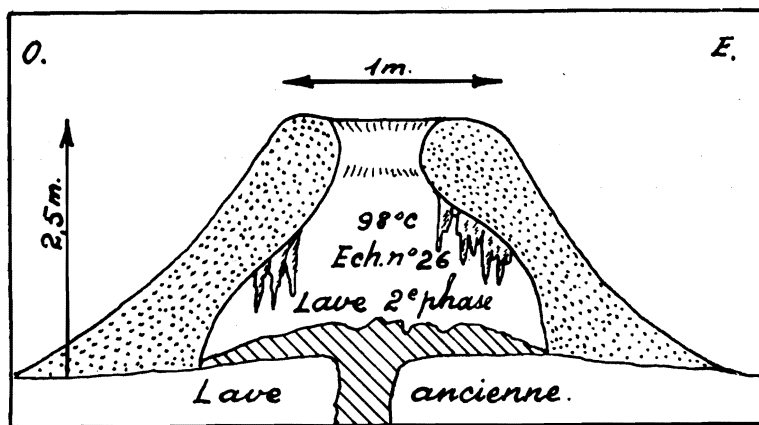


FIG. 24.

Coupe Ouest-Est du cratère éphémère n^o 3 de la fracture majeure, zone nord.

Stalactites (et stalagmites) tapissant les parois intérieures du cratère.

Éch. n^o 154 : Stalactites tapissant la surface interne de la voûte d'émission de lave de la cinquième phase (voir Photo n^o 30 et Fig. 13). L'apparition des stalactites s'est faite alors que la température sous la voûte au point où lave et voûte se confondaient, s'élevait à 1.200° C. On peut donc admettre pour ce sublime une température de formation supérieure à 1.000° C.

Éch. Ndakaza : Ce sublime a été découvert dans le tunnel communiquant avec le fond du cratère Ndakaza (Shabubembe), dont l'éruption s'est déroulée du 28 novembre 1951 au 4 janvier 1952 (Fig. 25).

L'échantillon a été prélevé le 2 mars 1954.

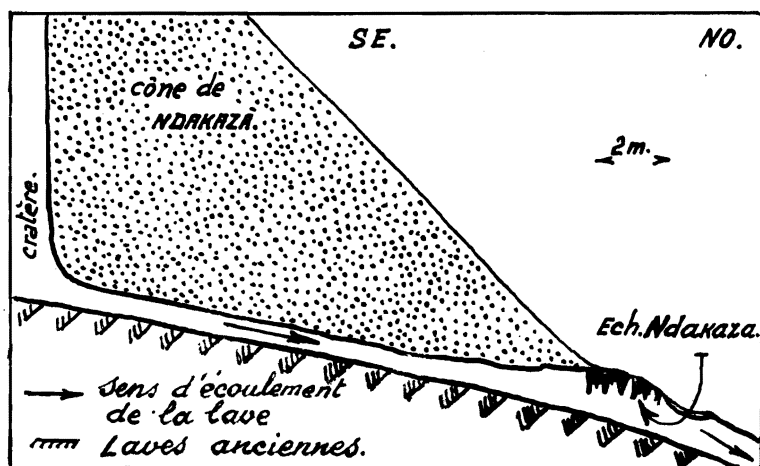


FIG. 25.

Coupe verticale SE-NO du cône du Ndakaza (éruption de 1951-1952).
Stalactites découvertes à l'intérieur du tunnel le 2 mars 1954.

b) **Composition chimique.**

La composition chimique et les oligo-éléments des trois échantillons figurent au tableau n° 25 (a et b).

TABLEAU N° 25 a. — **Composition centésimale.**

Oxydes	Éch. 26 (*)	Éch. Ndakaza	Éch. 154
Si O ₂	—	—	0,00
Ti O ₂	—	—	0,03
Al ₂ O ₃	—	—	0,22
Fe ₂ O ₃	Si O ₂ + R ₂ O ₃ = 2,77	—	1,73
Fe O	—	—	n. d.
Mn O	—	—	0,01
P ₂ O ₅	—	—	0,75
Mg O	1,42	—	1,24
Ca O	0,51	0,47	0,11
Na ₂ O	35,61	38,77	24,10
K ₂ O	2,55	5,25	11,00

(*) Il a été extrait de ce sublimé, avant son analyse, 2,83 % de S et 19,04 % de résidu de lave. L'analyse ne porte donc que sur 78,13 % du poids initial.

Oxydes	Éch. 26	Éch. Ndakaza	Éch. 154
H ₂ O ⁺	—	0,00	0,00
H ₂ O ⁻	—	0,00	0,00
C O ₂	—	0,00	0,00
S O ₃	54,81	54,47	35,76
Cl	1,93	0,28	24,47
Na.	—	0,36	—
S	0,00	0,00	0,00
F	0,05	0,15	0,03
N H ₄	n. d.	0,00	0,00
Totaux	99,65	99,75	99,45
Analyste	G. VISEUR	C. DELMOTTE	G. VISEUR
Bull. n°	134/1954	25/1955	138/1954

TABLEAU N° 25 b. — Oligo-éléments.

Proportions	Éch. 26	Éch. Ndakaza	Éch. 154
Éléments essentiels	Na, K	Na	Na, K
5 à 2 %	—	K	—
Éléments accessoires :			
2 à 1 %	Ca	Ca	—
1 à 0,5 %	—	—	—
0,5 à 0,2 %	Mg	—	—
0,2 à 0,1 %	—	—	Mg
0,1 à 0,05 %	—	Mg	Al
0,05 à 0,01 %	Fe, Al	Ba, Fe, Al	Ba, Ca
0,01 à 0,005 %	B, Si	Si	Pb, Tl, Fe, Mn
0,005 à 0,001 %	Mo, Mn, Ti, Si	Mo, Ti, Sr	Si, Ca, Cd, Mo, Ti, Li
0,001 à 0,0005 %	Pb, Sn	Pb, Tl, Sn	Ni, Co (*)
Spectrographiste	HERMAN-MINET	E. MINET	E. MINET
Bull. n°	111/1954	111/1954	158/1954

(*) Inférieur à 0,0005 % : Ag.

4. Température : 970° C.

ÉCHANTILLON N° 158.

(Carte n° 5.)

L'échantillon n° 158 est particulièrement intéressant : ce sublimé s'est formé sous les yeux de l'auteur, dans des circonstances extrêmement favorables à l'observation. Il s'agit de l'énorme solfatare qui prit naissance entre 03 h et 07 h le 29 mai 1954 dans la fissure périphérique à la crête du cône du Mihaga. La description de cet endroit a été faite dans la première partie du présent travail.

Les bourgeons d'un sublimé blanc ont commencé à paraître à 970° C sur les surfaces externes des bombes volcaniques, soudant celles-ci les unes aux autres. L'échantillonnage a duré six heures (environ 1 kg).

Lorsque la température tomba à 925° C, un dépôt jaune rosâtre commença à recouvrir les cristaux blancs du sublimé précédent. Cette température est très importante, car elle situe l'apparition des sulfates. Au-dessus de 925° C seuls les chlorures se déposent, comme on le voit dans ce cas précis (voir analyse n° 158), fait qui sera confirmé par des sublimés de très haute température (1.160° C), décrits au paragraphe suivant.

TABLEAU N° 26.

Oxydes	Éch. 158	Analyse spectrographique	Éch. 158
SiO ₂	9,91	Éléments essentiels	Na, K
Ti O ₂	0,42	0,2 à 0,1 %	Mg
Al ₂ O ₃	1,30	0,1 à 0,05 %	Fe, Al
Fe ₂ O ₃	5,18	0,05 à 0,01 %	Ca
Mn O	0,01	0,01 à 0,005 %	Pb
P ₂ O ₅	0,47	0,005 à 0,001 %	B, Si, Tl, Ca, Cd
Mg O	0,78	0,001 à 0,0005 %	Mn, Ti, Li
Ca O	2,27	0,001 à 0,0005 %	Ni, Co
Na ₂ O	17,75	< 0,0005 %	Ag
K ₂ O	21,00		
S O ₃	0,00	Spectrographiste	E. MINET
Cl	40,40	Bull. n°	158/1954
F	0,01		
Total	99,50		
Analyste	G. VISEUR		
Bull. n°	139/1954		

Il est évident qu'à la température de formation de ce sublimé, la présence d'eau est exclue. Ce sublimé étant déliquescent, l'analyse chimique en a été faite après calcination préalable à 950° C.

a) **Description macroscopique.**

Sublimé blanc, pur, cristallin.

b) **Composition chimique.**

L'analyse chimique et l'analyse spectrographique figurent au tableau n° 26.

On remarquera l'absence de SO_3 dans la composition de ce sublimé.

5. Température : 1.160° C.

ÉCHANTILLONS N°s 101-108-109.

(Carte n° 5.)

a) **Description macroscopique.**

Ces sublimés se sont déposés tous les trois entre les lèvres de fissures à très haute température, ressoudant celles-ci et formant des bourrelets de quelques millimètres le long des fissures.

La formation du sublimé n° 109 à 1.160° C pendant la cinquième phase de l'éruption, a été observée, photographiée et filmée. A cette température apparut d'abord un sublimé blanc, ensuite un sublimé jaune clair qui devint rosâtre quelques jours plus tard. A l'échantillonnage, le sublimé blanc se révéla être composé, en fait, de deux sublimés distincts : l'un, contre les lèvres de la fissure, paraissait laiteux et amorphe, l'autre, recouvrant le premier, était blanc et cristallin. Ce dernier, ainsi que les sublimés jaune et rosâtre ont été dissous par la pluie, tandis que le sublimé amorphe est resté soudé à la lave. Il était insoluble dans l'eau et on pouvait le voir le long de toutes les fissures chaudes du champ de lave (Analyse 109).

L'échantillon n° 108 est très analogue au n° 109, mais la température de la fissure secondaire parallèle à la fissure principale était plus basse parce que plus éloignée de la lave liquide de la cinquième phase (100 m environ, voir Carte n° 5). L'échantillon n° 94, formé dans les mêmes conditions thermiques, a malheureusement été égaré pendant le transport au laboratoire.

Le sublimé n° 101 s'est déposé au cours de la phase paroxysmale dans les circonstances suivantes. Au cours de la nuit du 20 au 21 mars 1954 une vive lueur annonça un événement nouveau survenu à une vingtaine de mètres au Sud de la brèche nord-est du cône du Mihaga. Quelques instants plus tard, on pouvait observer un nouveau torrent de lave prenant la direction du Sud. Le lendemain, un édifice semi-circulaire, flanquant le pied du cône du Mihaga était visible à la hauteur de la fontaine de lave n° 2 : il n'émettait plus de lave et paraissait consolidé, de même que le champ de lave émis pendant la nuit. Ce nouveau centre d'émission n'a fonctionné que

pendant quelques heures. Les bombes, très nombreuses, projetées par les fontaines n^{os} 2 et 3 n'ont pas tardé à l'ensevelir presque complètement en quelques jours.

D'abondantes vapeurs blanchâtres et jaunâtres s'échappaient avec des sifflements par de nombreuses fissures ouvertes à l'emplacement de ce petit cône secondaire et éphémère. Le débit de ces vapeurs paraissait assez constant, mais de temps à autre, des bouffées importantes venaient s'y ajouter.

Quoique le chronométrage n'ait pas permis d'établir une relation entre l'apparition des bouffées de vapeurs et les terribles explosions de la fontaine n^o 3, il semble incontestable que cette solfatare devait avoir des communications en profondeur avec la fracture majeure. Toutes les tentatives d'approche de cet endroit ont échoué.

Quand l'échantillonnage fut possible, la température du sublimé s'élevait à 298° C ⁽⁹⁾. Un sublimé jaune recouvrait un sublimé rosâtre qui lui-

TABLEAU N^o 27 a. — **Composition centésimale.**

Oxydes	Éch. 101	Éch. 108	Éch. 109
Si O ₂	8,67	—	4,59
Ti O ₂	0,40	—	0,16
Al ₂ O ₃	56,68	—	61,08
Fe ₂ O ₃	5,45	Si O ₂ +R ₂ O ₃ =27,36	4,25
Mn O	0,02	—	0,03
P ₂ O ₅	0,40	—	0,40
Mg O	1,99	0,75	1,58
Ca O	7,50	4,35	9,68
Na ₂ O	6,10	13,74	6,63
K ₂ O	2,82	21,49	1,87
S O ₃	0,07	0,00	0,00
Cl	9,07	31,66	8,95
F	0,01	0,25	0,01
Totaux	99,58	99,60	99,41
Analyste	G. VISEUR	G. VISEUR	G. VISEUR
Bull. n^o	135/1954	136/1954	137/1954

⁽⁹⁾ Température mesurée au moyen d'un thermomètre à mercure gradué jusqu'à 300° C.

même recouvrait un sublimé blanc cristallin; tous trois étaient solubles; le dernier recouvrait enfin le sublimé blanc laiteux insoluble déjà décrit à propos de l'échantillon n° 109 (voir Analyse 101).

b) Composition chimique.

Les analyses chimiques et spectrographiques figurent respectivement au tableau n° 27 *a* et *b*.

c) Conclusion.

Les sublimés n°s 101 et 109 sont identiques et sont caractérisés par une teneur exceptionnellement élevée en Al_2O_3 . Chlorures et sulfates ont été déposés lors du refroidissement des gaz.

L'échantillon n° 108, par sa très forte teneur en alcalis et en chlore, se rapproche des sublimés (éch. n° 158) formés à 970° C, et par sa teneur en Al_2O_3 ($\pm 20\%$) de ceux formés aux environs de 1.160° C ($\pm 60\%$ de Al_2O_3). Il se serait donc formé entre 1.160° C et 970° C.

L'absence de S O_3^{--} montre que le refroidissement a été très rapide vers 970° C.

b. — Oligo-éléments.

	Éch. 101	Éch. 108	Éch. 109
Éléments essentiels	Al, Na	Al, Na	Al, Na
5 à 2 %	—	K	K
Éléments accessoires :			
2 à 1 %	Ca, K	Si, Ca	Ca
1 à 0,5 %	Fe, Ti, Mg	Fe, Ti, Mg	Fe, Ti, Mg
0,5 à 0,2 %	P	P	P
0,2 à 0,1 %	Ba	Ba	Ba
0,1 à 0,05 % ...	Si	—	—
0,05 à 0,01 % ...	B	B, Mn	B, Pb, Tl, Si
0,01 à 0,005 % ..	Zr	Be, Zr	Be, Mn, Zr
0,005 à 0,001 % .	In, Ga, Pb, Tl, Be, Mn	In, Ga, Sn	Ga, Sn
0,001 à 0,0005 %	Sn	Pb, Tl, Cb	—
Spectrographiste	E. MINET	E. MINET	E. MINET
Bull. n°	111/1954	111/1954	111/1945

III. -- CONCLUSIONS.

Le diagramme n° 5, p. 175 résume l'étude des sublimés prélevés au cours de l'éruption du Mihaga. Il est basé sur les analyses chimiques, spectrographiques, aux rayons X, les mesures directes des températures de leur formation et les calculs chimico-minéralogiques.

Ce diagramme exprime les conclusions suivantes :

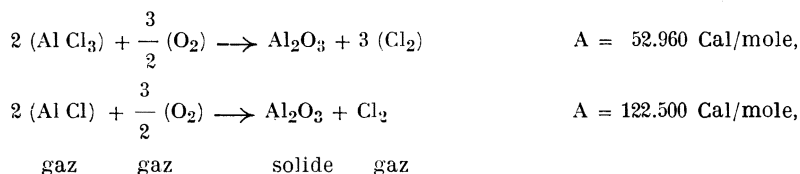
1° A très haute température (1.160° C, éch. n° 109, tabl. n° 27, a) le sublimé qui se dépose est caractérisé par une teneur très élevée en Al_2O_3 (61,08 %) et en Ca O (9,68 %).

Na_2O (6,63 %) et K_2O (1,87 %) sont exactement saturés par le chlore (8,95 %).

On verra plus loin que ces chlorures se forment à 970° C et doivent être retranchés de ce sublimé. L'analyse chimique, recalculée à 100 % accusera des teneurs plus élevées encore en oxydes.

Il n'est pas possible de préciser sous quelle forme l'alumine, la chaux et la magnésie sont engagées dans ce sublimé. Le manque de produit (amorphe) en a empêché l'examen au microscope.

Cependant, les réactions suivantes expliquent la formation de Al_2O_3 (affinités de réaction à 1.150° C, d'après O. KUBASCHEWSKI et E. EVANS, 1960) :



et probablement aussi celle des autres oxydes.

On remarquera que ces réactions consomment de l'oxygène atmosphérique, et, par conséquent, l'alumine ainsi formée, n'est pas juvénile.

I.-I. TOVAROVA (1958) a estimé à $10,5 \cdot 10^4$ T le poids de Al^{3+} rejeté par l'explosion du Besymianny et entraîné ensuite en solution dans l'eau des pluies consécutives à l'explosion (évaluées à $15 \cdot 10^6$ m³).

Malheureusement le résultat du dosage est donné en aluminium métallique de sorte qu'on ignore également sous quelle forme cet élément est engagé ⁽¹⁰⁾.

Étant donné que les calculs chimico-minéralogiques relatifs à l'échantillon n° 109, ne permettent que de combiner le chlore aux alcalis, la conclusion qui s'impose est que les oxydes se forment à 1.160° C.

⁽¹⁰⁾ Il est possible que Al_2O_3 soit en suspension et non en solution dans l'eau.

2° A 970° C, le sublimé blanc cristallin commence à recouvrir le sublimé précédent. Il se développe rapidement et atteint un maximum de croissance à cette même température. Le rythme de formation diminue ensuite avec la température.

L'analyse de ce sublimé blanc et cristallin dont les indigènes sont très avides indique 40,40 % de chlore (éch. n° 158, Tableau n° 26) et 0,00 % de SO_3 .

Les calculs chimico-minéralogiques montrent que les alcalis, la chaux et la magnésie sont exactement saturés en chlore.

Les chlorures se forment donc à 970° C (11).

On remarquera que les oxydes de Ca et de Mg ne se déposent plus à cette température: la vitesse des réactions chlorures-oxydes serait trop faible à 970° C et les chlorures cristalliseraient directement à partir du gaz, sauf Al_2O_3 dont le dépôt se poursuit encore.

3° A 925° C, un sublimé rosâtre commence à se superposer au sublimé blanc cristallin précédemment déposé. Ce phénomène a été observé sous la voûte de l'émission des laves de la cinquième phase (voir Photo n° 30) ainsi que sur la crête du cône du Mihaga où la température a pu être exactement mesurée.

Les échantillons n°s 154, Ndakaza et 26, qui figurent au tableau n° 25 a, ont été formés dans les mêmes conditions, sous les voûtes (voir Fig. n°s 13, 24 et 25).

Les analyses chimiques de ces sublimés indiquent respectivement :

	N° 154	Ndakaza	N° 26
Cl	24,47 %	0,28 %	1,93 %
SO_3	35,76 %	54,47 %	54,81 %
CaO	0,11 %	0,47 %	0,51 %
H_2O	—	0,00 %	0,00 %

Les sulfates anhydres se forment donc à 925° C.

Parmi ces sulfates figurent l'anhydrite (CaSO_4) identifiée par diffraction aux rayons X par M. VAN TASSEL de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique (*Bulletin* du 23 octobre 1962); la thénardite (Na_2SO_4) et l'aphthitalite ($(\text{K}, \text{Na})_2\text{SO}_4$) ont été identifiées par P. HERMAN, R. VANDERSTAPPEN et A. HUBAUX (1961) dans les sublimés du Nyiragongo.

Cependant, le tableau n° 28 (p. 176), montre que la teneur en SO_3 des sublimés diminue régulièrement avec la température, ce qui permet de supposer que ces deux derniers sulfates se forment à une température

(11) Contrairement à ce qui a été énoncé lors des études antérieures des sublimés, les chlorures se forment avant les sulfates. Voir à ce sujet J. VERHOOGEN (1948), A. MEYER (1951).

inférieure à 925° C. Les auteurs de la Note précitée produisent d'ailleurs une photographie du gisement d'aphthitalite (à la p. 962, fig. 1) de « l'île flottante », à 10 m au-dessus de la lave liquide. Il paraît évident que la température de 925° C réalisée sous les voûtes ne saurait être réalisée sur l'« île flottante ».

En vertu des conclusions du 2°, on peut affirmer que l'échantillon n° 154 s'est formé à une température proche de 970° C en raison de 24,47 % de Cl qu'il contient, mais qu'il a été recouvert de sulfate (35,76 % de SO_3) à 925° C.

Les mêmes considérations permettent de conclure que l'échantillon n° 26 s'est formé entre 970° C et 925° C et que l'échantillon « Ndakaza » en raison de sa teneur trop faible en Cl (0,28 %) a dû se former à 925° C environ.

4° A 298° C, lors de l'échantillonnage du sublimé n° 101, aucun dépôt ne se formait plus. Ce sublimé est pratiquement identique à celui n° 109 figurant au même tableau n° 27, a.

Les calculs chimico-minéralogiques permettent de former 1 millimol. de thénardite, 98 de halite et 30 de sylvite exactement.

Les oxydes formés à haute température (1.160° C) dont 56,68 % de Al_2O_3 restent à l'état amorphe et non combinés.

A cette température aucun minéral nouveau ne s'est déposé, ce qui permet de conclure que thénardite et aphthitalite se forment entre 925 et 298° C.

5° A 115° C, le sublimé qui constitue l'échantillon n° 132 (Tableau n° 24) se formait encore. Son analyse chimique indique :

Ca O	10,46 %.
S O ₃	18,90 %.
Cl	0,18 %.
H ₂ O ⁺	8,04 %.

Le gypse se forme donc à 115° C ⁽¹²⁾.

On remarquera l'apparition de l'eau de combinaison.

6° Le soufre apparaît en deux bouffées successives à 85° et 30° C.

7° L'échantillon n° 133, prélevé à 50° C (Tableau n° 23, a) contient 1,25 % de fluor. Cet élément est présent dans les sublimés du Mihaga dès la haute température (1.160° C) en faible quantité (0,01 %). A 50° C, la concentration de F est remarquable. Il s'agit probablement d'une concentration *in situ*, fait qui a déjà été constaté lors de l'étude des sublimés du Nyiragongo ⁽¹³⁾.

(12) DENAEYER, M. E. et LEDENT, D. (1952), p. 232.

(13) HERMAN, P., VANDERSTAPPEN, R. et HUBAUX, A., *op. cit.*, pp. 965 et 970.

Les calculs chimico-minéralogiques montrent qu'après avoir formé le halite, le gypse, la thénardite, l'aphthitalite et le fluorure double de K et de Mg, (K Mg F₃)⁽¹³⁾, les oxydes de haute température restent non combinés.

8° A 30° C, le seul minéral à signaler est le soufre. Le sublimé n° 126 en contient 7,16 % (Tableau n° 23 a).

9° On remarquera l'absence systématique de NH₄.

IV. — DIAGRAMME GÉOCHIMIQUE DES SUBLIMÉS VOLCANIQUES.

Le diagramme géochimique des sublimés volcaniques — malheureusement incomplet — permet de présumer l'existence d'un « sublimé idéal », très complexe, qui contiendrait en couches concentriques superposées tous les minéraux susceptibles de se former à partir des phases gazeuses volcaniques aux divers stades de l'évolution d'une solfatare.

Sublimés	1160°	970°	925°	-----	298°	115°	85°	50°	30°
Oxydes	■								
Chlorure		■							
Sulfates			anhydrite	thénardite aphthitalite		gypse	-----		
Soufre							■	■	■
Fluorure	0,01%	0,01%	0,07%			0,04%	0,09%	1,25%	0,03%

DIAGRAMME 5.

Il permet aussi de prévoir les lacunes dues à des causes diverses telles que absence de gaz, dissolution partielle ou totale d'un ou de plusieurs minéraux à un moment donné de l'évolution, arrêt brusque de l'activité solfatarienne, etc.

C'est ainsi que le sublimé n° 101 (Tableau n° 27 a) prélevé à 296° C contient trop peu de sulfate alors que sa teneur très élevée en Al₂O₃ (56,68 %) indique une très haute température du début de son dépôt. En ce cas précis, il faut admettre une brusque interruption de l'activité solfatarienne à 925° C.

Les teneurs maximales des différents éléments caractéristiques des étapes thermiques figurent au tableau n° 28.

TABLEAU N° 28.

Oxydes	1.160° Éch. 109	970° Éch. 158	925° Ndakaza	115° Éch. 132	85° Éch. 125	50° Éch. 133	30° Éch. 126
Al ₂ O ₃	61,08	1,30	—	0,53	0,50	12,94	0,70
Ca O	9,68	2,27	0,47	10,46	6,19	8,06	0,96
Mg O	1,58	0,78	0,00	0,16	0,28	4,15	0,69
K ₂ O	1,87	21,00	5,25	0,57	0,48	2,64	0,27
Na ₂ O	6,63	17,75	38,77	0,69	0,39	2,01	0,23
Cl	8,95	40,40	0,28	0,18	0,33	0,76	0,29
S O ₃	0,00	0,00	54,47	18,90	12,66	6,87	2,63
F	0,01	0,01	0,15	0,04	0,09	1,25	0,03
S	0,00	0,00	0,00	0,08	4,48	0,00	7,16

LABORATOIRE DE MINÉRALOGIE ET DE PÉTROGRAPHIE
DE L'UNIVERSITÉ DE BRUXELLES.

Janvier 1965.