

**EXPLORATION DU PARC NATIONAL ALBERT  
MISSION D'ÉTUDES VOLCANOLOGIQUES**

**Fascicule 4**

---

**L'ÉRUPTION DU VOLCAN MIHAGA  
EN 1954**

PAR

**BORIS EGOROFF (Bruxelles)**

---

**PRÉFACE**

DE

**MARCEL-E. DENAEYER <sup>(1)</sup>**

De toutes les éruptions des Virunga dont l'homme blanc a été le témoin, c'est, à coup sûr, celle du Mihaga qui fut étudiée — bien qu'au pied levé et avec des moyens de fortune — avec le plus de soin, tant au point de vue de ses produits que de son activité.

Par suite de l'inexistence, au temps de l'administration belge, d'une organisation permanente dûment équipée pour la surveillance et l'étude suivie des volcans actifs du Kivu, il a fallu, à chaque nouvelle éruption, dépêcher sur les lieux un géologue différent dont c'était le « baptême du feu » de Vulcain, dans la plupart des cas.

Ces géologues ont dû, à chaque fois, acquérir sur place leur expérience de volcanologues. Par bonheur, la préparation théorique, l'endurance et l'enthousiasme de la plupart d'entre eux suppléa dans une large mesure à leur inaccoutumance et à l'insuffisance de leur équipement scientifique.

Seule l'exploration du cratère et du lac de lave du Nyiragongo en 1958 et 1959 fit exception à la règle. Elle fut la seule qui bénéficia — en raison

---

<sup>(1)</sup> Professeur honoraire de l'Université de Bruxelles, Membre de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer.

même de la permanence des phénomènes à étudier — d'une organisation méthodique et rationnelle et d'un équipement moderne, grâce à l'étroite collaboration de l'Institut des Parcs Nationaux du Congo Belge, de l'Institut de la Recherche scientifique en Afrique Centrale, du Centre National de Volcanologie, de la Force publique et de tous les éminents spécialistes attachés à la mission.

Ainsi donc, c'est armé seulement de son marteau et de sa boussole de géologue, d'une paire de jumelles et d'un pyromètre optique, mais avec des yeux bien ouverts et une intelligence aiguë des phénomènes qui se succédaient à un rythme accéléré et des faits importants à enregistrer pour l'interprétation ultérieure du mécanisme de l'éruption, que M. BORIS EGOROFF, alors ingénieur au Service géologique du Congo belge, à Bukavu, aborda le Mihaga en 1954.

Dans l'Introduction de ce Mémoire, il ne dissimule pas l'admiration qui le saisit devant le spectacle grandiose dont il était le témoin, ni l'enthousiasme qui le soulevait. Et c'étaient là, en somme, les leviers essentiels et les plus puissants de son labeur.

Dans la première partie de son Mémoire, l'auteur mène de front — classiquement — la narration des événements, la description des appareils émissifs, de leurs transformations et de leurs éjections; il nous fait assister à l'édification et à la destruction alternées des organes du volcan, à la progression de vastes épanchements de lave et aux autres manifestations caractéristiques et souvent terrifiantes de l'éruption.

Il a divisé celle-ci en six phases distinctes, plus une phase paroxysmale qui s'insère dans le contexte de la troisième phase, la plus longue et la plus importante des six.

La première phase a consisté en un bref épanchement de lave à très haute altitude, à l'extrémité d'une ancienne fissure, un peu en contre-bas du bord sommital de la caldère du Nyamuragira. Les phases suivantes se sont déroulées le long d'une fracture majeure longue de 1.500 m qui s'était ouverte au point bas de la selle qui relie le Nyamuragira au Nyiragongo. L'auteur nous montrera par la suite — au point de vue des variations de la nature des laves émises du début à la fin de l'éruption, — l'importance de ce dispositif qui semble d'ailleurs avoir été réalisé dans d'autres cas au Nyamuragira.

Particulièrement frappé par l'énorme volume de vapeur d'eau dégagé du pyromagma au cours de l'éruption, M. EGOROFF met en doute l'origine juvénile de cette eau. Il en voit la source dans la proximité du lac Kivu. Les eaux de ce lac sont certainement susceptibles d'envahir les fractures et les failles du graben, de passer à l'état hypercritique en profondeur et d'émulsionner l'hypomagma. Mais on peut se demander s'il est permis de généraliser et si ces circonstances existent ou ont existé pour tous les massifs volcaniques intra-continentaux. Une enquête à ce sujet serait désirable.

Le seconde partie du Mémoire est consacrée à l'analyse pétrographique et chimique approfondie des produits de l'éruption : laves, enclaves et sublimés.

De l'étude attentive du degré de cristallisation et de la structure des laves, M. EGOROFF tire des renseignements très intéressants. Et c'est d'abord, en ce qui concerne les laves du Nyamuragira en général, le fait de l'apparition progressive et dans un ordre déterminé de leurs minéraux constitutifs avec des facies particuliers. Le degré de cristallisation est en liaison étroite avec la vitesse de refroidissement. C'est ainsi que la leucite, réputée caractéristique des kivites du Nyamuragira, n'apparaît en réalité dans celles-ci, aux dépens du verre résiduel, qu'aux deux dernières étapes de la cristallisation. Elle marque le temps maximum mis par la lave à atteindre la température ambiante.

Une autre observation assez inattendue est la précipitation, tout au début de la cristallisation du « liquidus » du Mihaga, de baguettes d'hypersthène. Mais ce minéral étant en déséquilibre cristallogénétique avec ce « liquidus », se résorbe rapidement et ne subsiste plus, en fin de cristallisation, qu'à l'état squelettique. Cette présence insolite compense peut-être l'absence de la biotite que M. EGOROFF ne signale nulle part dans ses échantillons.

D'autre part, le « liquidus » a entraîné avec lui des débris d'une roche de profondeur, analogue à un gabbro, dont les minéraux éparpillés ont subsisté à l'état de xénoclastes. Ceux-ci comprennent la bytownite, l'augite titanifère, l'olivine et la titanomagnétite. A ce propos, il est utile de rappeler que l'on trouve dans la grande caldère du Nyamuragira des blocs projetés d'une kentallénite formée de ces mêmes minéraux mais accompagnés, ici, de leucite. Il ne semble donc faire aucun doute que l'hypomagma du Nyamuragira consiste en une roche subvolcanique de la famille des monzonites feldspathoïdiques qui serait la forme grenue et de profondeur de la kivite.

Mais à côté de ces xénoclastes de l'hypomagma, le Mihaga a rejeté des bombes à noyaux de silice fondue ou à noyaux formés d'une porcellanite dérivée de schistes alumineux. Ces noyaux représentent des fragments des roches précambriennes envahies par l'hypomagma. Ces renseignements sont précieux pour la connaissance du socle des volcans du Kivu.

Les laves du Mihaga ne sont pas uniformément des kivites. Outre une variation régulière de leur teneur en alcalis dont le maximum coïncide avec la phase paroxysmale, la première phase de l'éruption est caractérisée par des laves exemptes de leucite, exprimée ou virtuelle : se sont des shoshonites ou des absarokites shoshonitiques<sup>(2)</sup>. Ces dernières ont en commun avec les kivites, non seulement leur minéralogie, mais surtout la quasi-égalité en poids des deux alcalis : soude et potasse. M. EGOROFF voit dans ces variations, d'abord l'effet d'une différenciation du magma à l'intérieur

---

(2) Ces noms répondent aux dénominations courantes, mais imprécises, de trachyandésites et de trachybasaltes.

de la cheminée centrale du Nyamuragira et, ensuite, une conséquence du niveau d'éclusage de cette cheminée par les conduits du Mihaga. La colonne différenciée des laves s'abaissant progressivement dans la cheminée centrale au fur et à mesure de l'évacuation du magma, il était logique que les produits émis au début de l'éruption par la fissure voisine du sommet fussent les mêmes que ceux émis au point bas, à la fin de l'éruption. L'auteur cite les observations de même nature faites par VLADOVETZ à la suite de la récente éruption du Kliutchevsky, au Kamtchatka.

Enfin, dans la mesure où il a pu poursuivre ses prélèvements — interrompus à la fin de l'éruption par un nouvel ordre de mission — l'auteur s'attache à l'étude des sublimés formés sous ses yeux à des températures décroissantes et soigneusement notées. Il en déduit, notamment, et contrairement à d'autres observations faites au Nyamuragira, que les chlorures se sont déposés à une température supérieure à celle du dépôt des sulfates. D'autre part, il donne une interprétation du dépôt de l'alumine pure, formé à très haute température, par réaction de l'oxygène sur des chlorures d'aluminium.

Ces quelques remarques montrent avec quelle pénétration M. EGOROFF, néophyte de la volcanologie à son arrivée au Mihaga, a su interpréter la lithogénèse et les processus chimiques d'une éruption volcanique. A l'adresse de certains détracteurs des méthodes d'étude de l'ancienne volcanologie classique, il me paraît nécessaire de souligner ce que l'observation minutieuse des manifestations extérieures du volcanisme, y compris les « feux d'artifice » les plus spectaculaires, et un échantillonnage serré et scrupuleux apportent encore — à l'égal des données obtenues par les méthodes géophysiques les plus modernes — de renseignements essentiels à l'appui des raisonnements et des hypothèses.

Avec le Mémoire de J. VERHOOGEN sur l'éruption du Tshambene de 1938-1940, celui de H. TAZIEFF sur l'éruption du GITURO en 1948 et les publications spécialisées du Centre National de Volcanologie sur le Nyiragongo, il est certain que le présent Mémoire constituera la quatrième pièce maîtresse de la connaissance des volcans actifs de l'Afrique Centrale.

Bruxelles, 13 décembre 1964.

## INTRODUCTION

Lorsqu'un géologue assiste pour la première fois à une éruption volcanique, il est surpris et désorienté par l'ampleur, la violence et la rapidité des événements qui se déroulent devant lui. Son attention est attirée d'abord par l'extraordinaire beauté de l'émission de la lave et il reste stupéfait de voir celle-ci se dresser en un pan de mur long de 75 m, haut de 50 m, animé de mouvements verticaux de va-et-vient, se déchirant et se reconstituant aussitôt, retombant tout entier à l'intérieur du cratère embryonnaire ou passant tout entier par-dessus son bord, ou encore, désintégré par une terrible explosion, être projeté en gerbes à une centaine de mètres de hauteur.

Une énorme quantité de vapeur d'eau voile ce spectacle.

Après les premiers moments d'éblouissement et d'enthousiasme, le géologue prend conscience de l'importance et de l'intérêt que présente ce message venu du tréfonds de la croûte terrestre, et il se rend compte aussitôt de son incapacité à l'interpréter avec compétence ou même d'en saisir l'essentiel, de distinguer la cause de l'éruption de ce qui est seulement spectaculaire et en est la conséquence.

Je me suis donc imposé de décrire dans le détail et sans omettre des faits apparemment insignifiants, tous les événements dont j'ai été le témoin pendant l'éruption du Mihaga en 1954, dans l'ordre chronologique de leur succession.

Avoir tout décrit et échantillonné soigneusement et systématiquement avec l'intention d'étudier à fond tout le matériel ainsi réuni, montre combien j'espérais pouvoir en tirer néanmoins des données positives et des conclusions valables.

La division de ce Mémoire en deux parties inégales en importance et en développement résulte de la nature même des travaux réalisés sur le terrain d'une part (description des phénomènes observés), au laboratoire d'autre part (étude des produits de l'éruption).

De l'étude analytique des notes descriptives, deux faits essentiels se sont dégagés : le caractère isotherme de l'éruption et l'abondance de la vapeur d'eau.

J'insiste souvent dans la première partie de ce travail sur l'énorme volume de vapeur d'eau émis au cours de l'éruption<sup>(3)</sup>. Je ne m'expliquais d'une manière satisfaisante ni la présence de tant de vapeur d'eau, ni surtout son maintien en colonne verticale dénotant l'absence de toute détente. Dans *Le volcanisme lunaire et terrestre*, A. DAUVILLIER propose une hypothèse

---

(3) Ce volume a pu atteindre environ  $50.10^9$  m<sup>3</sup>.

qui me paraît satisfaire aux faits que j'ai observés de près : l'eau à l'état hypercritique serait la cause essentielle de toute éruption volcanique.

L'eau hypercritique dissout les silicates et son action physique sur le magma sec est de nature à diminuer considérablement sa viscosité et sa densité, alors que son action chimique libère des phases gazeuses, ou tout au moins accroît la tension de vapeur jusqu'à dépasser la pression lithostatique et ouvrir une fracture.

Le magma très fluide et de faible densité qui en résulte monte alors, par la fracture ainsi ouverte ou réouverte, jusqu'au niveau où l'eau perd son état hypercritique et propulse explosivement la lave jusqu'à la surface du sol.

C'est pendant cette phase de l'éruption que la vapeur d'eau surchauffée (1.200° C) perd son énergie interne, ce qui explique l'absence de toute détente lorsqu'elle arrive dans l'atmosphère.

Il résulte de cette hypothèse que toute éruption volcanique est subordonnée à la présence d'eau dans ses environs immédiats, condition réalisée d'ailleurs dans toutes les régions du Globe de volcanisme actif.

Il serait difficile de résumer un tel sujet. Je m'en tiendrai donc essentiellement à l'éruption du Mihaga, livrant aux volcanologues ma modeste contribution au labour universel sur le volcanisme terrestre.

De cette façon, si les conclusions que je croirai pouvoir énoncer ne rencontrent pas l'approbation ou sont incomplètes, il sera toujours possible de les corriger ou de les compléter à partir des événements décrits dans la première partie de ce Mémoire.

Sa deuxième partie a demandé beaucoup plus de travail, mais c'est aussi celle qui m'a procuré le plus de satisfaction.

Au fur et à mesure de l'étude des préparations microscopiques, se posaient des problèmes variés et complexes concernant les structures des laves, la quantité et la qualité de leur verre et leur contenu en minerais et en minéraux. J'insiste surtout sur les nombreux facies de ces minerais et minéraux. C'est ainsi que quatre générations de la titanomagnétite, totalisant huit facies différents ont été décrites.

En étudiant les valeurs du rapport exprimant le volume des minéraux au volume du verre, j'ai constaté que ce rapport dépendait du mode de refroidissement d'une lave donnée. Six stades typiques dans l'évolution de la cristallisation des laves ont été décrits et définis par des minéraux et des minerais typomorphes.

D'autre part, l'étude chimico-minéralogique des laves a montré que leur nature avait varié au cours de l'éruption, mais d'une façon qui paraissait incohérente. Ce n'est pas l'étude des laves dans l'ordre chronologique de leur émission qui a mis en évidence leur évolution progressive et sans récurrence depuis les kivitites typiques jusqu'aux shoshonites, mais bien la considération du niveau d'éclusement de la lave de la colonne magmatique du Nyamuragira qui en a fourni l'explication.

A maintes reprises, j'ai pu profiter de circonstances exceptionnellement favorables pour approcher, observer et filmer de très près des manifestations importantes telles que la sortie de la lave à 1.200° C sous une voûte, la formation d'un sublimé à 1.160° C immédiatement au-dessus de cette voûte, etc.

L'étude chimique et spectrographique de nombreux sublimés a été faite. Malheureusement, la plupart des échantillons ont été consommés au laboratoire et ceux dont je disposais encore pour l'étude au microscope se sont avérés amorphes et indéterminables.

Les étapes successives de mes recherches ont été abondamment discutées au Laboratoire de Minéralogie et de Pétrographie de l'Université de Bruxelles, avec M. le Professeur M.-E. DENAEYER, mon maître devenu mon ami, qui avait lui-même parcouru les champs de lave du Mihaga peu après l'éruption de 1954.

Sa compétence en matière de lithologie et de volcanologie, sa connaissance des lieux, son esprit critique toujours en éveil, toujours prêt à discuter un concept nouveau, m'ont été d'une très grande aide au cours de ce travail.

Je me fais aussi un agréable devoir de remercier M<sup>lle</sup> A. COPPEZ, Licenciée en Sciences géographiques, pour sa collaboration à la préparation et à la mise en pages du présent Mémoire.

Enfin, j'ai à cœur de témoigner ma vive reconnaissance au Centre national de Volcanologie, au ci-devant Institut belge pour l'Encouragement de la Recherche Scientifique Outre-Mer et à l'Institut des Parcs Nationaux, grâce auxquels ce travail a pu être réalisé et publié.

## HISTORIQUE.

(Carte n° 1.)

Le 21 février 1954, le Commandant GILLET, Conservateur adjoint du Parc National Albert, annonçait de Rumangabo au bureau de Bukavu du Service Géologique du Congo Belge et du Ruanda-Urundi, une reprise d'activité volcanique au flanc sud-est du Nyamuragira.

Le Directeur du Service Géologique à Léopoldville, immédiatement averti, désignait par un télégramme reçu à Bukavu le 24 février, l'auteur de ce Mémoire pour l'étude de la nouvelle éruption.

Feu V. VAN STRAELEN, Président de l'Institut des Parcs Nationaux du Congo Belge, voulut bien donner son accord à cette mission et agréer l'auteur qui lui en a gardé une vive gratitude.

Arrivé dans l'après-midi du 25 février à Rumangabo, une pluie torrentielle m'obligea à remettre au lendemain l'ascension vers le centre d'éruption. Ce n'est que le 26 février vers 10 h que j'arrivai sur les lieux.

Une rapide reconnaissance me permit de localiser l'éruption : celle-ci s'était fixée au point le plus bas de la selle séparant les volcans géants Nyamuragira et Nyiragongo (Carte n° 1).

J'ai donné à cette nouvelle éruption le nom de « Mihaga » en raison de la proximité du cratère d'un lieu dit « Camp de Mihaga ».

Un poste d'observation fut établi à environ 250 m au NNE du nouveau cratère, sur le flanc d'un ancien petit cône de cendrées envahi par la végétation.

Ce cône s'élevait à une quinzaine de mètres au-dessus de la plaine de lave (Fig. 1, p. 18).

#### **Premières constatations.**

Le 21 février 1954, à 02 h, le Conservateur adjoint GILLET, du Parc National Albert, réveillé par les travailleurs indigènes du poste, put observer de Rumangabo la lave incandescente dévalant sur le flanc sud-est du Nyamuragira, sans qu'aucune explosion se fit entendre.

Toute trace d'activité cessa vers 11 h le même jour, avant que l'Administration des Parcs Nationaux eût eu le temps d'organiser une expédition.

Le 23 février, à 04 h, alors que tout semblait être revenu au calme, de violentes explosions se firent entendre à des dizaines de kilomètres de distance. Ce caractère violemment explosif décida le Commandant GILLET à se rendre sans tarder sur les lieux de l'éruption. Un immense panache de vapeur issu d'un endroit différent de celui du 21 février, indiquait l'emplacement de la nouvelle éruption.

Se frayant un passage à la machette et par les pistes d'éléphants, l'expédition arriva sur les lieux vers 15 h par une pluie torrentielle. Un rideau épais de vapeur empêchait toute observation.

Le 25 février seulement, vers la fin de l'après-midi, et pendant quelques minutes, le Commandant GILLET put faire ses premières constatations.

« J'estime à plusieurs milliers de  $m^3/sec.$  le débit de ce cratère <sup>(4)</sup>. Indiscutablement, c'est la plus importante éruption connue à ce jour dans la région. » Telle fut l'impression du premier observateur de l'éruption de 1954.

Le 26 février dans la matinée j'arrivai au camp du Commandant GILLET par une pluie diluvienne (Photos nos 1, 2 et 3).

Dans la soirée, plusieurs mesures approximatives du débit de lave indiquaient  $\pm 500 m^3/sec.$

L'estimation du débit des gaz donnait environ  $12.500 m^3/sec.$

Le rapport pondéral gaz/lave devait donc être d'environ 0,18 % en adoptant les valeurs suivantes :

Poids spécifique de la lave à $1.200^{\circ} C$ .....	2.500 $kg/m^3.$
Poids spécifique des gaz à $1.200^{\circ} C$ .....	0,18 $kg/m^3.$

Ces caractéristiques furent maintenues pour le calcul du rapport gaz/lave, jusqu'à la fin de l'éruption.

(4) Dans des cas exceptionnels, décrits plus loin, le débit de lave dépassa  $1.000 m^3/sec.$

Les caractères du cratère étaient :

Longueur de la fracture entourée par le cône .....	100 m.
Largeur de l'orifice de sortie des gaz .....	25 m.
Vitesse de sortie des gaz .....	10 m/sec.

Les gaz semblaient débités par quatre événements seulement; un coefficient de réduction de 50 % a été admis pour le calcul du débit des gaz.

#### Les phases de l'éruption.

Les manifestations les plus importantes de l'éruption du Mihaga furent observées du poste d'observation dont la situation a été indiquée plus haut.

Six phases purent être distinguées au cours de l'éruption de 1954 :

1<sup>re</sup> phase : le 21 février à 02 h, de très courte durée, sans explosion, à 2.530 m d'altitude, avec émission d'une coulée vers le Sud-Est.

Durée : de 02 h à 11 h maximum.

2<sup>e</sup> phase : le 23 février à 04 h, ouverture d'une fracture à 2.230 m d'altitude au pied sud-est du Nyamuragira. Éjection rapide de plusieurs coulées dont les centres d'émission se déplaçaient du Nord au Sud, au fur et à mesure de l'ouverture de la fracture. La coulée la plus importante se dirigeait au Sud-Ouest.

Durée : du 23 février au 28 février dans la zone sud.

3<sup>e</sup> phase : fixation de l'éruption au point le plus bas de la selle entre le Nyamuragira et le Nyiragongo avec émission de torrents de lave vers l'Est et édification d'un cône de cendres dont le cratère renfermait quatre fontaines de lave.

Durée : du 23 février au 28 mai (fin de l'éruption).

Phase paroxysmale : du 20 au 23 mars.

4<sup>e</sup> phase : le 21 avril à 06 h 30, de la lave très fluide gicla d'une fracture située à l'emplacement d'un « puits »<sup>(5)</sup>. En même temps, la fontaine de lave n° 1 cessait toute activité.

Cet épisode très bref dura un quart d'heure à peine.

5<sup>e</sup> phase : le 19 mai à 19 h 25, de la lave liquide crevant la croûte de la coulée orientale de lave consolidée depuis fin mars, s'épancha à la surface de celle-ci, en direction Sud-Est.

Durée : 19 mai au 28 mai.

6<sup>e</sup> phase : le 29 mai, entre 03 h et 07 h, une activité solfatarienne impressionnante se développa au sommet du cratère dans une crevasse périphérique large de 0,5 m et profonde d'autant, inexistante à 03 h, heure à laquelle l'auteur quitta cet endroit.

★  
★★

(5) Voir plus loin.

Les événements des deux premières phases n'ont malheureusement pas été observés directement par l'auteur. Il n'a pu que les conjecturer par l'examen des lieux.

Les laves des différentes phases ont été datées, cartographiées et échantillonnées systématiquement. Le matériel ainsi réuni se compose de 128 échantillons.

De même que pour les laves, l'échantillonnage des sublimés fut exécuté systématiquement et la température de formation soigneusement notée. Douze échantillons ont été prélevés.

Trente-deux échantillons d'enclaves énallogènes et de bombes volcaniques ont été recueillis le long de la fracture majeure. Le plus grand nombre d'enclaves fut livré par le Mihaga à la fin de l'éruption.

\*  
\*\*

L'étude de l'éruption de 1954 est divisée en deux parties.

La première partie, « L'Éruption », est consacrée à la relation chronologique des événements. Chaque phase de l'éruption fait l'objet d'un chapitre qui comprend la narration et, parfois, l'interprétation des faits observés; la description des lieux est illustrée par des cartes au 1/5.000<sup>e</sup>, montrant l'étendue des champs de lave ainsi que les emplacements de prises des échantillons.

La deuxième partie, « Étude des produits de l'éruption », est consacrée à l'étude chimico-minéralogique par phase et dans l'ordre chronologique également, des échantillons prélevés au cours de l'éruption.

---

## PREMIÈRE PARTIE

### L'éruption.

#### CHAPITRE PREMIER.

#### PREMIÈRE PHASE (21 février).

##### DESCRIPTION DES LIEUX.

(Carte n° 2.)

##### a) Les fractures.

La première lave de l'éruption du Mihaga apparut à l'extrémité rétrécie d'une des fractures secondaires de la fracture n° 3 (Photo n° 5) de l'éruption de 1938 (J. VERHOOGEN, 1948), à l'altitude de 2.530 m. Relayant cette ancienne fracture dont la largeur à cet endroit est de 0,3 à 0,5 m, l'ouverture de trois nouvelles fractures caractérise la première phase de la nouvelle éruption.

Du Nord-Ouest au Sud-Est (topographiquement de haut en bas), les fissures de 1954 ont les directions suivantes :

- 1<sup>re</sup> fracture : Direction N 50° O, de 100 m de longueur environ. Elle comportait une bouche d'émission de lave à son origine. Son extrémité noyée dans la lave est invisible.
- 2<sup>e</sup> fracture : Direction N 35° O, de 400 m de longueur. Elle comportait une digue de cendrées et cinq cratères éphémères.
- 3<sup>e</sup> fracture : Direction N 43° O, de 150 m de longueur. Elle comportait une digue de cendrées et trois cratères éphémères.

##### b) Le champ de lave.

A 200 m de la première bouche d'émission, le champ de lave se divise en deux bras d'environ 75 m de largeur se réunissant ensuite, 700 m plus bas, et laissant subsister ainsi un îlot de 20 m de largeur environ. La dénivellation entre les deux bras de cette coulée est de l'ordre de 25 m.

Le torrent de lave de 100 m de largeur descend ensuite, sur un terrain incliné à pente moyenne de 20 à 25° puis, vers la plaine de lave de 1938. Celle-ci est à 2.300 m d'altitude et sa pente moyenne est de l'ordre de 1°. Arrivé là, le torrent s'étale en une large nappe de 500 à 600 m de largeur.

Sa longueur totale est de 2 km environ.

c) **Aspect du champ de lave.**

Sauf au voisinage de la première bouche d'émission et dans la plaine à 2.300 m d'altitude où la lave est en immenses boudins, le reste du champ de lave est composé de laves chaotiques et « en graton ».

d) **Durée probable de la première phase.**

Les premières lueurs ont été aperçues le 21 février vers 02 h. Le survol en avion de cet endroit, vers 11 h n'a plus permis de constater la moindre activité. L'émission de lave et la consolidation de celle-ci à 2 km en aval, c'est-à-dire tous les épisodes de la première phase ont donc dû se dérouler en neuf heures au maximum. La durée d'activité volcanique, limitée à l'émission de lave seulement (son écoulement étant un fait accessoire), n'a probablement pas dépassé une heure.

La première phase apparaît donc comme une éjection brusque, comme une éclaboussure.

e) **Les cratères éphémères.**

Les cratères éphémères au nombre de huit sont disposés le long des fractures et enclavés dans la digue de cendrées de 3 m de hauteur maximum. Cette digue continue couvre les fractures et les zones d'émission de lave, ce qui démontre qu'une faible activité explosive a survécu à l'émission des laves.

Matériel éjecté :

Lave .....	1.000.000 m <sup>3</sup> environ.
Cendre .....	2.000 m <sup>3</sup> environ.

A l'époque de l'examen de cet endroit, le 4 mars, une faible activité solfatarienne persistait encore. Ni sublimés, ni bombes énallogènes n'ont été découverts dans ce secteur.

f) **Conclusions.**

La première phase de l'éruption du Mihaga a été de très courte durée et d'allure calme. L'absence d'explosions violentes s'explique par l'importante fissuration du sommet du cône du Nyamuragira.

Cette phase présente une grande analogie avec l'éruption de 1938 caractérisée par une lente montée du magma dans le cratère du Nyamuragira jusqu'au moment de la fracturation du sommet du cône et de la libération de lave par les fractures ainsi ouvertes.

## CHAPITRE II.

**DEUXIÈME PHASE** (23 février).

(Carte n° 3.)

I. — **LES FRACTURES.**

Cette phase se caractérise par l'ouverture d'une fracture de 1.500 m de longueur et d'environ 1 m de largeur. Cette fracture se compose de quatre tronçons se relayant du Nord au Sud sans interruption.

1 <sup>er</sup> tronçon : Direction N 13° O .....	de 375 m de longueur.
2 <sup>e</sup> tronçon : Direction N 7° O .....	de 360 m de longueur.
3 <sup>e</sup> tronçon : Direction N 2° O .....	de 485 m de longueur.
4 <sup>e</sup> tronçon : Direction N 5° E .....	de 280 m de longueur.

Les arbres dont les troncs atteignaient 0,3 m de diamètre furent fauchés et calcinés ainsi qu'une bande de forêt de 20 m de part et d'autre de la fracture, ce qui témoigne du caractère violent de l'éruption (Photos n°s 5 à 15).

Les deuxième et troisième tronçons traversent en partie le cône du Mihaga dont il sera question plus loin.

Toute la fracture est matérialisée par une digue de cendrées de hauteur variable, de 5 à 20 m.

L'extrémité nord du premier tronçon se trouve dans une forêt couvrant le flanc sud-est du cône du Nyamuragira. L'extrémité sud du quatrième tronçon se trouve dans une forêt, de même ancienneté, couvrant le flanc nord-ouest du Nyiragongo. Le point le plus bas est occupé par le cône du Mihaga enfermant quatre fontaines de lave : c'est le point d'intersection des tronçons n°s 2 et 3.

Cette situation particulière de l'éruption du Mihaga, ne permettait pas de se prononcer sans examen pétrographique sur son appartenance à l'un ou l'autre des deux volcans géants qui l'encadrent.

La fracture, sur toute sa longueur, a été le siège d'événements très importants qui ont tous échappé à l'observation directe. A l'examen des lieux, on peut se rendre compte de leur complexité et tenter de déchiffrer assez exactement leur succession dans le temps et dans l'espace.

**Zone nord.**

Au Nord du cône du Mihaga, c'est-à-dire sur le versant sud-est du Nyamuragira, la fracture se compose des deux premiers tronçons et com-

porte seize petits cratères éphémères, ayant tous émis de la lave vers l'Est, sauf les cratères n° 1 et 8 : le premier en a émis à l'Ouest également et le n° 8, à l'Ouest seulement.

De ce fait, la digue de cendrées est entière du côté ouest et complètement déchiquetée à l'Est. Les débris de la digue ont été emportés plus ou moins loin par les torrents de lave. Des tronçons de la fracture, larges de 0,5 à 1 m, obstrués par de la lave visqueuse en boudins, sont encore visibles par endroits.

Le cratère n° 16, le dernier de la zone nord et le plus proche du cône du Mihaga, a survécu à l'émission des laves par la fracture. En effet, ses cendres recouvrent ces laves d'une couche d'environ 5 cm d'épaisseur.

#### **Zone sud.**

Au Sud du cône du Mihaga, c'est-à-dire sur le versant nord-ouest du Nyiragongo, la fracture se compose également de deux tronçons jalonnés de dix-neuf petits cratères éphémères qui ont tous émis de la lave à l'Est et à l'Ouest.

Cette zone est infiniment plus complexe que celle du Nord. Elle a été explorée par l'auteur le 17 mars seulement. Cependant, le 1<sup>er</sup> mars, un groupe de touristes s'était approché du volcan par une piste venant du Sud. Le vent dominant étant NE-SO, les gaz et les poussières s'accumulaient dans la zone sud du cône du Mihaga, et ces touristes imprudents faillirent être asphyxiés. L'un d'eux <sup>(6)</sup> m'a offert une photographie en couleurs, datée du 1<sup>er</sup> mars, montrant le cône du Mihaga avec ses quatre fontaines de lave et un petit cône de 3 m de hauteur environ, immédiatement au pied sud du cône du Mihaga. Celui-ci renfermait une fontaine de lave extrêmement active. Ce petit cône était suivi au Sud par une longue digue de cendrées de même hauteur, plusieurs fois interrompue.

Du poste d'observation, ce dernier centre d'activité volcanique n'était pas visible.

Le 11 mars, lorsque J.-Cl. DE BREMAECKER, géophysicien à l'I.R.S.A.C., examina cette région, la fracture et ses dix-neuf cratères éphémères ne montraient plus aucune activité.

L'examen de cette zone par l'auteur, nanti de la photo du 1<sup>er</sup> mars, lui a permis de constater que des événements importants avaient dû se dérouler entre le 1<sup>er</sup> et le 11 mars, ce qui expliquait l'abondante fumée qui persistait à cet endroit :

1° Vu de l'Est, le petit cône visible sur la photo du 1<sup>er</sup> mars avait grossi et avait atteint une hauteur d'environ 35 m. Il s'était complètement soudé au cône du Mihaga, sans aucune discontinuité autre qu'une brusque différence de hauteur. Il renfermait la fontaine de lave n° 5.

---

(6) M<sup>me</sup> A. DE MUNCK.

2° La digue de cendrée diminue ensuite de hauteur sur 250 m environ au bout desquels elle est interrompue par l'émission des laves à l'Est et à l'Ouest des cratères n° 8 et 9. La digue se poursuit vers le Sud avec une hauteur ne dépassant pas 3 m, elle est disloquée par endroits mais son tronçon final est resté entier (Photo n° 16).

3° Passant de l'Est sur le versant ouest de cette digue, on est surpris de constater que 250 m de son flanc ouest, au Sud de la fontaine n° 5 de 35 m de hauteur, ont été arrachés et emportés par le torrent de lave ! Un tronçon de la fracture n° 3 obstrué par de la lave visqueuse en boudins est visible à cet endroit (Photos n° 17 à 19).

Il est possible que ces événements se soient produits le 6 mars entre 9 h 58 et 10 h 10, heure à laquelle, dans la zone nord, une violente poussée de lave emportait le quart de l'extrémité nord du cône du Mihaga, crevant la digue à l'endroit de sa jonction avec le cône.

## II. — LE CÔNE DU MIHAGA.

Lorsque l'auteur le vit pour la première fois, le 26 février 1954, à 18 h 30, le cône de Mihaga avait déjà une hauteur de 30 m au Nord et de 60 m au Sud, une longueur de 300 m et une largeur variant suivant l'endroit de 50 à 75 m; sa plus grande largeur était atteinte en son milieu (Photo n° 20).

Une description plus complète en sera donnée plus loin.

## III. — LES CHAMPS DE LAVE.

Au cours de la deuxième phase, dont la durée sera discutée plus loin, plusieurs champs de lave dont la chronologie est difficile à établir, se sont constitués.

La carte n° 3 en résume les extensions, et par endroits, les âges relatifs.

### 1° Coulées de la zone du Nord.

A l'Est de la digue de cendrées, l'observation du terrain semble démontrer que les nombreuses émissions de lave par les seize cratères éphémères et la fracture ont été simultanées. En effet, les gueules de départ des diverses émissions sont nettes et bien individualisées; mais 5 à 10 m plus loin, les laves se réunissent pour former deux torrents distincts : les douze premiers cratères et le tronçon correspondant de la fracture forment un torrent en direction du Sud-Est d'abord, s'incurvant ensuite brutalement vers l'Est, tandis que les quatre derniers cratères et leur tronçon de digue ont donné naissance à un torrent de lave en direction du Sud, s'incurvant ensuite vers l'Est également. Il est intéressant de faire remarquer que les deux torrents décrits sont formés de laves dermolithiques au départ et de « champs de coke » (« aa » des îles Hawaï) après les coudes.

Un îlot elliptique de lave ancienne et de vieille forêt a été épargné dans l'angle formé par ces deux coulées (Photo n° 21).

A l'Ouest de la digue, deux petites coulées aux contours simples ont été émises par les cratères n° 1 et n° 8.

Les cratères n° 15 et n° 16 recouvrent de leur cendrée le torrent de lave du Nord ainsi que leurs propres laves.

### 2° Coulée principale orientale.

C'est la coulée de la troisième phase dont il sera abondamment question plus loin.

Cependant, il est important de signaler qu'à la date du 26 février, ce puissant torrent passait déjà à 50 m environ au Sud du cône portant le poste d'observation et qu'une bande de forêt relativement jeune (arbustes de 5 cm de diamètre) séparait encore ce cône des coulées de la deuxième phase venant du Nord et de la coulée orientale de la troisième phase.

La figure 1 représente le poste d'observation et les champs de lave de la deuxième et de la troisième phase.

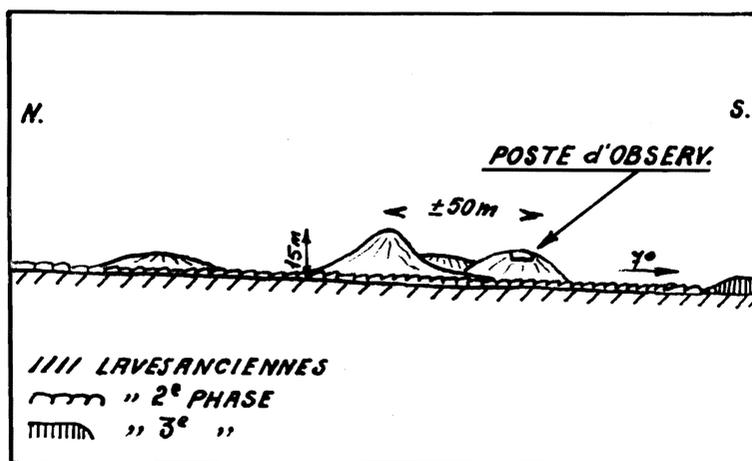


FIG. 1.

Poste d'observation et champs de lave des 2° et 3° phases.

### 3° Coulées de la zone du Sud.

La carte n° 3 montre plusieurs recouvrements de champs de lave. De leur examen on déduit que l'extrémité sud de la fracture, et plus précisément son cratère n° 19, a émis les dernières laves de la deuxième phase.

On remarquera également que dans le secteur oriental de la zone sud, les laves émises par les cratères n° 8 à 19 recouvrent la lave de la deuxième

phase en forme de lac allongé, coïncé entre la digue et un ancien cône (Photo n° 17 en bas et à droite). En outre, vers l'Ouest, la lave couvre la grande coulée occidentale (vers Sake), dont il est question ci-dessous. Toutes ces laves ont été émises par la fracture majeure.

#### 4° **Coulées occidentales (vers Sake).**

Cette coulée importante est très complexe. Plusieurs événements ont dû avoir lieu dans cette zone avant que les premières observations aient pu être faites.

Il paraît évident que ce torrent de lave d'environ 1 km de largeur et de 8 km de longueur est issu d'un tronçon de la fracture majeure d'environ 0,5 km de longueur. Le débit initial de lave devait être de l'ordre de 2 à 3.000 m<sup>3</sup>/sec.

Quoi qu'il en soit, le 25 février, ce champ de lave ne montrait plus qu'une faible activité solfatarienne et le cône du Mihaga était parfaitement fermé à l'Ouest.

Il est très probable que le sens d'écoulement de la lave changea pour une raison non déterminée, dès le 24 février à l'aube, date à laquelle un puissant front de lave dévorait une forêt à l'Est du cratère du Mihaga et déjà à 5 km environ de ce dernier.

La coulée occidentale, de même d'ailleurs que la coulée principale vers l'Est, occupe le fond d'une vaste dépression très plate, dont la pente moyenne est de l'ordre de 1° vers le Sud-Ouest. Le bord nord de cette coulée est relativement régulier : il épouse le relief naturel du terrain. L'épaisseur de la coulée est de 3 à 4 m (Photo n° 22). La bordure sud par contre, présente des complications dues aux recouvrements successifs de laves postérieures et, notamment, de la puissante coulée datant de la dislocation du cône n° 5, qui a charrié d'énormes fragments de ce dernier.

#### IV. — **C O N C L U S I O N S .**

Rien ne permet d'affirmer que la fracture majeure de 1.500 m de longueur s'est ouverte instantanément. Les observations de terrain indiquent que l'activité volcanique s'est prolongée davantage dans la zone sud. En effet, on a vu que les cratères n°s 15 et 16 de la zone nord recouvrent de leurs cendrées les coulées de lave venant du Nord ainsi que leurs propres laves; que les quatre fontaines principales de lave se sont fixées à l'intersection des tronçons n°s 2 et 3; que, dans la zone sud, la coulée en forme de lac allongé a été recouverte par les coulées des dix-sept premiers cratères éphémères; que celles-ci ont été recouvertes à leur tour par la coulée du cratère éphémère n° 19 qui est le point méridional extrême de la fracture majeure; que la naissance du cratère de la fontaine n° 5 date du 1<sup>er</sup> mars (alors que les dix-neuf cratères du Sud avaient cessé leur activité) et que sa dislocation et son extinction datent du 6 mars probablement.

La coulée occidentale paraît avoir été émise simultanément, par un tronçon de la fracture majeure long de 0,5 km environ. La coulée orientale date probablement de la nuit du 23 au 24 février, au cours de laquelle s'est produit le changement du sens d'écoulement de la lave. Ce phénomène curieux n'a pas été observé par l'auteur. Il est dû probablement à l'érection d'un mur d'agglomérat à l'Ouest et à la crevaison d'un mur analogue à l'Est. Un phénomène de ce genre a été observé maintes fois par la suite à l'Est du cône du Mihaga.

L'ensemble des faits décrits et groupés sous le titre de « deuxième phase » n'a duré probablement que 10 à 15 heures, car, le 24 février à l'aube, le torrent de lave oriental se trouvait déjà à 5 km environ à l'Est du cône du Mihaga.

Les événements relatifs à la fontaine n° 5 marquent un retour de l'activité volcanique vers le centre principal, à l'intersection des tronçons n°s 2 et 3 de la fracture majeure.

Il est incontestable que le long de celle-ci, l'activité volcanique a été à la fois explosive et effusive, le paroxysme le plus violent se situant à l'extrémité nord de la fracture. Il est probable que c'est là que l'éruption a débuté.

En tout cas — et ce fait n'est pas propre à l'éruption du Mihaga — les seize cratères éphémères du Nord, les dix-neuf cratères du Sud, le cratère de la fontaine n° 5 et toute la longueur correspondante de la fracture majeure, ont été taris rapidement : ils ont été obstrués par la solidification d'une lave en boudins visiblement très visqueuse (R. A. DALY, 1933; H. TAZIEFF, 1951).

L'éruption de 1954, ainsi d'ailleurs que celle de 1948, fut à la fois de type « fissural » et de type « strombolien ».

#### R é s u m é :

1° Ouverture de la fracture à 04 h, le 23 février 1954 et déplacement de l'activité volcanique du Nord au Sud, avec émission de lave vers l'Est et vers l'Ouest.

2° Dans la nuit du 23 au 24 février, fixation de l'éruption au point d'intersection des tronçons n°s 2 et 3 de la fracture, qui est aussi le point le plus bas de la selle entre le Nyiragongo et le Nyamuragira. En même temps, l'émission des laves change de sens et ne se fera plus que vers l'Est.

La narration des épisodes suivants se rapporte à cette période stabilisée de l'éruption. Elle est désignée sous le nom de « troisième phase ».

## CHAPITRE III.

**TROISIÈME PHASE** (23 février).I. — **NARRATION ET DESCRIPTION.**

(Carte n° 4.)

A la différence des deux premières phases, rappelons que cette troisième phase et les suivantes ont pu être suivies directement par l'auteur, à partir du poste d'observation situé à 250 m au NNE du nouveau cratère (voir Cartes nos 3 et 4).

26 février à 18 h : Première possibilité d'observation du nouveau cône, la pluie ayant cessé vers 17 h 30 et les vapeurs se dissipant ensuite peu à peu. On devine un important foyer de haute température dont l'intensité lumineuse varie à chaque instant.

De très violentes explosions se succèdent sans interruption, s'ajoutant à un bruit de fond composé de crépitements, de sifflements et de roulements pareils au tonnerre. Le sol tremble d'une façon désordonnée.

Quatre fontaines de lave actives apparaissent dans le cratère : leur position semble correspondre à un alignement le long de la fracture majeure. Elles projettent la lave incandescente à des hauteurs considérables : 50 à 75 m et parfois davantage.

On se rend compte immédiatement que les fontaines de lave ont des régimes indépendants les uns des autres : aux plus fortes explosions ne correspondent pas nécessairement les plus volumineuses éjections de lave; au contraire, très souvent un grand volume de lave est expédié par-dessus le bord du cratère, sans explosion accompagnatrice.

De temps en temps, un « mur » de lave incandescente est soulevé à plusieurs reprises à une vingtaine de mètres au-dessus du bord déchiqueté du cône du Mihaga; ce mur est animé de mouvements verticaux de va-et-vient, il se déchire et se reforme plusieurs fois avant de retomber dans le cratère.

18 h 30 : Le cône apparaît tout à fait dégagé. Ses 30 m de hauteur lui donnent un profil bien dessiné, après quatre jours d'activité seulement. On distingue la jonction du cône avec la digue de cendrée du Nord.

Incontestablement, gaz et lave sont émis par le tronçon de la fracture majeure enfermé dans le cône.

Ce fait rapproche l'éruption de 1954 de celle de 1948 (H. TAZIEFF, 1951), alors que l'éruption de 1938 se caractérisait par l'échappement des gaz d'un orifice isolé et éloigné du centre d'émission de lave (J. VERHOGEN, 1948).

### 1. Le cône et le cratère du Mihaga.

Avec ses 30 m de hauteur, une longueur de 300 m environ et une largeur variable de 50 à 75 m, le 26 février 1954, quand l'auteur le vit pour la première fois, le cône du Mihaga était déjà imposant.

La situation particulièrement favorable du poste d'observation permet de surveiller de près ce qui se passe à l'intérieur du cratère, partiellement du moins. En effet, on voit en face de soi l'extrémité nord-est du cône (la moins haute, 25 m), déchiquetée par une brèche large d'environ 10 m à la base et de 30 m à la crête, laquelle livre passage à un puissant torrent de lave. Celui-ci vire à angle droit avant de sortir du cône, et vient se briser contre la paroi nord dudit cône, projetant des paquets de lave par-dessus le bord du cratère et arrachant des fragments des parois intérieures. De la lave rouge vif se précipite furieusement dans la brèche et en sort complètement dégazée, en cascade de 4 à 5 m de hauteur qui s'épanche en un torrent de 10 m de large environ vers la plaine (Annexe n° 1 et Photo n° 20; on remarque sur celle-ci la brèche dans le cône du Mihaga, ouverte vers le Nord-Est. A remarquer aussi l'achèvement rapide de la séparation de la phase gazeuse. Au milieu de la photo, la bande claire montre le torrent de lave exempt de gaz).

On constate que le niveau du lac de lave à l'intérieur du cratère varie constamment : ce fait se traduit par des fluctuations du niveau supérieur de la cascade de lave à la sortie de la brèche. La hauteur de chute peut atteindre 15 m, ceci exceptionnellement et momentanément. Aux fortes crues, ce sont d'énormes blocs de cendrées agglutinées enlevés aux parois intérieures que la lave emporte.

Quatre fontaines de lave (voir paragraphe suivant) sont incluses dans le cratère; elles ont été numérotées de 1 à 4 du Nord au Sud. L'intérieur du cratère visible par la brèche est chaotique et il semble que plusieurs cloisons entre les fontaines n° 1 et 2 aient été arrachées.

La fontaine n° 1 se situe au virage du torrent de lave avant qu'il ne s'échappe du cratère. La partie du cône entourant la fontaine n° 2 est légèrement plus haute et d'allure régulière. Son flanc oriental s'élève légèrement vers le Sud, vers celui de la fontaine n° 3, auquel il se soude imparfaitement semble-t-il.

Les deux flancs du cône à la hauteur de la fontaine n° 3 sont plus élevés encore et atteignent une cinquantaine de mètres de hauteur moyenne. Ils sont plus robustes, plus épais. Le flanc ouest est plus bas d'une vingtaine de mètres que le flanc est, dont le sommet s'élève à 75 m au-dessus du torrent de lave. C'est le point culminant du cône du Mihaga qui, à cet endroit, à une forme conique parfaite.

Le cône entourant la fontaine n° 4, plus bas d'une dizaine de mètres, n'est que partiellement visible du poste d'observation. Il apparaît conique également, épais et solide. L'intersection des surfaces coniques des flancs orientaux des cônes englobant les fontaines n° 3 et 4 détermine une dépression profonde et bien marquée. Elle constitue le trait principal de la morphologie du cône, tant à l'Est qu'à l'Ouest.

## 2. Les fontaines de lave du cratère.

Fontaine n° 1. — C'est la plus septentrionale et la plus proche du poste d'observation, et la moins importante. Elle se trouve presque au niveau primitif du sol, au milieu du torrent de lave qu'elle brasse avec violence, au virage de ce dernier avant sa sortie du cône.

Fontaines nos 2 et 3. — Ces deux fontaines sont très puissantes, la n° 3 surtout : de cet endroit semblent provenir les plus terrifiantes explosions. La fontaine n° 2 se trouve à 25-30 m au Sud de la fontaine n° 1 et la fontaine n° 3 à autant de mètres au Sud du n° 2.

Les éjections de ces deux fontaines sont très spectaculaires et très puissantes : elles peuvent être estimées, chacune, au double de celles de la fontaine n° 1. Elles éjectent de la lave avec violence, à la cadence de trois à quatre jets par minute.

Fontaine n° 4. — Cette fontaine, la plus méridionale, se trouve à 25 m environ au Sud de la fontaine n° 3, elle paraît être localisée plus haut que les précédentes. Ses éjections sont extrêmement rapides, continues et se composent de bombes de petites dimensions, de 15 à 20 cm de diamètre. Elle projette environ 50 bombes par seconde suivant des trajectoires inclinées de 45° sur la verticale, et vers l'Ouest, contrairement aux autres fontaines qui projettent leurs éjections verticalement (Annexe n° 1).

## 3. Colonne de gaz.

La colonne de gaz a comme base la surface totale du cratère du Mihaga. Elle s'élève tout droit à une centaine de mètres au-dessus du cratère, sans aucune détente. Compte tenu du fait que la température des gaz (dont 80 % de vapeur d'eau) doit être de 1.200° C (température des laves) à l'orifice, ce fait est remarquable.

L'énergie interne de la vapeur d'eau à 1.200° C doit être énorme; aussi l'absence de toute détente de la colonne de gaz pose-t-elle un problème de réelle importance au point de vue volcanologique.

## 4. Premières mesures.

Les premières observations indiquaient, rappelons-le :

Débit de lave ..... 500 m<sup>3</sup>/sec.

Débit des gaz ..... 12.500 m<sup>3</sup>/sec.

Rapport gaz/lave : 0,18% (en poids).

Le rapport pondéral gaz/lave est donc très petit au début de l'éruption. Ces mesures sont évidemment très approximatives.

Ce débit de lave impressionnant distingue l'éruption de 1954 de celles qui l'ont précédée. En effet, les débits maxima des éruptions de 1938 et de 1948 ont été respectivement de 20 m<sup>3</sup>/sec au Tshambene (J. VERHOOGEN, 1948) et de 100 m<sup>3</sup>/sec au Gituro (A. TAZIEFF, 1951).

**Remarques.** — Le débit des gaz correspondant aux premières explosions qui ont ouvert la fracture majeure devait être considérablement plus élevé que le chiffre correspondant du 26 février. On imagine aisément que le volume de lave émis aux premiers instants de l'éruption a été faible, de sorte que le rapport gaz/lave (poids) a été très grand et théoriquement infini.

On a déjà signalé qu'à un moment donné de la deuxième phase de l'éruption, la lave a été émise par un tronçon de la fracture majeure de l'ordre de 500 m de longueur. Le débit de lave correspondant à cette période devait être impressionnant à en juger par le champ de lave occidental (vers Sake) formé et consolidé en trois jours !

#### 5. Température de la lave.

Les mesures de température effectuées avec la canne pyrométrique dans le torrent principal ouest-est, à 200 m de la brèche, indiquaient 970 (+20° C) à 1.010° C (+25° C) (7).

#### NARRATION (suite).

27 février, 08 h : Pendant la nuit du 26 au 27 février, quelques crues ont dû avoir lieu. Les laves de la troisième phase atteignent par endroits le champ de lave de la deuxième phase.

Le cône n'a pas subi de changements importants. La brèche est mieux formée : ses parois sont plus épaisses. La lave en sort en cascade, comme la veille.

De temps en temps, à la faveur d'une baisse exceptionnelle du niveau du lac de lave, la fontaine n° 1 apparaît très nettement.

08 h 30 : D'énormes paquets de lave sont projetés contre la paroi interne nord du cône et y restent collés. D'autres sont plaqués sur les précédents et la brèche semble se colmater.

08 h 31 : Une crue violente de lave arrache et emporte des fragments de la brèche péniblement colmatée. Le débit est doublé pendant quelques secondes et redevient normal aussitôt après. Le colmatage de la brèche reprend suivant le même processus que précédemment. La nouvelle paroi est arrachée par une nouvelle crue. La lutte entre le colmatage de la brèche et sa destruction se poursuit sans arrêt.

09 h 03 : Un violent cyclone s'établit au pied de la cascade de lave qui s'échappe de la brèche. La colonne de gaz et de poussière ainsi formée s'étire à quelques 75 m de hauteur en tournant à toute vitesse.

(7) Les corrections apportées aux températures des laves résultent de la comparaison des lectures données par le pyromètre optique HORLBORN-KURLBAUM et celles du four électrique du Service Géologique, Bureau de Bukavu. Voir aussi à ce sujet J. VERHOOGEN, 1948, pp. 131 et 132.

09 h 07 : La colonne escalade la pente du cône en soulevant un nuage noir de poussières volcaniques.

09 h 08'32" : Parvenue au sommet du cône, elle est happée par la colonne de gaz du cratère et disparaît.

10 h 10 : Un débordement spectaculaire de lave forme un vaste cône, très plat, à la sortie de la brèche. Celle-ci a été élargie par l'arrachement de ses parois par le torrent de lave.

10 h 35 : Nouvelle crue de lave. Le niveau du lac de lave à l'intérieur du cratère est remonté de 5 m au moins. La hauteur de la chute de lave à la sortie de la brèche est de l'ordre de 10 m et sa largeur de 25 m. Ce débit ne se maintient que pendant quelques secondes et retombe ensuite à  $\pm 500 \text{ m}^3/\text{sec}$ .

Le cône très plat laissé par les laves refroidies du débordement précédent s'est accru à la suite de ce nouveau débordement d'une épaisseur de 1 m environ.

Les projections successives des paquets de lave contre les parois colmatent une fois de plus la brèche. A l'intérieur du cône, on voit s'édifier une cloison séparant la fontaine n° 1 des autres fontaines.

11 h 10 : La brèche colmatée peu à peu cède de nouveau et s'écroule dans un nuage de poussière. Le niveau de la lave atteint à cet instant le sommet de la brèche.

La lave s'étale sur le cône précédent, le déborde et envahit le champ de lave de la deuxième phase.

Les débordements successifs de la lave ont formé immédiatement en aval de la brèche, un vaste cône, très plat, formant bouchon. De ce fait, le niveau du lac de lave à l'intérieur du cratère remontant d'autant, les paquets de lave projetés sont plus volumineux et le colmatage de la brèche est plus rapide.

On devine que, au fur et à mesure que la brèche se referme, le niveau du lac de lave remonte. Ce processus explique les débits énormes de lave consécutifs à l'écroulement de la cloison; trop rapidement élevée, sa résistance est insuffisante pour contenir le volume de lave accumulé à l'intérieur du cratère.

On en déduit que le volume de lave émis par le Mihaga est supérieur à environ  $500 \text{ m}^3/\text{sec}$ , débit constant du torrent principal dirigé vers l'Est.

Le « cône de débordement » (analogue au cône de déjection des torrents), s'accroît après chaque crue. Tandis que l'excès de lave s'étale par-dessus le cône de débordement précédent et sur les terrains avoisinants, le torrent principal s'écoule dans son lit : alors que la lave étalée sous faible épaisseur se refroidit rapidement, la lave du torrent reste à haute température et s'écoule par-dessous le cône formé par les débordements successifs. Ainsi a pris naissance un tunnel permettant à la lave de l'intérieur du cratère de s'écouler maintenant librement vers l'extérieur.

Après la crue de 11 h 10, la morphologie de l'extrémité nord du cône du Mihaga montrait des modifications importantes :

1° le vaste cône de débordement plat et très étalé, de 100 m de diamètre et de 10 à 15 m d'épaisseur bouchait la partie inférieure de la brèche,

2° celle-ci, considérablement élargie par les crues, était rapidement recolmatée sur toute sa hauteur et de ce fait, le cône du Mihaga se présentait pour la première fois, complètement fermé,

3° le tunnel livrait passage au torrent de lave de débit normal de 500 m<sup>3</sup>/sec,

4° au sommet du cône de débordement se formait petit à petit un vaste entonnoir (Annexe n° 2).

Les explosions terribles perdurent dans le cratère. D'énormes paquets de lave passent par-dessus le bord ou s'y accrochent et de ce fait la hauteur du cône augmente rapidement.

16 h 25 : Nouvelle crue de la lave. La brèche est plus large encore, mais presque tout le volume de lave se précipite dans l'entonnoir, tandis que un quart du volume total s'étale sur le cône de débordement qui s'accroît encore.

Le tunnel persiste. La brèche est recolmatée rapidement.

17 h 15 : Nouvelle crue et ses conséquences. Le tunnel persiste. La brèche est recolmatée rapidement.

17 h 35 : Des fissures rougeoyantes parcourent la paroi fraîchement édifiée à l'endroit de la brèche puis, brusquement, un quart du cône de la fontaine n° 1 est emporté par un fleuve furieux de lave.

Lorsque le calme se rétablit et que la nouvelle couche de lave s'est consolidée, on se rend compte que le tunnel a résisté. L'entonnoir est plus important : des blocs de la paroi, de 50 m<sup>3</sup> environ, y passent actuellement.

La brèche est recolmatée rapidement.

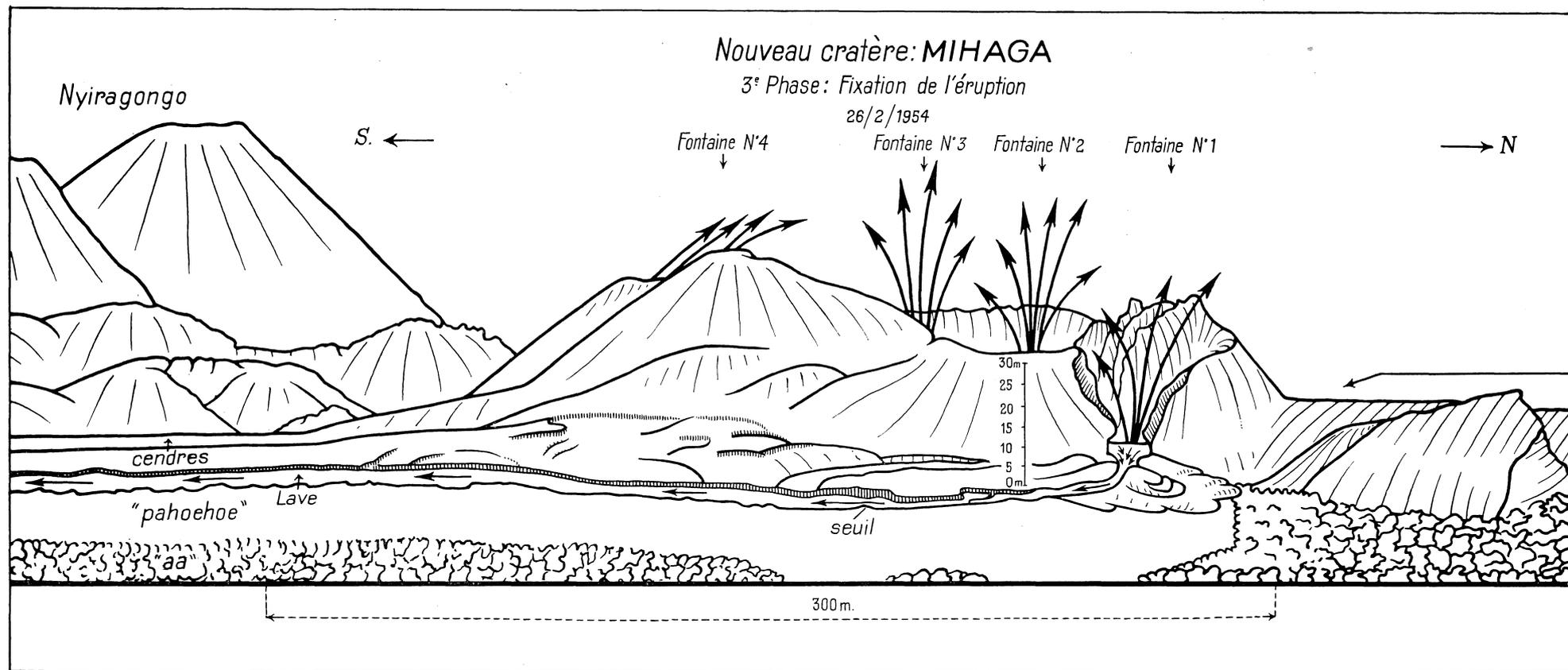
24 h : Aucun événement ne s'est produit depuis 17 h 35. Le cône est de nouveau complètement fermé.

28 février, 07 h : Rien à signaler. Le cône s'est épaissi et la brèche semble être définitivement colmatée.

Une colonne de gaz s'élève verticalement, sans détente, à plusieurs centaines de mètres. *Des flammes vertes, fugitives*, apparaissent çà et là sur les flancs de cette colonne. Une fumée bleu terne se dégage du gouffre de l'entonnoir, toujours présent ainsi que le tunnel.

Le débit de lave se maintient à  $\pm 500$  m<sup>3</sup>/sec.

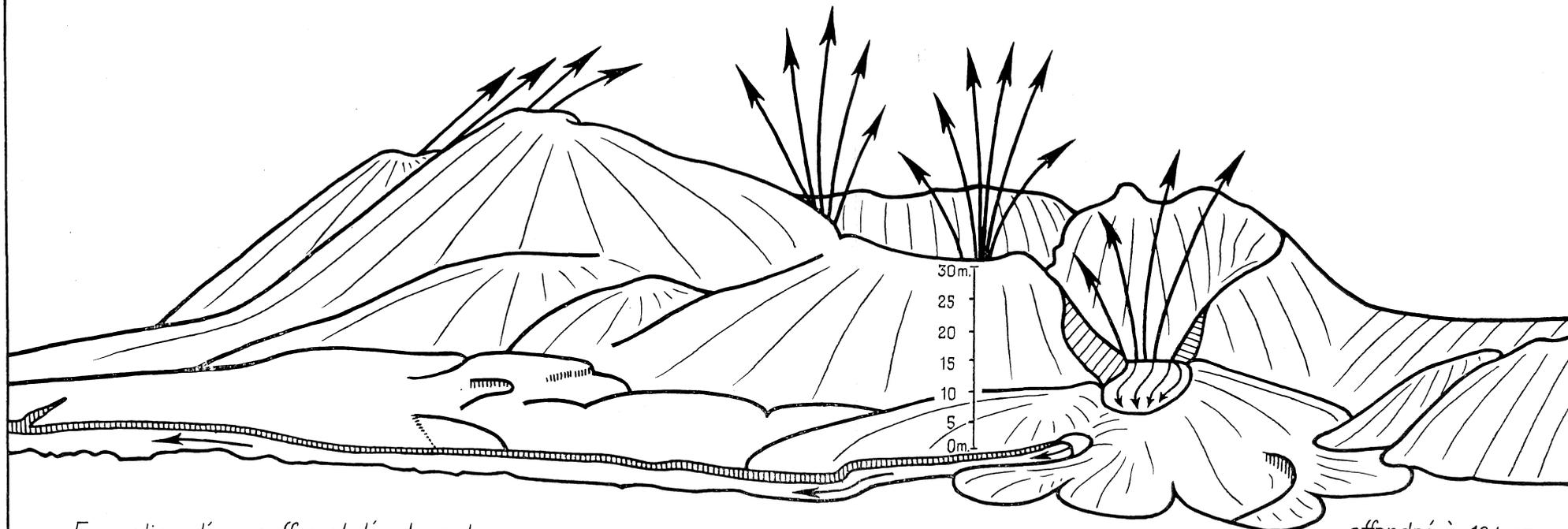
Les journées du 1<sup>er</sup> au 4 mars ont été consacrées à la visite de la caldère du Nyamuragira.



ANNEXE n° 1.

Evolution du cratère **MIHAGA**

27/2/54 à 11h.27'

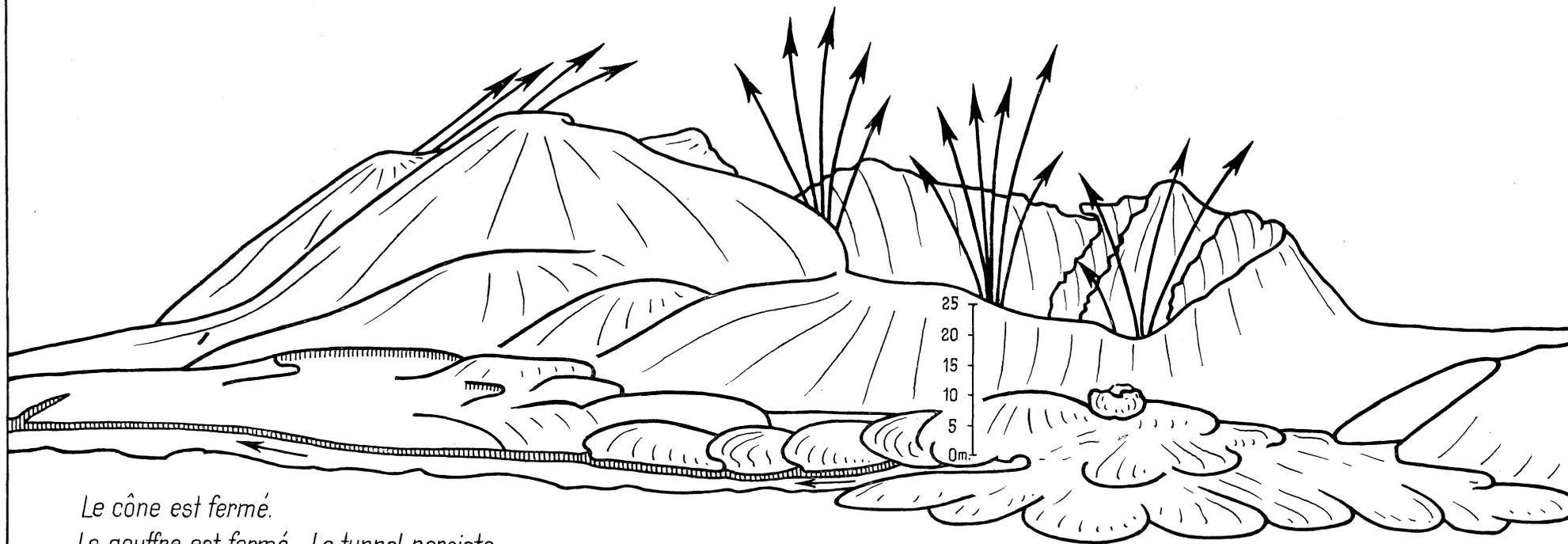


Formation d'un gouffre et d'un tunnel.

effondré à 12 h.07'

*Evolution du cratère MIHAGA*

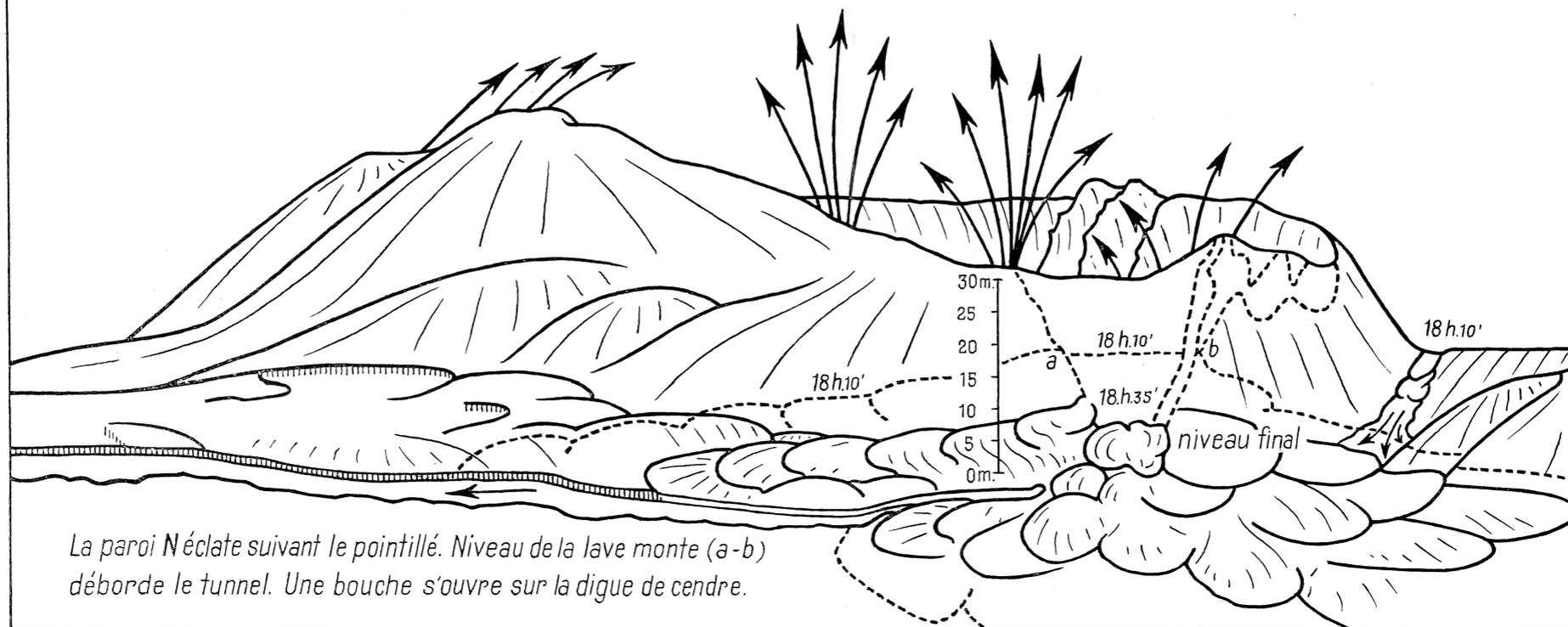
*5/3/54 à 8 h.*



*Le cône est fermé.  
Le gouffre est fermé. Le tunnel persiste.*

## Evolution du cratère MIHAGA

5/3/54 entre 18h. et 18h.35'



5 mars, 08 h : D'importants changements se sont produits pendant l'absence de l'auteur, mais le colmatage de la brèche et le tunnel subsistent. Le cône du Mihaga reste complètement fermé. Un énorme bloc de lave consolidée bouche l'orifice du gouffre (Annexe n° 3).

Quelques débordements du torrent de lave se sont produits par-dessus les laves de la deuxième phase. Ils sont parvenus jusqu'au petit cratère ancien sur lequel est établi le poste d'observation.

L'activité à l'intérieur du cratère est très violente. Les quatre fontaines n'ont pas changé de place et se distinguent nettement. Des éperons de lave tendant à les séparer s'édifient rapidement puis s'écroulent dans un nuage de poussière noire que les gaz emportent très haut.

18 h : Un événement sensationnel a lieu : la paroi du cratère éclate, la brèche s'ouvre et un mur de lave jaune clair porté à plus de 1.000° C et de 20 m de haut, se précipite sur le cône de débordement. Une poussière dense voile cet épisode.

18 h 10 : Une nouvelle bouche d'émission s'ouvre à la jonction du cône du Mihaga et de la digue nord. De la lave s'épanche vers l'Est et vers l'Ouest (Annexe n° 4).

18 h 35 : Ce qui subsiste de la paroi nord du cône est une sorte de pic qui s'écroule à son tour sous une nouvelle poussée de lave. Le cône de débordement est devenu énorme.

La voûte du tunnel s'effondre brusquement, séparant en deux tronçons le cône de débordement. Les deux demi-cônes liquides se déversent dans le torrent de lave en formant des cascades.

La lave du cône de débordement s'est étalée maintenant jusqu'au poste d'observation, à environ 250 m de distance de la brèche. Elle se fige rapidement mais reste rougeoyante pendant quelques minutes encore. L'emplacement du tunnel persiste.

6 mars : Malgré de violentes explosions nocturnes, le cône n'a pas subi de changements appréciables. La brèche a tendance à se refermer.

8 h 30 : Nouvelle poussée de lave, ouverture de la brèche, puis nouveau colmatage.

9 h 15 : Un muret s'édifie derrière la brèche. Les paquets volumineux de lave qui viennent s'y coller l'élèvent rapidement (Annexe n° 5).

9 h 50 : La brèche est complètement fermée par ce barrage qui atteint 30 m de hauteur.

9 h 58 : Un nuage de poussière s'élève de l'intérieur du cratère et le barrage, légèrement ébranlé, est parcouru de fines nervures rouges.

Soudain, tout est emporté par un front de lave de 30 m de hauteur, s'avancant à la vitesse de 10 à 20 m par seconde. Cette lave semble très

fluide et sa température passe progressivement de  $1.100^{\circ}\text{C}$  ( $+25^{\circ}\text{C}$ ) à  $980^{\circ}\text{C}$  ( $+20^{\circ}\text{C}$ ). Elle atteint le poste d'observation qui ne se trouve plus qu'à 2 m de distance et à 5 m au-dessus d'elle.

La bouche d'émission qui s'était ouverte la veille à 18 h 10, au Nord du cône, à sa jonction avec la digue nord, s'ouvre à nouveau et déverse en abondance sa lave vers l'Est et vers l'Ouest.

Des vapeurs bleues voilent légèrement le spectacle.

10 h 16 : Toute la lave émise au cours de cet événement impressionnant est maintenant figée. Le débit est redevenu normal et le niveau de la lave à la sortie du tunnel s'est abaissé à son niveau habituel qui est remarquablement constant.

L'annexe n° 6 schématise un nouvel éclatement de la paroi du cône à 12 h.

#### Remarques.

1° Il semble donc évident que les crues de la lave ne sont pas dues à une variation de son débit, mais qu'elles résultent uniquement de son accumulation dans le cratère consécutivement à la formation des cloisons internes et des colmatages qui cèdent ensuite sous sa poussée. La périodicité de ces événements est remarquable, depuis le début de la troisième phase.

2° Le cône de débordement est encore plus vaste. Le gouffre est devenu suffisamment grand pour recevoir toute la lave débitée par le cratère. La chute à la sortie du cratère a 5 m de hauteur et la largeur du torrent y est d'environ 15 m. La vitesse d'écoulement de la lave est de l'ordre de 10 m/sec.

3° Le fleuve de lave est resté dans son lit; ses berges légèrement bombées sont à 25-30 cm au-dessus du niveau de la lave; sa largeur est encore d'une dizaine de mètres. Sa profondeur doit aussi être d'une dizaine de mètres, alors que celle des fleuves de lave des éruptions précédentes était plus modeste.

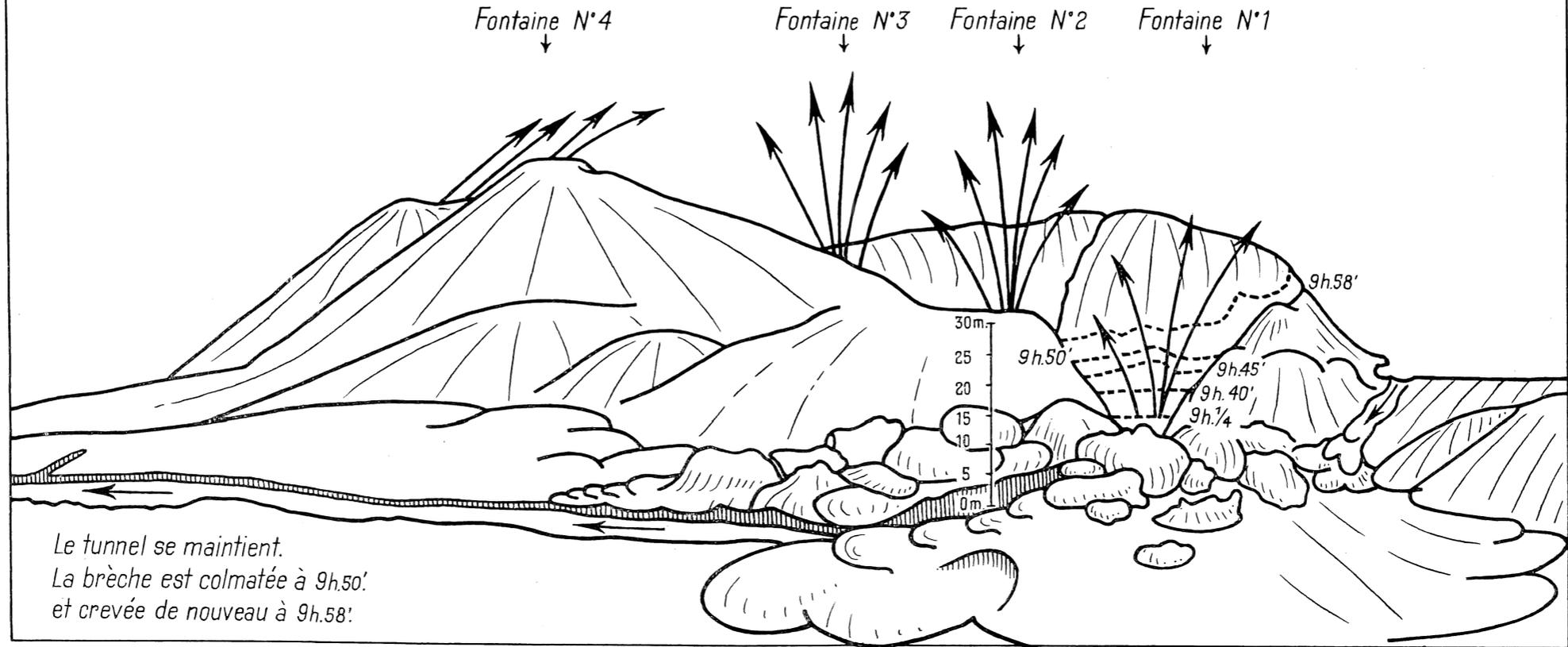
4° Ce fleuve s'écoule sur une pente extrêmement faible, de l'ordre de 30'.

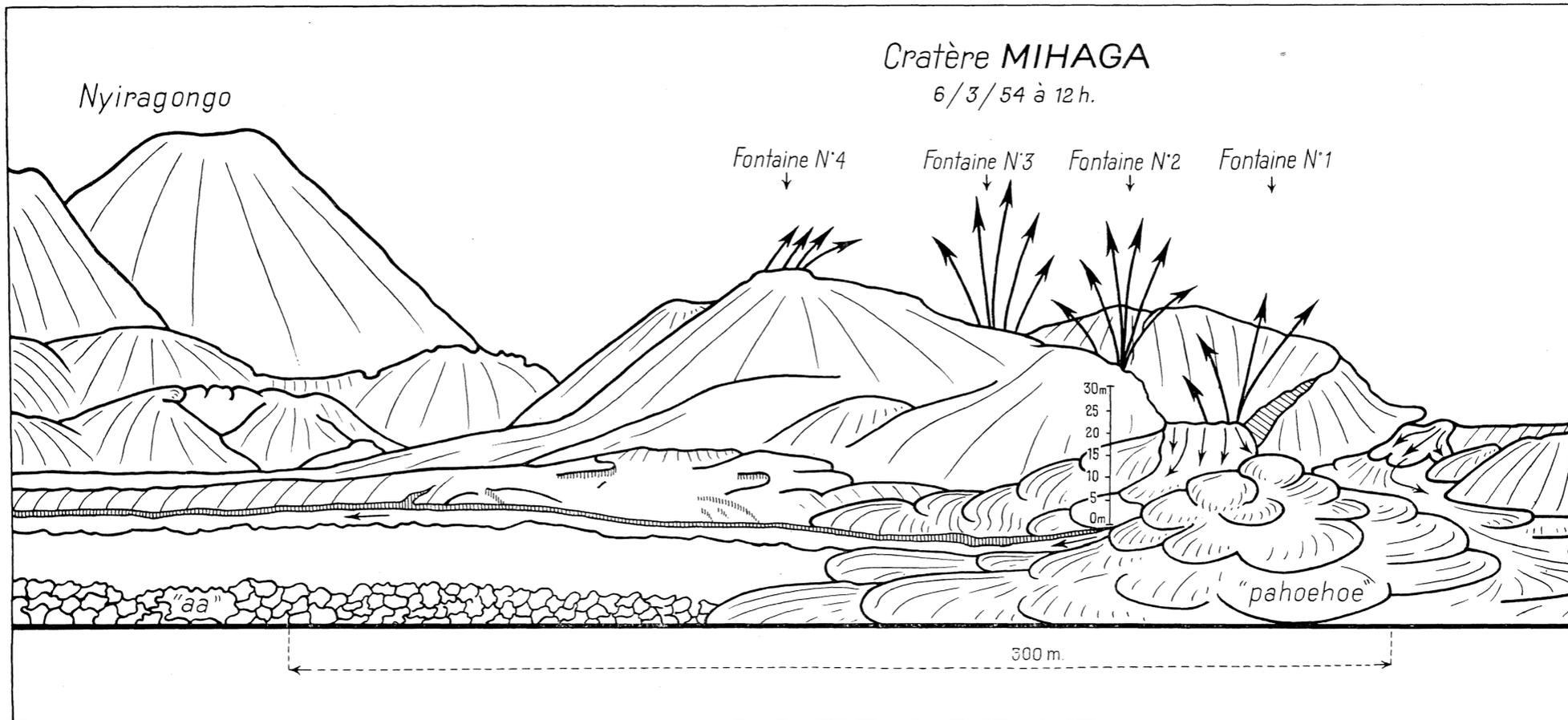
Après le 6 mars, l'éruption reste très violente mais ses organes ne subissent que peu de modifications. Le cône est complètement refermé, une épaisse cloison sépare les fontaines n<sup>os</sup> 1 et 2 et la lave sort par le tunnel qui semble définitivement établi. Le fleuve de lave a atteint environ 15 m d'épaisseur, soit 5 m de plus que le niveau initial. La hauteur du cône déterminée par un levé tachéométrique de J.-Cl. DE BREMAECKER s'établit à 60 m au-dessus de sa base. Compte tenu de l'épaisseur de la lave, sa hauteur serait de 75 m au-dessus de la surface initiale.

Les cendres occupent une aire plus étendue que précédemment. Elles ont enseveli de faibles reliefs au Sud-Est et à l'Est du cône et, partiellement, le gouffre qui s'était créé le 5 mars à 18 h 10' à la jonction de la digue du Nord et du cône du Mihaga.

# Evolution du cratère MIHAGA

6/3/54 à 8h.





A 10 km du centre d'émission, le front de la lave est complètement immobilisé. Ce n'est qu'à 5 km en amont que l'on rencontre de la lave en mouvement. Ce champ de lave a environ 4 km de largeur et comble progressivement les dépressions.

L'extrémité des coulées forme des « boudins » tandis que latéralement, le long des berges, la lave solidifiée et repoussée par la lave en mouvement, se débite en dalles d'environ 1 m<sup>2</sup> qui sont basculées par-dessus les berges. Ces digues de laves chaotiques sont d'approche difficile et dangereuse.

Le 13 mars, vers 18 h 15 la digue du fleuve de lave cédait et de la lave liquide se déversait vers le Nord (Fig. 2) en cascades bien alimentées.

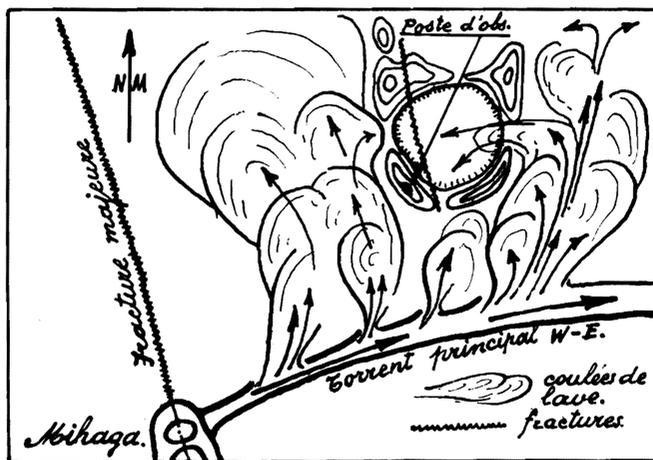


FIG. 2. — Encerclement du poste d'observation.

La rupture de la digue et l'écoulement de la lave se sont poursuivis pendant toute la nuit du 13 au 14 mars, jusqu'à dépasser le cratère du poste d'observation et la voûte du fleuve principal. Sa progression est lente. Il s'élargit en même temps par des débordements latéraux jusqu'à atteindre 20 à 30 m en quelques jours. La lave liquide occupe l'axe de cette masse. Périodiquement, un flot de lave puissant se détache du front de la coulée. L'ensemble gonfle alors dans toutes les directions et progresse lentement jusqu'à un nouveau bond en avant. L'encercllement du poste d'observation se poursuit sans arrêt.

Le 14 mars, le bras nord a nivelé le champ de lave ancienne et passé par-dessus le champ de lave de la deuxième phase. Il s'est légèrement incurvé vers l'Est et s'est dédoublé en un deuxième bras est-ouest qui

recouvre également les laves de la deuxième phase. Cette deuxième coulée a un front de 2 à 3 m de hauteur; elle progresse à contrepente et est alimentée par un torrent dont le débit (estimé le 23 mars) est de 80 à 120 m<sup>3</sup>/sec.

A 18 h 30, elle déborde largement vers le poste d'observation par-dessus l'accumulation des dalles. Il est à remarquer que ces débordements latéraux ne s'étaient pas produits lors des éruptions précédentes.

Les deux fleuves de laves (est-ouest et nord-est) ont pris de plus en plus la forme de voûtes surbaissées. Dans l'angle aigu formé par les deux voûtes s'est créé une vaste dépression. La hauteur de la voûte principale est maintenant suffisante pour empêcher toute observation dans la zone sud et sud-est du cratère.

#### Observations.

1° L'activité générale du Mihaga reste « très forte ». Cependant elle s'accroît progressivement dans la soirée et le maximum de violence est atteint vers 23 h et perdure jusqu'à 9-10 h du jour suivant.

2° L'intensité des sifflements des gaz dus aux obstructions passe régulièrement de « normal » à « très aigu » avec une périodicité de trois à cinq par minute, tant de jour que de nuit. Aux sifflements « très aigus » succèdent deux ou trois explosions, mais on ne peut affirmer que sifflements et explosions sont issus d'un même orifice, bien que cela soit probable.

16 mars, 08 h 11 : Une langue de lave se détache du bras nord-est et se dirige vers la brèche est du petit cratère du poste d'observation.

12 h 00 : La fontaine n° 1, isolée du reste du cratère et dont l'activité était très faible jusqu'à cette date, entre dans une phase de violente activité, caractérisée par d'abondantes éjections dont les deux tiers au moins sont expédiés hors du cratère jusqu'au-delà du pied du cône.

La paroi interne séparant la fontaine n° 1 des fontaines n°s 2 et 3, violemment bombardée, commence à s'ébrécher.

12 h 10 : Une énorme quantité de fumée s'élève du petit cratère du poste d'observation.

La langue de lave détachée du bras nord-est à 8 h 11 a pénétré au centre de ce cratère et s'écoule en une chute de 20 m environ dans la grande fissure ancienne (Fig. 3). Le phénomène a pu être observé de l'intérieur même du cratère ou du poste d'observation à 1 ou 2 m de distance et à 5 m au-dessus du torrent de lave, dans des conditions exceptionnelles. Le torrent de lave se divise en deux bras.

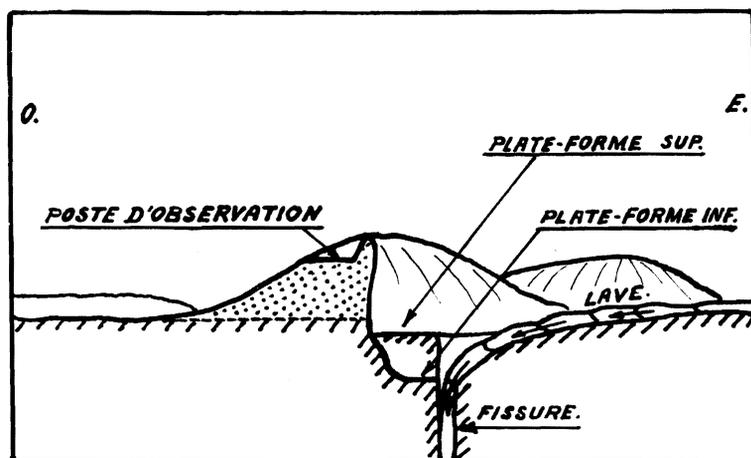


FIG. 3. — Envahissement du poste d'observation.

Les observations suivantes ont été effectuées avec une grande exactitude :

*Premier bras :*

largeur : 4 m 12 (mesure effectuée sur un tronc d'arbre basculé),  
 pente : 30°,  
 vitesse d'écoulement : 0,25 m/sec (mesurée entre repères),  
 épaisseur : 0,50 m, d'où un débit de 0,5 m<sup>3</sup>/sec,  
 température : 975° C (+20° C).

*Deuxième bras :*

largeur : 3 m,  
 pente : 45° au début et 75 à 80° à la fin de l'émission,  
 vitesse d'écoulement : 0,75 m/sec (les différences de pente entre le début et la fin de l'émission n'ont pas sensiblement influencé la vitesse d'écoulement),  
 épaisseur : 0,75 m, d'où un débit de 1,7 m<sup>3</sup>/sec,  
 température : 995° C (+20° C).

15 h 11 : La fracture est comblée et la lave monte très lentement à l'intérieur du cratère. Le débit total a été de 0,5+1,7=2,2 m<sup>3</sup>/sec. Entre 12 h 10 et 15 h 11, soit en trois heures une minute (ou 10.860 sec), la fissure a absorbé un volume de lave de  $10.860 \times 2,2 = 24.000$  m<sup>3</sup> environ.

Les dimensions de la fissure étaient :

longueur : 50 m (à l'intérieur du cratère),  
 largeur : 1 m.

En supposant ces dimensions constantes, la profondeur de la fissure ancienne serait donc de l'ordre de 500 m. Les tronçons extérieurs au cratère de cette même fissure avaient déjà été comblés par les laves de la deuxième et de la troisième phase.

23 h 30 : Violente explosion émettant un bruit inaccoutumé : celui du bois sec brusquement cassé.

17 mars (Annexe n° 7) : Vers 03 h du matin, la lave émet une quantité anormale de gaz. Elle est éblouissante (environ 1.200° C).

La cloche formée au-dessus du tunnel a crevé et une deuxième cloche s'est formée au-dessus du bras nord-est du 13-14 mars.

07 h 00 : Feu de brousse et incendie de forêt à environ 200 m au Sud du camp. La piste qui joint le camp au poste d'observation est coupée par la lave. On en établit une autre, plus au Nord.

08 h 00 : Le niveau de la lave à l'intérieur du petit cratère du poste d'observation s'est encore élevé de 5 m pendant la nuit. Deux autres langues de lave se détachent encore du bras nord-est, en direction ouest.

L'une comble la dépression entre le petit cratère du poste et le champ de lave de la deuxième phase. L'autre, plus importante, remonte ce champ en progressant lentement à la vitesse de 0,60 m/minute.

12 h 10 : De la lave débordant du torrent principal est-ouest se dirige vers le poste d'observation, maintenant encerclé de deux côtés à la fois.

14 h 37 : Abandon du poste d'observation où la situation est devenue intenable.

20 h 00 : Activité générale « en hausse ».

18 mars : Activité « normale ».

A l'Ouest de la digue nord, le champ de lave épanché le 6 mars le long de cette digue est encore très chaud et sa croûte extérieure, très fragile, se brise sous les pieds. La lave est à surface continue (« pahoehoe »).

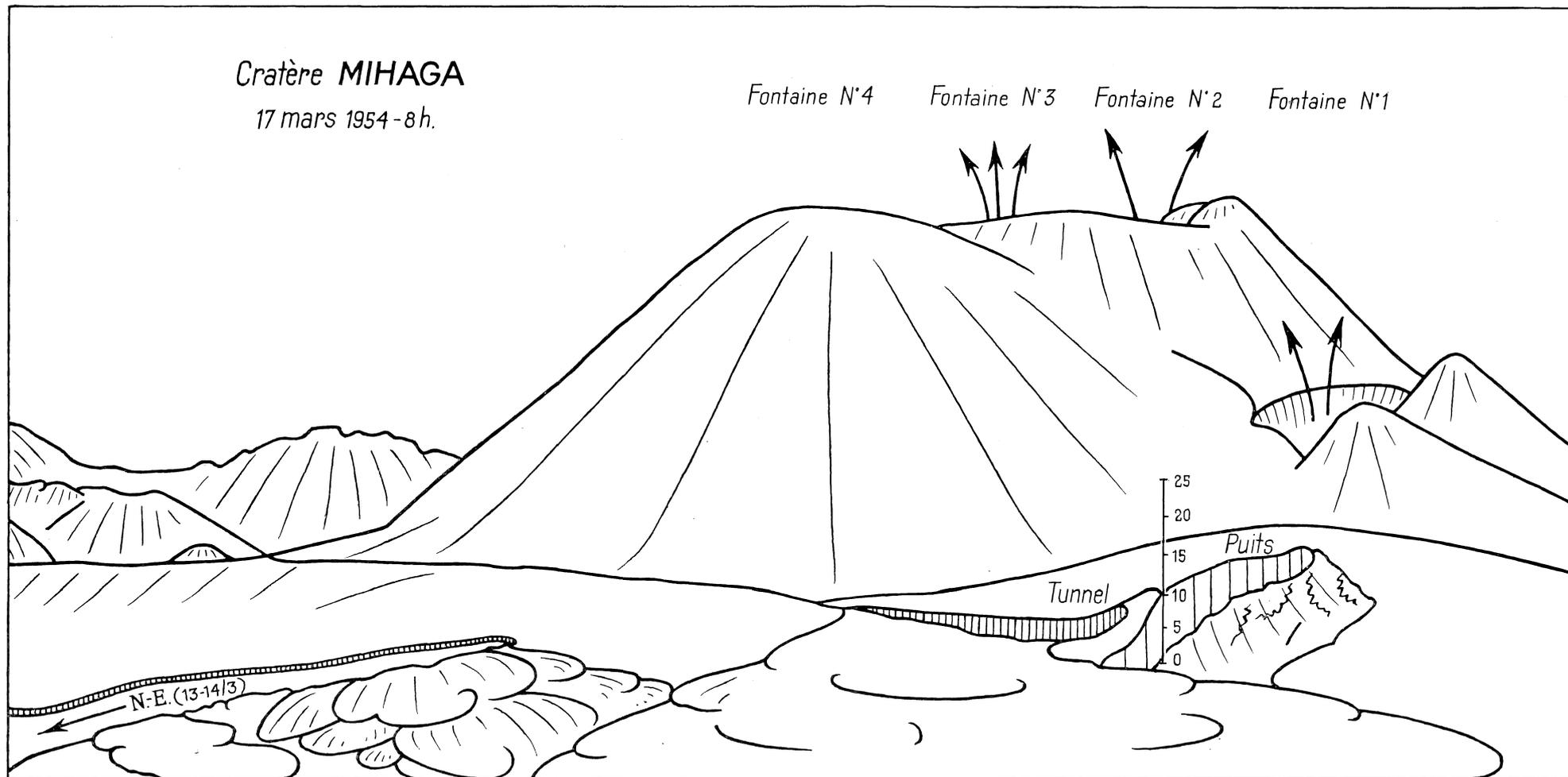
Le bras nord-est a coupé la nouvelle piste du poste et une autre est recherchée encore plus au Nord. La piste de ravitaillement venant de l'Est est également coupée.

19 mars : Activité nocturne très forte, redevenant normale le matin. La lave est arrivée à 20 m du camp.

11 h 31 : Un gouffre cylindrique s'ouvre au Nord du poste d'observation. Il s'en dégage une épaisse colonne de fumée.

Cratère MIHAGA  
17 mars 1954 - 8h.

Fontaine N°4    Fontaine N°3    Fontaine N°2    Fontaine N°1



20 mars, 03 h 00 : Explosions fréquentes et terrifiantes. Débordement à la sortie du tunnel et crevaison de ce qui reste de la cloche au-dessus du tunnel. Un « puits » s'est ouvert à l'endroit où a eu lieu la première crevaison.

Les débris résultant de la première crevaison se déplacent vers le Nord-Est en écrasant et en repoussant le « puits » qui semble glisser sur la pente.

11 h 05 : La lave du débordement de 03 h qui a progressé pendant la matinée, se fige. Le poste d'observation n'est plus accessible que par une crête étroite de 0,5 m et longue de 2 m, sur la coulée figée. Tout danger a cependant disparu. La lave, encore rouge-cerise, forme de gros boudins et d'énormes coussins qui supportent facilement le poids d'un homme.

19 h 00 : Projections abondantes s'élevant à 50-75 m de hauteur. On observe parfois de fines bombes de quelques centimètres qui restent suspendues pendant quelques instants dans la colonne de gaz comme des balles de cellulose dans un jet d'eau.

Les gaz sont formés pour un tiers de gaz brun et pour deux tiers de vapeur d'eau.

## II. — OBSERVATIONS SUR LES LAVES.

Pendant toute la première période de la troisième phase, jusqu'au 20 mars, les laves purent être étudiées dans des conditions très favorables. Les torrents étaient généralement d'approche très facile.

### 1. Température de la lave.

Au début de l'éruption les mesures avaient donné  $\pm 1.000^{\circ}\text{C}$  (970 à  $980^{\circ}\text{C} + 20^{\circ}\text{C}$  de correction).

Ces températures ne représentent cependant pas la température réelle de la lave vive. En effet, vue de très près (à 1 m de distance), dès sa sortie du tunnel ou d'une voûte, la surface se refroidit quasi instantanément et se recouvre d'une fine pellicule qui la ternit. Après 2 à 3 minutes d'écoulement, cette pellicule forme une croûte assez flexible qui se frippe et ressemble à une peau d'éléphant, puis devenant plus rigide, elle s'accroche aux berges du chenal d'écoulement. A une dizaine de mètres, elle se fixe ou bien se brise en fragments. Ceux-ci se redressent et se renversent en laissant réapparaître le magma frais.

Ce mécanisme explique bien l'apparition de taches éblouissantes à la surface du torrent. La température mesurée sur ces taches dépassait toujours  $1.000^{\circ}\text{C}$  ( $+20^{\circ}\text{C}$ ). Il s'ensuit que les températures mesurées sur la lave déjà recouverte d'une pellicule solide, si mince soit-elle, sont entachées d'erreurs.

Par contre, prise pour ainsi dire « à bout portant », au sortir d'une voûte, à 250 m du centre d'émission, la température de la lave vive, sans

pellicule d'aucune sorte s'élevait à  $1.200^{\circ}$  C. Les températures mesurées sur les taches, comme il est dit ci-dessus, étaient donc encore trop basses, la pellicule ayant eu le temps de se reformer pendant le temps de réglage du pyromètre.

## 2. Vitesse d'écoulement de la lave.

L'encroûtement de la surface des coulées constitue également un obstacle à la mesure exacte des vitesses d'écoulement.

La vitesse du magma liquide sous la croûte est nettement supérieure à celle de la croûte elle-même. Elle peut varier du simple au double.

Les mesures effectuées le 16 mars sur les langues du bras nord-est qui se déversaient dans la fissure du cratère du poste d'observation (voir p. 31) ont donné, entre deux repères distants de 10 m exactement :

Vitesse de la lave rouge avec fine pellicule : 20 sec, soit 0,50 m/sec.

Vitesse de la lave encroûtée avec fine pellicule : 41 sec, soit 0,25 m/sec.

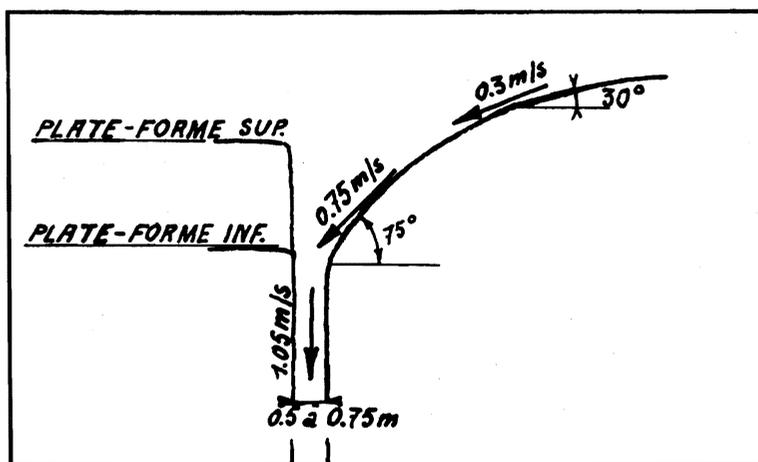


FIG. 4.

Vitesse d'écoulement de lave en fonction de la pente.

Dans le même cratère du poste d'observation, l'auteur a aussi mesuré les vitesses d'écoulement en fonction de la pente sur la lave s'engouffrant dans la fissure (voir Fig. 4) en notant les temps de déplacement d'un bloc de lave solidifiée d'environ  $1 \text{ m}^3$  flottant sur la lave liquide :

Pente de  $30^{\circ}$ , vitesse d'écoulement : 0,25 à 0,30 m/sec.

Pente de  $75^{\circ}$ , vitesse d'écoulement : 0,75 m/sec.

Pente de  $90^{\circ}$ , vitesse d'écoulement : 0,90 à 1,20 m/sec.

Si l'augmentation de la vitesse en fonction de la pente est évidente dans le cas précédent, il ne faut pas pour autant oublier l'influence d'autres facteurs tel que la viscosité.

Par exemple, sur une pente de  $5^\circ$  environ, l'auteur a mesuré une vitesse de 1,20 m/sec. Le torrent principal ouest-est d'ailleurs, est caractérisé par une vitesse de 10 m/sec sur une pente de  $30'$ .

Des mesures de viscosité semblent impossibles à réaliser sur place en raison de la variation rapide des nombreux facteurs qui interviennent dans cette viscosité, tels que le degré de séparation des phases liquide et gazeuse et la température.

### 3. Progression de la lave devant un obstacle (Fig. 5).

a) Sur une pente généralement quelconque, la progression de la lave devant un obstacle se fait par une sorte de « roulement » et « d'expansion » de « paquets » de lave.

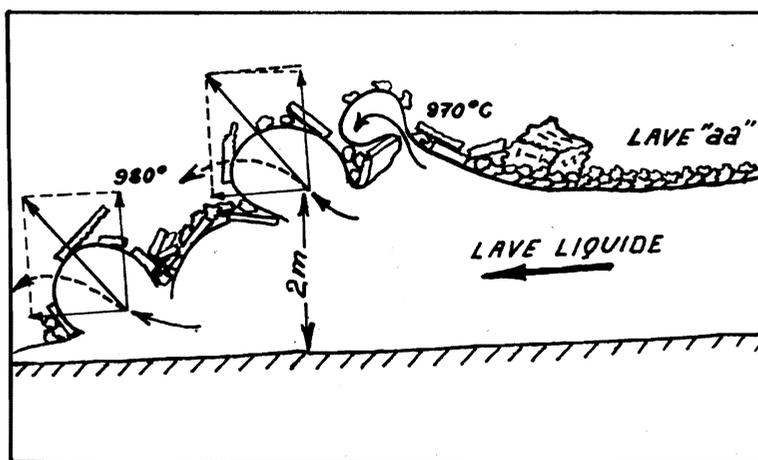


FIG. 5. — Progression d'une coulée de lave.

Devant un obstacle vertical un « paquet » de lave s'écrase et la lave liquide s'en échappe pour s'épancher latéralement en encerclant l'obstacle. Ensuite la composante verticale de l'expansion agit seule. Par l'écrasement de « paquets » successifs, la lave grimpe sur l'obstacle, s'élargit et finit par le franchir. C'est ainsi qu'un obstacle de 4 m de hauteur a été franchi en 8 h sous les yeux de l'auteur. De part et d'autre de l'obstacle, le courant de lave s'était dédoublé pour donner naissance à deux nouveaux bras.

Le mécanisme de la progression de la lave explique que l'épaisseur de la lave en écoulement va en augmentant de l'amont vers l'aval. Ainsi,

l'épaisseur de la lave de la deuxième phase qui était d'environ 0,50 m initialement, atteignait 2 à 3 m à 500 m en aval, sur une pente de 7 degrés. De même, la lave du torrent est-ouest de la troisième phase, de simple lame au départ, atteignait une épaisseur semblable à 300 m en aval.

Le même processus explique l'élévation progressive du niveau de la lave à l'orifice de sortie du cratère, lequel se trouve actuellement 15 à 20 m au-dessus du niveau du début de l'éruption. En effet, le front de lave consolidée constituant un obstacle, à un moment donné, oblige le niveau général de remonter de l'aval vers l'amont avant que la coulée puisse reprendre sa progression. Quand la progression du bras nord-est cessa au voisinage de la route de Goma à Rutshuru, le niveau général monta progressivement.

b) L'obstacle constitué par un tronc d'arbre a été souvent décrit (A. LACROIX, La Réunion). Certains bras de lave se sont arrêtés devant un arbre couché. Pendant que la lave remontait le tronc, deux bras le contournaient et ne se rejoignaient qu'après un parcours de 0,75 à 1,00 m. Il fallait plusieurs jours avant que l'arbre soit consumé en laissant subsister une cheminée ou un boyau.

#### 4. Morphologie des laves.

L'auteur n'a observé nulle part de coulée du type « en graton » ou « aa » qui ne soit en connexion avec des laves du type « à surface continue » ou « pahoehoe ».

L'accumulation chaotique de gratons, semblable à un champ de coke ou de mâchefer lui a paru résulter généralement de la trituration et de rebroyages successifs des croûtes à surface continue.

Le bruit métallique qui accompagne la progression des laves semble résulter de cette trituration. L'étalement des fragments produit alors les laves en gratons.

Au voisinage de tous les cratères d'émission (4 au Mihaga, 35 le long de la fracture majeure) ce sont toujours des laves à surface continue qui se sont épanchées. Quand l'écoulement et le refroidissement sont lents, la lave forme des dalles lisses ou des surfaces largement ondulées.

La lave chaotique morcelée en gratons n'apparaît qu'à des dizaines, des centaines, voire des milliers de mètres en aval<sup>(8)</sup>. On la trouve généralement aux virages, au-dessus des ruptures de pente et dans les grandes coulées à progression très rapide, comme la coulée principale est-ouest, mais jamais au front des coulées (T. A., JAGGER, 1917).

Quand une coulée en gratons arrive à être percée par de la lave fraîche, celle-ci s'épanche en donnant des surfaces continues, parfois cordées.

(8) A 100 ou 200 m des cratères éphémères de la fracture majeure.

Par ailleurs, la texture de la lave se modifie de la surface vers la profondeur, comme l'auteur a pu le vérifier en examinant des fissures béantes et profondes.

On a successivement :

- a) en surface, sur 1 cm environ, du verre en fines lamelles résultant du refroidissement brusque et de l'étirement de la lave;
- b) 10 à 15 cm de lave très vésiculaire;
- c) 20 à 30 cm de lave de moins en moins vésiculaire;
- d) de la lave compacte à vésicules rares.

De la lave cordée, formée sur une pente de 10 degrés environ, a constitué deux coulées détachées du torrent principal, se dirigeant au Nord, le 27 mars, à la fin de la troisième phase (Carte n° 4).

A l'intérieur du cratère du poste d'observation, la surface de la lave était lisse et légèrement bombée.

Ces coulées ont recouvert le champ de lave en gratons de la deuxième phase qui avait été émis par les cratères éphémères de la digue nord.

La lave de la deuxième phase, coincée entre la digue sud et l'ancien cratère situé immédiatement à l'Est de cette digue, est également à surface continue.

Les débris de lave en fragments de 0,05 à 0,50 m ont formé parfois des amas de 2 à 5 m de hauteur. La température qui y atteignait 900 à 1.000° C (+20° C) au début s'abaissait progressivement. Les débris constituant ces espèces de fours naturels se sont oxydés en prenant des tons de brique cuite. Cependant, le long du tronçon n° 1 de la fracture majeure, dans un de ces fours, la lave a été refondue. Ce phénomène implique que les gaz et les flammes fusant de la fracture majeure, au début de la deuxième phase ont dû atteindre des températures de l'ordre de 1.300° C (T. A. JAGGER, 1917).

En conclusion, ce sont les efforts mécaniques s'exerçant sur les croûtes déjà consolidées qui semblent être les facteurs essentiels de la dislocation de ces croûtes et de la formation des champs de lave en gratons. Dès que ces efforts mécaniques sont relaxés, la lave restée liquide en surface, se consolide en surfaces continues, que ce soit près du centre d'émission ou à des distances considérables en aval.

##### 5. Séparation de la phase gazeuse.

La séparation de la phase gazeuse est presque complète à la sortie du cratère (Photo n° 20). Cependant une légère fumée bleu terne se dégage de tous les torrents de lave qui ont donc retenu une faible fraction de gaz (environ 0,5 à 1 %). Les analyses chimiques montrent qu'il n'y a guère de différence entre les quantités de gaz retenues dans les laves à surface continue et les laves en graton (C. A. COTTON, 1944).

## CHAPITRE IV.

**PHASE PAROXYSMALE** (20-23 mars).

## I. — NARRATION ET DESCRIPTION.

20 mars : Pendant la journée rien ne préluait à une activité particulière. Au front d'encerclement du poste d'observation, la température de la lave maintenant immobilisée, s'élevait encore à 870-890° C (+20° C). Les éjections de la fontaine n° 1 accusaient une température de 940° C (+20° C) et la température de la lave vive, mesurée au fond d'une fissure, était de 1.120° C (+25° C).

L'activité générale du Mihaga était en hausse depuis 20 h comme de coutume, et les explosions violentes reprenaient peu à peu.

Vers 22 h, rien de particulier n'était à signaler du poste d'observation.

22 h 33 : une vive lueur, légèrement voilée par des gaz abondants, surgit à la sortie du tunnel et se propage rapidement vers l'Est : c'est une crue de lave. Elle déborde bientôt des berges des deux torrents ouest-est et nord-est et remplit la dépression qui les séparait, formant ainsi un lac de lave très fluide, triangulaire, de 100 m de base et de 100 m de hauteur environ. Un de ses sommets touche, au pied nord-est du cône de cendres, le tunnel qui alimentait les deux torrents de lave.

La surface jaune clair de ce lac était agitée par d'innombrables petites fontaines projetant de la lave jusqu'à 5 m de hauteur. Des flammes bleu électrique apparaissaient çà et là, courant parfois à la surface de la lave.

22 h 55 : Le lac continue à être alimenté : on voit la lave éblouissante sortir du tunnel, entrer par le sommet du triangle formé par le lac de lave et s'avancer vers le milieu du lac où elle s'étale. La lumière aveuglante empêche toute observation.

L'énorme quantité de gaz qui accompagne cet épanchement est surprenante : c'est une véritable « bouffée » qui persiste depuis 22 h 33.

Il est possible que le débit de lave n'ait pas changé mais que la quantité inhabituelle de gaz ait transformé la lave en une émulsion, ce dont témoignent sa fluidité et les flammes qui la parcourent.

23 h 17 : le lac se ternit, sa surface se couvre d'un réseau de veines rouges, et bientôt il disparaît sous une croûte noire qui, ensuite, va donner naissance à une vaste voûte en forme de bouclier.

Le bras de lave nord-est débouche maintenant d'un tunnel qui lui est propre, à 40 m environ au Sud-Est du poste d'observation et à 250 m au Nord-Est du cône du Mihaga.

Les températures de la lave, relevées à la sortie du tunnel, sous la voûte, indiquaient : 1.200, 1.210, 1.200, 1.200° C (sans correction). La lave y était blanche, et sa surface ne présentait ni pellicules ni taches ternes.

Pour la première fois, dans ce cas exceptionnellement favorable, la température réelle de la lave a pu être mesurée : elle est de 1.200° C.

La figure 6 schématise les transformations importantes qui se sont produites aux environs du Mihaga dans la nuit du 20 au 21 mars.

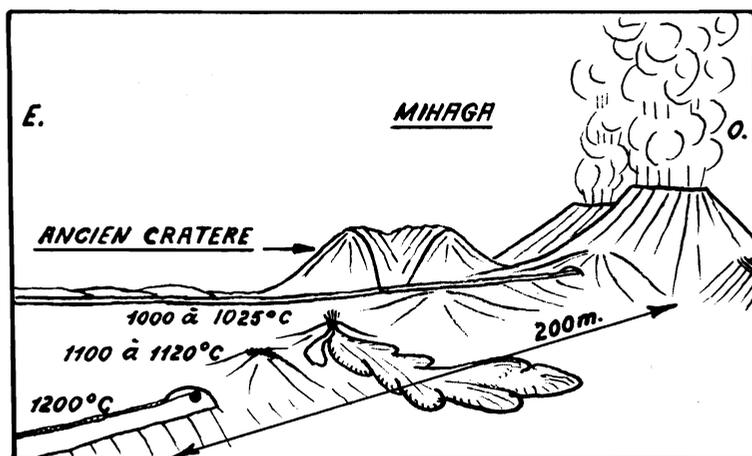


FIG. 6. — Déformation de la lave consolidée en cloches.

21 mars : La surface consolidée du lac de lave formé la nuit précédente s'est curieusement déformée : sous la pression de gaz emprisonnés sous la croûte de lave, quatre excroissances en forme de cloches sont apparues, jalonnant le bras de lave nord-est.

Ces petites cloches, fissurées dans la zone apicale, laissent s'échapper des gaz incolores et sous forte pression, à en juger par les sifflements stridents et très désagréables dont elles sont le siège.

On voit que ces fissures sont tapissées d'un sublimé blanc qu'il est impossible d'aller échantillonner : l'épaisseur de la croûte de lave (et donc sa résistance) sont incertaines; la température y est trop élevée; les gaz en s'échappant entraînent de la lave qui éclabousse les environs sur 2 à 3 m.

17 h 30 : Une vive lueur se manifeste immédiatement au Sud du tunnel (lui aussi déformé en cloche) et un nouveau bras de lave prend naissance en cet endroit et se dirige vers le Sud, dans la direction de l'ancien cône du versant NNO du Nyiragongo.

9 h 00 : Des sifflements s'échappent des cloches à de fréquentes reprises. Chaque cloche a son timbre propre; on compte 11 sons différents en trente minutes.

L'activité générale reste très grande.

22 mars : L'activité est faible par rapport à celle de la journée précédente.

Les sifflements des cloches persistent et restent très violents et désagréables.

Le bras de lave ouest-est (du 23 février) reste vigoureux.

Le bras de lave nord-est (du 13-14 mars) semble se développer de plus en plus : son débit est plus grand et le torrent a tendance à déborder de son lit.

Le bras de lave nord-sud (du 21 mars) s'est incurvé vers l'Est et longe maintenant l'ancien volcan adventif du Nyiragongo.

23 h 30 : L'activité est violente, comme d'habitude à l'approche de minuit (Annexe n° 8).

23 mars, 07 h 00 : L'activité est moyenne après une nuit d'activité violente.

Fontaine n° 1 : presque inactive.

Fontaines n°s 2 et 3 : grande activité.

Fontaine n° 4 : activité croissante soulignée par un panache de vapeur d'eau inhabituel.

10 h 00 : Grande explosion à la fontaine n° 1, suivie de projections de bombes à 50 m de hauteur environ. Il semble donc que cette fontaine ne soit pas complètement éteinte. La photo n° 22 montre en effet le cône de la fontaine n° 1 presque enseveli par les éjections des fontaines n°s 2 et 3.

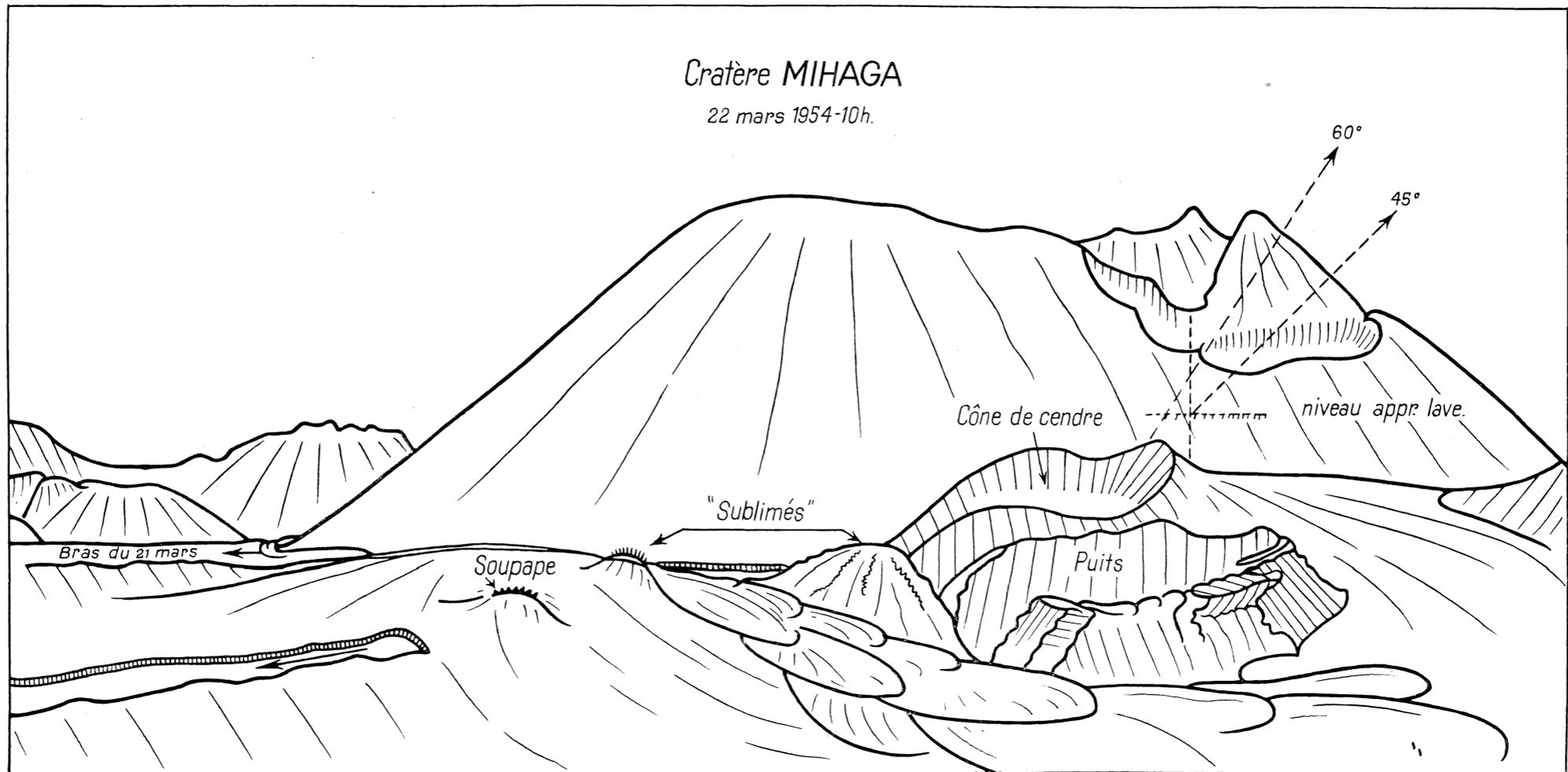
14 h 00 : Une brutale explosion est suivie par l'effondrement de la voûte marquant le passage du torrent nord-est (du 13-14 mars). Celui-ci, très puissant, refoule les débris de la voûte en grandes dalles vers les berges ou bien les emporte vers l'aval. Par endroits, de la lave déborde du lit au-dessus de l'accumulation des dalles, formant ainsi des cascades de 2 à 3 m de hauteur. Le niveau du torrent monte rapidement (cet épisode a été filmé). La lave se dirige vers le poste d'observation qu'elle encercle d'un front haut de 2,50 m (Fig. 7).

15 h 30 : Evacuation du poste d'observation.

17 h 30 : Le poste d'observation est à nouveau accessible, la lave qui l'encerclait s'étant figée et refroidie suffisamment pour être parcourue rapidement.

L'activité aux quatre fontaines augmente sensiblement.

21 h 00 : Une formidable flamme bleu électrique jaillit de la fontaine n° 1 (la plus septentrionale et qui semblait presque éteinte), accompagnée d'un crépitement violent et animée de pulsations de très grande fréquence, à la manière d'un gigantesque arc voltaïque cherchant la deuxième électrode.



La longueur de la flamme atteignait le diamètre du cratère de la fontaine n° 1, soit 5 à 6 m et son inclinaison sur l'horizontale était de 60° environ. Au maximum de son étirement apparaissait une nette auréole jaune intense masquant la couleur bleu électrique normale de la flamme.

Aux longueurs plus courtes de la flamme correspondait une inclinaison de 45° environ. L'émission de flammes de faible longueur, très brève, était suivie d'un repos d'une fraction de seconde, après quoi et toujours en un laps de temps très bref, des éjections violentes et volumineuses passaient par-dessus le bord nord du cratère, suivies immédiatement par l'apparition d'une flamme étirée.

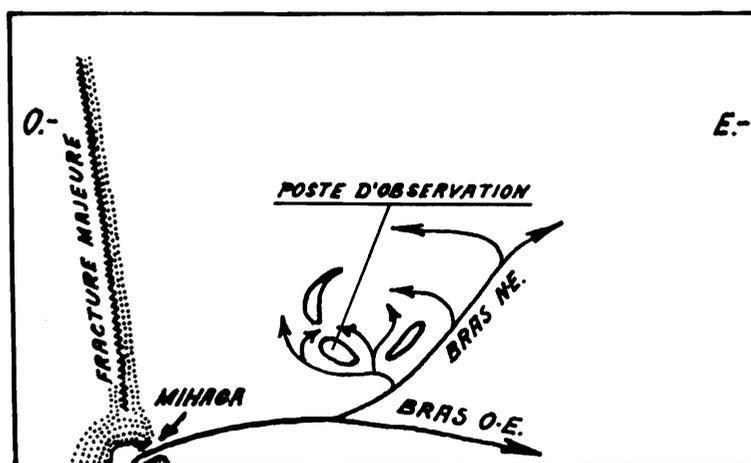


Fig. 7. — Envahissement du poste d'observation.

Cette manifestation dura jusqu'à 01 h 37 du jour suivant et ne se reproduisit plus par la suite. La fontaine n° 1 connut dès cette nuit une très grande activité. En même temps, les explosions au cratère furent plus violentes et plus fréquentes.

Le sifflement des gaz fusant par les apex des cloches, quoique plus faible, persiste toujours et s'ajoute au bruit de fond de l'activité générale du volcan. Les laves qu'il éjecte sont en rapport avec la pulsation de la lave du torrent sous-jacent : on compte 67 projections en vingt minutes dont 21 à 5 m de hauteur.

24 mars : Activité « très forte ».

Les projections de lave sont très fréquentes, les quatre cinquièmes environ passent par-dessus le bord du cratère et de ce fait la hauteur de ce dernier augmente sensiblement.

La hauteur du cône de la fontaine n° 1 (voir Fig. 8 et Photo n° 21) atteint presque celle des cônes des fontaines n°s 2 et 3.

18 h 00 : Un phénomène curieux se produit aux fontaines n°s 1, 2 et 3 : les gaz des fontaines n°s 2 et 3 (en très grande activité), une fois libérés de la lave et s'être élevés d'une dizaine de mètres au-dessus du cratère, font un demi-tour plongeant et disparaissent aspirés par le gueulard de la fontaine n° 1. Ces gaz exécutent donc un trajet inverse de celui de la flamme et, comme cette dernière, périodiquement.

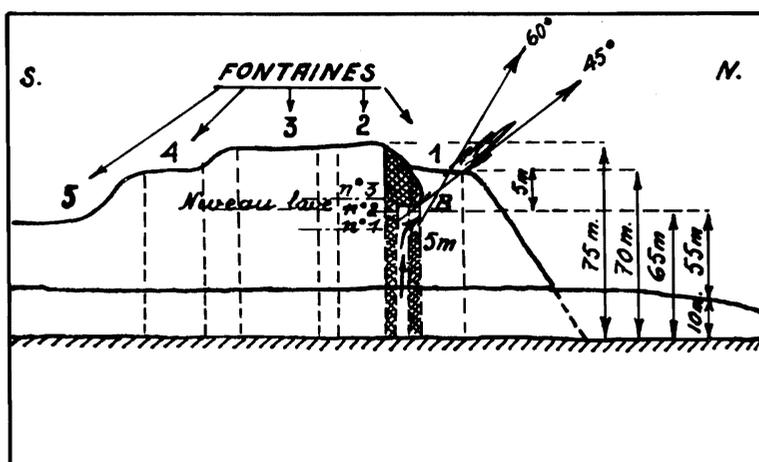


FIG. 8.

Apparition de la flamme au cratère de la fontaine n° 1.

20 h 00 : Les gaz montent à la verticale du cratère comme à l'ordinaire. A l'intérieur de celui-ci, le niveau de la lave est très élevé : il se trouve à quelques mètres seulement sous le bord (voir plus loin). Les projections de lave sont volumineuses, abondantes et ne sont pas toujours accompagnées d'explosions.

Les explosions terrifiantes proviennent toujours de la fontaine n° 3.

25 mars : L'activité générale du volcan est normale. Aucun nouveau phénomène ne s'est manifesté durant toute la journée, si ce n'est l'arrêt des sifflements provenant des cloches.

On a l'impression que l'éruption approche de sa fin après être passée par la phase paroxysmale du 20 au 23 mars.

Le torrent de lave du 21 mars, qui s'incurvait vers l'Est, est figé et déjà refroidi.

Les deux autres torrents de lave conservent leur puissance d'écoulement, et il semble que le débit de celui du Nord-Est s'accroisse aux dépens de celui de l'Est.

## II. — CONSIDÉRATIONS SUR LA PHASE PAROXYSMALE.

Les épisodes qui viennent d'être exposés ont débuté dans la nuit du 20 au 21 mars par la formation d'un lac de lave à l'extérieur du cratère et ils se sont terminés par l'émission d'une flamme au gueulard de la fontaine n° 1 dans la nuit du 23 mars.

Les jours suivants (les 24, 25, 26 et 27 mars), aucun événement particulier ne s'est produit, quoique l'activité de l'éruption soit demeurée « très forte ». On a signalé la cessation de l'activité des cloches (sifflements) et la consolidation du torrent de lave nord-est du 21 mars.

La phase paroxysmale s'étend donc de la nuit du 20-21 mars au 23 mars.

De ces faits qui ne se sont plus reproduits par la suite, on peut essayer de dégager quelques enseignements généraux.

### 1. Date de la phase paroxysmale.

La nuit du 20 au 21 mars correspondait à la pleine lune et à l'équinoxe de printemps.

### 2. L'activité générale du Mihaga durant la phase paroxysmale.

a) Les explosions. — Dans un pareil vacarme, il est difficile de préciser l'intensité du bruit d'un jour à l'autre. Il semblait pourtant que les explosions provenant de la fontaine n° 3 étaient plus violentes et plus fréquentes que d'habitude.

b) Le bruit de fond. — Les « roulements de tonnerre », les crépitements et les sifflements dus aux obstructions n'ont pas varié pendant cette phase.

c) Les sifflements stridents. — Les sifflements stridents des trois cloches-soupapes (chacune ayant son timbre propre) sont venus se greffer sur le bruit de fond les 21, 22 et 23 mars. Ce bruit particulièrement désagréable est caractéristique de la phase paroxysmale.

d) Les flammes. — L'apparition, dans la nuit du 23 mars, de la flamme au gueulard de la fontaine n° 1, accompagnée de violents crépitements, a été unique au cours de cette éruption. Le 24 mars, lorsque la flamme et le bruit qui l'accompagnait eurent disparu, on ressentit une impression de calme et il semblait bien que l'éruption touchât à sa fin.

### 3. La température de la lave.

C'est sous la voûte du bras de lave du 13-14 mars que la température de 1.200° C a été relevée lors d'une activité exceptionnelle du volcan. Il est

difficile de dire si cette haute température était due à un relèvement général de la température de la lave ou simplement à l'endroit choisi pour effectuer la mesure.

Lorsque la lave déborda par la zone apicale d'une cloche (voir Fig. 6), la température mesurée fut de : 1.025, 1.020, 1.010, 1.015, 1.015, 1.025, 1.015° C (+25° C). La variation de température de 1.010 à 1.025° C est due à la pulsation de la lave qui débordait par à-coups, avec un rythme de une pulsation toutes les deux ou trois secondes.

Les températures relevées entre les dents de la fissure apicale de cette même cloche s'élevaient à : 1.100, 1.120, 1.100, 1.120, 1.100, 1.115, 1.115, 1.119, 1.100° C (+25° C). Les écarts constatés sont dus aux mêmes pulsations.

On se rend compte de l'importance que présente l'endroit où les mesures sont effectuées par le fait que la température de la lave était de :

- a) 1.200° C sous la cloche, à la sortie de la lave,
- b) 1.120° C (+25° C) sous la cloche, à travers les dents de la fissure,
- c) 1.025° C (+25° C) en débordant de la cloche (et donc déjà refroidie).

#### 4. Les débordements de la lave.

Ils ont été très nombreux pendant la phase paroxysmale, surtout pour le bras de lave nord-est.

L'apparition du troisième bras de lave (nord-sud), le 20-21 mars, semble renforcer l'hypothèse d'un brusque accroissement du débit. On a signalé plus haut que celui-ci n'a peut-être pas varié mais qu'une quantité inhabituelle de gaz émulsionnait davantage la lave et la rendait plus fluide.

#### 5. Le lac de lave extérieur au cratère.

Le brusque accroissement apparent du débit de lave et les débordements consécutifs ont eu pour effet la formation d'un lac de lave très fluide à l'extérieur du cratère, alimenté par le tunnel. La quantité de gaz exceptionnellement élevée et qui ne fut jamais égalée par la suite favorise l'hypothèse d'une « bouffée » qui s'est maintenue pendant toute la phase paroxysmale dont les manifestations furent : les flammes courant à la surface du lac, les sifflements stridents sortant des cloches et l'événement remarquable et unique constitué par l'apparition de la flamme au gueulard de la fontaine n° 1.

L'origine de ces gaz ne peut être qu'interne. Leur apparition en « bouffée » est un phénomène important. Ils peuvent être considérés comme étant une des causes de l'éruption.

#### 6. Les flammes.

La flamme du gueulard de la fontaine n° 1 ainsi que les petites flammes couvrant la surface du lac de lave étaient bleu électrique.

Les flammes fusant par les cloches étaient invisibles le jour et blanches la nuit.

Il faut donc admettre qu'il s'agit d'éléments différents se séparant

de la phase liquide à des moments différents : en effet, les éléments correspondant à la flamme bleu électrique se sont libérés immédiatement à la surface du lac, tandis que ceux qui correspondaient à la flamme blanche n'apparurent que plusieurs heures plus tard, lorsque le lac fut recouvert d'une croûte, déformée ensuite en cloches.

Signalons enfin l'existence de flammes vertes, fugitives, apparaissant généralement au pied de la colonne de gaz s'échappant du cratère (M. CHAIGNEAU, H. TAZIEFF et R. FABRE, C.R. Ac. Sc. Paris, t. 250, pp. 2482-2485, 1960).

#### **7. Le niveau du lac de lave à l'intérieur du cratère.**

La photo n° 20 situe le niveau du lac de lave à l'intérieur du cratère au début de la troisième phase (28 février), à quelque 5 m au-dessus du niveau du torrent oriental.

L'événement important du 23 mars à 21 h a permis de situer ce niveau pendant la phase paroxysmale (Fig. 8) à 65 m environ au-dessus du niveau initial du sol.

On peut admettre que le cycle formé par la disparition des flammes courtes, suivie d'éjections de lave, elles-mêmes suivies d'une flamme étirée d'abord et courte ensuite, serait le reflet d'une pulsation du niveau de la lave à l'intérieur du cratère. Lorsque la lave atteint le niveau désigné par le n° 3 sur la figure 8, la communication entre la fontaine n° 1 et le conduit des gaz est obstruée et la flamme disparaît. Au niveau n° 2 correspond l'émission de la flamme courte, inclinée de 45° sur l'horizontale. Ce niveau permet de fixer le point B à 5 m environ au-dessous du bord du cratère de la fontaine n° 1, large de 5 m.

La hauteur du cône du Mihaga ayant atteint pendant la phase paroxysmale 75 m au-dessus du sol primitif, le niveau de la lave dans le cratère serait de 65 m environ, soit 55 m plus haut que celui du 26 février (visible sur la Photo n° 20).

L'aspiration périodique des gaz par le gueulard de la fontaine n° 1, qui a été observée le 24 mars à 18 h, montre que le niveau de la lave à l'intérieur du cratère n'a pas changé sensiblement par rapport à celui du 21 mars. La cause de cette aspiration des gaz reste inconnue.

L'absence de flammes indique que la nature des gaz a changé.

#### **8. Débit de lave.**

Le débit du bras de lave nord-est a été estimé dans des conditions exceptionnellement favorables, le 23 mars. En effet, grâce à un tronc d'arbre tombé le 10 mars en travers du futur lit du torrent de lave, on avait pu en établir le profil. Le bras de lave, très puissant, était bien endigué, ce qui permettait de mesurer sa largeur avec exactitude : 8,50 m. La profondeur du torrent, d'après le profil établi à l'avance, était de 12 m. Rien ne laisse supposer en effet que la lave liquide du 13-14 mars ait été consolidée

au-dessous du bras actuel, l'écoulement de la lave par ce bras n'ayant connu aucune interruption.

La vitesse d'écoulement de la lave à peine ternie par une pellicule de début de refroidissement était de 1,20 m/sec.

Le débit calculé était :

$$D = 8,5 \times 12 \text{ m} \times 1,2 \text{ m/sec} = 122 \text{ m}^3/\text{sec}.$$

En un autre endroit, moins favorable, à une dizaine de mètres en amont du premier le débit était :

$$D' = 8 \text{ m} \times 10 \text{ m} \times 1 \text{ m/sec} = 80 \text{ m}^3/\text{sec}.$$

Dans cette formule, la profondeur du torrent est diminuée de 2 m qui représentent l'épaisseur du champ de lave de la deuxième phase que le torrent recouvre actuellement.

Le débit du torrent oriental est impossible à mesurer : c'est un immense champ de coke dont la vitesse de progression est de l'ordre de 2 à 3 m par heure. On peut admettre que le débit du cratère, dès le 23 mars, ne dépassait pas sensiblement 100 à 120 m<sup>3</sup>/sec.

#### 9. Débit de gaz.

Le débit de gaz au cratère du Mihaga ne semble pas avoir changé durant cette phase. Il reste approximativement égal à 12.500 m<sup>3</sup>/sec.

#### 10. Le rapport pondéral gaz-lave.

Ce rapport, à la fin de la phase paroxysmale s'élevait à :

$$R_{g/l} = \frac{12.500 \times 0,18}{110 \times 2.500} = 0,9\%.$$

#### 11. Le cône du Mihaga.

Au début de la phase paroxysmale, la fontaine n° 1 montrait peu d'activité : la hauteur de son cône de cendres accusait un retard de croissance de l'ordre de 5 m par rapport aux cônes des autres fontaines de lave et il paraissait être en voie de comblement par les éjections nombreuses et volumineuses provenant des fontaines n°s 2 et 3 (Photos n°s 22, 23 et 29).

Après la nuit du 23 mars, caractérisée par une activité exceptionnelle de la fontaine n° 1 (activité qui persista pendant plusieurs jours), la hauteur de son cône s'accrut rapidement et rattrapa celle du cône des autres fontaines.

A la fin de la phase paroxysmale, le cône du Mihaga est devenu très régulier, ses flancs ne présentant plus de défauts. Il continuera de s'accroître régulièrement, sans modifications morphologiques notables.

Les édifices érigés au pied nord-est du cône du Mihaga (dont le « puits »), à l'endroit du premier tunnel formé, se disloqueront peu à peu et adopteront des allures de plus en plus chaotiques tout en restant à haute température et en émettant constamment des gaz bleu terne (Photos n°s 23 et 24).

## CHAPITRE V.

**TROISIÈME PHASE** (suite).

Après la phase paroxysmale, la lave semble devenir de plus en plus visqueuse : les éjections en « pans de mur » sont plus volumineuses, les extrémités des tunnels reculent de plus en plus vers l'aval et, à la date du 9 avril, tous les bras de lave liquide étaient recouverts de voûtes plus ou moins importantes.

Nulle part autour du cratère la lave liquide n'était encore visible. Par contre, en aval, à 15 km du centre d'émission, le front de lave, ayant repris sa progression le 29 mars, avançait et s'élargissait toujours.

La piste de ravitaillement du camp fut coupée par trois bras de lave impressionnants, obligeant les autorités des Parcs Nationaux à créer d'urgence, à partir des environs du « Lac Vert », sur la route Goma-Sake, une nouvelle piste d'accès vers le volcan en activité.

La circulation autour du cône du Mihaga ne présentait plus aucun danger, mais son ascension, entreprise plusieurs fois tant par le Nord que par le Sud, s'avéra impossible à cause des éjections en « pans de mur » et de la pluie de scories et de bombes émises par les quatre fontaines.

**1. Le champ de lave.**

*a) Allure générale.* — Les trois torrents de lave liquide sont enfermés sous une épaisse croûte de lave consolidée et déformée en un immense bouclier prenant appui sur le flanc est du cône du Mihaga et, au Sud et au Nord, sur les laves de la deuxième et celles de la troisième phase qu'il recouvre. Vers l'Est, ce bouclier s'élargit rapidement en s'aplatissant. La lave fluide n'apparaît qu'à 12 km du centre d'émission.

La figure 9 (à comparer avec la figure 1), représente le poste d'observation après les événements de la phase paroxysmale.

On se rend compte que des débordements successifs ont amené le niveau actuel du champ de lave de la troisième phase à 15 m environ au-dessus de celui de la deuxième phase et du niveau primitif du sol.

*b) Les fissures.* — Le bouclier est affecté d'un réseau complexe de fissures, localisé semble-t-il, au-dessus des trois bras de lave liquide dont elles trahissent les emplacements.

Les fissures les plus importantes, de 5 à 10 mm de largeur, suivent la direction de l'écoulement de la lave liquide sous-jacente.

Les fractures transversales sont plus nombreuses et leurs directions, variables selon l'endroit, échappent à tout système. La distance entre les lèvres de ces fissures secondaires est de l'ordre du millimètre.

c) Les solfatares. — Les fractures longitudinales aux environs immédiats du cône sont le siège d'une activité solfatarienne intense qui décroît rapidement vers l'Est, au fur et à mesure qu'on s'éloigne des zones chaudes.

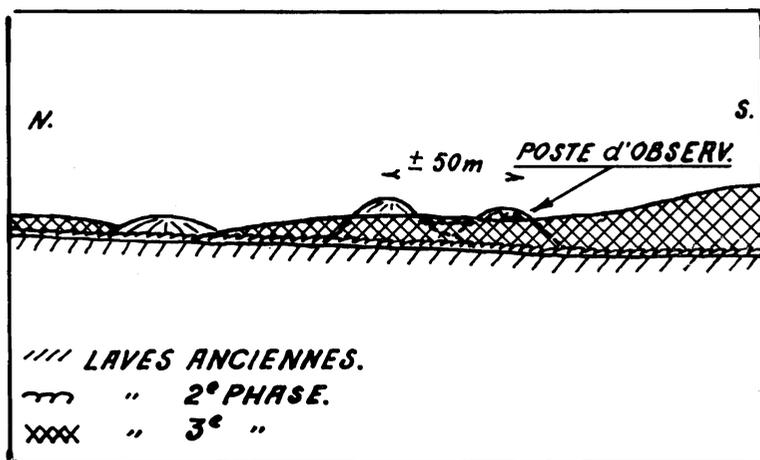


FIG. 9.

Poste d'observation le 27 mars 1954 et le flanc nord du bouclier.

Les fissures principales sont ressoudées par un dépôt salin blanc, extrêmement compact, insoluble dans l'eau (il n'a pas disparu malgré des pluies fréquentes), et qui se forme à partir de chaque lèvres de la fracture. La soudure dans la zone centrale des fissures est réalisée par un autre dépôt salin blanc jaunâtre, soluble dans l'eau.

Il n'a pas été possible de prélever des échantillons du sublimé remplissant les fissures secondaires.

d) Les fumerolles. — Des gaz s'échappent par les fissures principales, indiquant les torrents de lave liquide sous-jacents. La séparation de la phase gazeuse se poursuit donc actuellement sur une longueur approximative de 4 km. C'est là un phénomène nouveau et de grande importance qui s'est produit après la phase paroxysmale (Photos n<sup>os</sup> 23 et 24).

On a fait remarquer (p. 16 et Photo n<sup>o</sup> 20), qu'au début de l'éruption, la lave sortait du cratère complètement dégazée. Il semble donc que la viscosité de la lave ait augmenté sensiblement après le dégagement instantané d'une quantité inaccoutumée de gaz (bouffée) dans la nuit du 20 au 21 mars.

Ce fait expliquerait l'encroûtement du champ de lave aux environs immédiats du cratère, dès le début du mois d'avril, alors que la température de la lave liquide est restée de 1.200° C jusqu'au 28 mai.

## 2. Activité du volcan.

*a) Explosions.* — La fréquence des explosions terrifiantes provenant de la fontaine n° 3 est de l'ordre de deux à trois par minute. D'autres explosions, très fortes et fortes, se produisent à raison de deux à trois par seconde.

*b) Éjections.* — Comme au début de l'éruption, les éjections restent indépendantes des explosions. Dans l'ensemble, elles sont très volumineuses et fréquentes, cinq à six par minute et, à cause du niveau très élevé du lac de lave à l'intérieur du cratère, 50 % du volume des éjections passent par-dessus le bord.

*c) Température de la lave.* — Les variations du niveau du lac de lave à l'intérieur du cratère et les éjections qui en dépendent ont pour effet immédiat les variations de l'intensité lumineuse au-dessus du cratère. Celle-ci, mesurée au même endroit, correspondait aux températures suivantes :

Vendredi 9 avril à 22 h : 980, 980, 985° C (+20° C).

Dimanche 11 avril à 22 h : 975, 980, 970, 980° C (+20° C).

Mardi 13 avril à 22 h : 975, 975, 978° C (+20° C).

Mercredi 14 avril à 22 h : 895, 895, 875, 890, 980, 890° C (+20° C).

Jeudi 15 avril à 22 h : 960, 960, 960° C (+20° C).

Une mesure directe de la température, lue au pyromètre optique sur une très grosse éjection en pan de mur donnait 1.100° C (+25° C).

Le 13 avril, de la lave liquide faisait surface à 12 km environ du cratère du Mihaga, à la hauteur d'un cratère ancien appelé Muhule (méridien de 29°15').

*d) Quantité de gaz au sommet du cratère.* — Il ne semble pas que le volume des gaz émis par le cratère ait subi un changement notable. La vapeur d'eau y domine comme toujours, provoquant d'abondants cumulus au-dessus de la région. Les pluies sont très fréquentes.

*e) Débit de lave (D).* — Il est impossible de calculer le débit de la lave, vu la dispersion des trois torrents principaux en plusieurs bras de débit très variable. Cependant, à 13 km en aval du centre d'émission, deux puissants torrents ont envahi la piste de ravitaillement et s'avancent parallèlement à la route de Goma-Rutshuru.

En cet endroit, le débit approximatif est de :

largeur des deux torrents : 455 m,  
 hauteur moyenne : 1,75 m,  
 vitesse approximative : 0,06 m/sec,  
 $D = 47,7 \text{ m}^3/\text{sec}$ .

Débit d'un torrent superficiel à la hauteur de Muhule (D') :

largeur : 7 m,  
 profondeur :  $\pm 2$  m,  
 vitesse : 1,1 m/sec,  
 $D' = 15,5 \text{ m}^3/\text{sec}$ .

Soit un total de  $60 \text{ m}^3/\text{sec}$  environ (15 avril).

f) Le rapport gaz/lave.

$$R_{g/1} = \frac{12.500 \text{ m}^3/\text{sec} \times 0,18 \text{ kg}}{2.500 \text{ kg} \times 60 \text{ m}^3/\text{sec}} = 1,5\%.$$

### 3. Conclusions.

Après deux mois d'activité volcanique, les changements suivants sont à noter :

- 1° Augmentation de la viscosité de la lave après la phase paroxysmale.
- 2° Diminution progressive du débit de lave :
  - début de l'éruption :  $500 \text{ m}^3/\text{sec}$ ,
  - 23 mars :  $110 \text{ m}^3/\text{sec}$ ,
  - 20 avril :  $60 \text{ m}^3/\text{sec}$ .
- 3° Augmentation progressive du rapport pondéral gaz/lave :
  - début de l'éruption : 0,18 %,
  - 23 mars : 0,9 %,
  - 20 avril : 1,5 %.

On remarquera l'augmentation rapide du volume de gaz par rapport à celui de la lave.

4° La température de  $1.100^\circ \text{C}$  mesurée sur une éjection volumineuse en mouvement permet de présumer qu'à l'intérieur du cratère, la température de la lave atteint les  $1.200^\circ \text{C}$  (le maximum relevé le 21 mars).

On en déduit que la violence persistante de l'éruption est due uniquement à l'abondance des gaz (phase gazeuse), l'émission de la lave étant un phénomène subordonné.

La diminution rapide du volume de la lave émise laisse prévoir la fin proche de l'éruption.

## CHAPITRE VI.

**QUATRIÈME PHASE** (du 21 avril au 4 mai).

La quatrième phase est caractérisée par l'apparition des premiers symptômes annonçant la fin de l'éruption : l'extinction de la fontaine n° 1, le 21 avril à 06 h 30, suivie par celle de la fontaine n° 2, le 4 mai à 09 h.

**I. — EXTINCTION DE LA FONTAINE N° 1.**

Le 21 avril à 06 h 30, de la lave incandescente et très fluide gicla du « puits » au pied nord-est du Mihaga. Sa pression était telle qu'elle déborda instantanément par le bord supérieur du « puits » et couvrit en quelques minutes une superficie de 400 m × 100 m environ, allongée vers le Nord, dans la direction du camp du Service Géologique (Carte n° 5).

Après l'intensité des premiers instants, l'écoulement de la lave se ralentit, le débit diminue et cette manifestation pris fin faute de lave; elle n'avait duré que 15 minutes environ !

Simultanément, la fontaine n° 1 cessa toute activité. La relation de cause à effet paraît évidente : il s'agissait de l'épanchement du contenu de la cuve de la fontaine n° 1. La carte n° 5 résume ce bref épisode dont l'explication peut être la suivante :

1° obstruction du tronçon de la fracture majeure alimentant la fontaine n° 1 en gaz et en lave;

2° de ce fait, la quantité de gaz habituellement débitée par cette fontaine (soit  $30 \text{ m} \times 25 \text{ m} \times 5 \text{ m/sec} \times 0,5 = 1.875 \text{ m}^3/\text{sec}$ ) cessa d'émulsionner la lave de cette cuve, et en même temps, les forces agissant de bas en haut devinrent nulles;

3° la lave de la cuve obéit dès lors aux lois de l'hydrodynamique et pesa brusquement de tout son poids (en coup de bélier) sur le fond de celle-ci;

4° la croûte de l'ancien tunnel, brisée, disloquée et transformée en « puits » (surface de faible résistance), céda sous ce choc dirigé de haut en bas;

5° jaillissement de la lave par le fond du « puits »;

6° augmentation rapide de la viscosité due au manque de gaz et à la chute rapide de la température;

7° fin de l'émission de la lave et le retrait de celle-ci dans la crevasse.

En effet, l'examen du fond du « puits » n'a pas permis de localiser l'endroit d'où la lave a giclé (A. DAUVILLIER, 1958).

Le calcul approximatif suivant s'accorde avec l'explication donnée de l'événement :

Volume de la cuve :  $30 \text{ m} \times 25 \text{ m} \times 65 \text{ m}$  (profondeur) =  $48.750 \text{ m}^3$ .

Volume du champ de lave :  $400 \text{ m} \times 100 \text{ m} \times 1,25 \text{ m}$  =  $50.000 \text{ m}^3$ .

#### A. — Aspect du champ de lave.

Le nouveau champ de lave formé et figé en 15 minutes paraissait être très régulier et avoir une surface lisse (dermolithique). Une heure après sa formation cependant, il se présentait déjà tel un amas de dalles, en bordure du champ surtout.

#### B. — Nature des laves.

Le parcours du champ de lave et son examen ont mis en évidence l'existence d'une croûte vitreuse et très mousseuse de deux à trois centimètres d'épaisseur, à vésicules très étirées, recouvrant une lave dermolithique très compacte. Cette croûte est décollée de la lave dermolithique et se brise sous le pied. Visiblement, cette croûte mousseuse dégazée et brusquement refroidie a été étirée et brisée par la masse principale sous-jacente de la lave continuant à s'étaler.

Par endroits, de la lave visqueuse en petits boudins sortait par les fissures de la croûte mousseuse.

Cette observation confirme ce qui a été dit à propos de la formation de la lave dermolithique (p. 33) : refroidie lentement, sous la protection de la couche superficielle mousseuse, sans aucun mouvement autre que son étalement, ce champ de lave s'est consolidé en surface lisse.

La paroi nord du « puits » montre de belles draperies formées par cette lave mousseuse et remarquablement fluide (Photos n<sup>os</sup> 25 et 26).

Il n'y a pas de lave consolidée en gratons (« aa ») dans ce champ.

#### C. — Activité du volcan.

Malgré l'extinction de la fontaine n<sup>o</sup> 1, l'activité générale de l'éruption ne semble pas perdre de sa violence.

1<sup>o</sup> Les explosions terribles persistent avec la même fréquence et proviennent de la fontaine n<sup>o</sup> 3.

2<sup>o</sup> Les éjections restent très volumineuses.

3<sup>o</sup> Les gaz s'échappant du cratère sont animés d'un mouvement tourbillonnaire complexe. Plusieurs mesures approximatives de la vitesse ascensionnelle des gaz donnent une moyenne de 15 m/sec; mais il est impossible de tenir compte du tourbillonnement.

4° Les sifflements dus aux obstructions persistent et semblent provenir de la fontaine n° 4.

5° La température des éjections en « pan de mur », mesurée au bord nord de la fontaine n° 1, soit à 50 m de la fontaine n° 3, s'élève à 1.100° C.

Dans l'ensemble cependant, on a l'impression que l'activité générale est en baisse car l'activité « exceptionnelle » est atteinte plus rarement.

6° Dès l'extinction de la fontaine n° 1, deux solfatares apparaissent, l'une à la crête ouest, l'autre à la crête est de la cuve de cette fontaine.

En résumé :

la fontaine n° 1 : éteinte, activité solfatarienne,

la fontaine n° 2 : activité faible,

la fontaine n° 3 : activité très violente,

la fontaine n° 4 : activité faible.

#### D. — Morphologie du cône du Mihaga.

Le cône du Mihaga est très régulier et ne subit pas de changement notable. Notons cependant que deux proéminences coniques importantes se forment à l'Est et à l'Ouest de la cloison séparant les fontaines n° 2 et n° 3. Elles sont disposées symétriquement par rapport à la fracture majeure, celle de l'Ouest étant légèrement plus haute.

#### E. — Cuve de la fontaine n° 1.

Après l'extinction de la fontaine n° 1, l'auteur a pu examiner directement sa cuve, le 21 avril, à 14 h 30.

La section de cette dernière est rectangulaire avec des angles arrondis, sa longueur est de 30 m (perpendiculairement à la fracture), sa largeur de 25 m et sa profondeur de l'ordre de 65 m.

La profondeur réelle de la cuve n'a pu être mesurée, car elle était déjà à moitié remplie d'éboulis provenant de l'éclatement de ses parois brusquement refroidies. Celles-ci sont constituées d'éjections de toutes formes, couleur brique cuite, soudés les unes aux autres grâce à la haute température qui régnait dans la cuve.

## II. — EXTINCTION DE LA FONTAINE N° 2.

Jusqu'à la nuit du 3 mai, l'activité de la fontaine n° 2 diminua progressivement, avec des reprises à l'approche de minuit. Des explosions accompagnées d'éjections de bombes se produisaient encore, mais de plus en plus rarement.

Le 4 mai à 09 h la fontaine n° 2 cessa toute activité.

Vers midi, lors de l'examen de sa cuve, les deux proéminences montraient des fissures apicales, plus ou moins verticales, par lesquelles s'échappaient des gaz abondants, légèrement brunâtres. Des sublimés blancs se déposaient dans ces fissures. Celles-ci, portées au rouge par la haute température, étaient bien visibles pendant la nuit.

#### A. — Intérieur du cratère.

La cuve de la fontaine n° 2 est presque complètement remplie d'éboulis dus à l'éclatement des parois. Sa longueur et sa largeur sont de 25 m.

La section en est donc carrée, avec des angles arrondis. Une cloison, épaisse de 2 m à sa partie supérieure et plus large vers le bas sépare les cuves des deux fontaines éteintes.

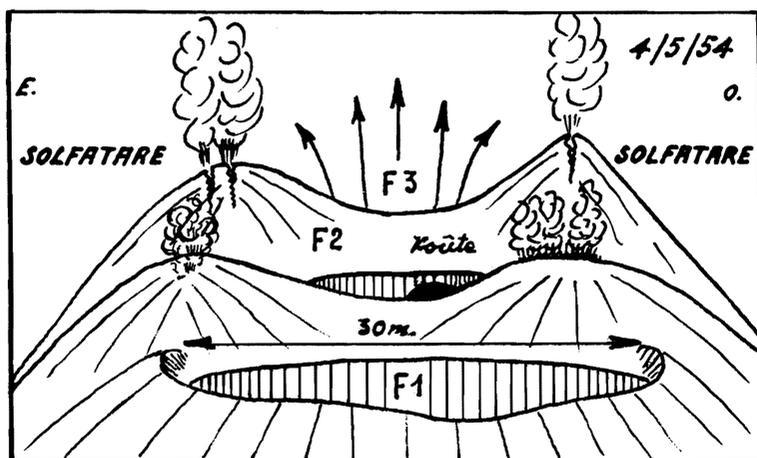


FIG. 10. — Sommet du Mihaga.

Les fontaines n°s 2 et 3 sont séparées également par une cloison importante dont l'épaisseur ne peut pas encore être estimée, car l'activité violente de la fontaine n° 3 en interdit l'approche.

A 5 m à peu près sous le bord supérieur de cette cloison, apparaît la voûte d'un tunnel de 2 m de diamètre environ. La partie inférieure de la cloison est cachée par les éboulis.

La figure n° 10 schématise la partie nord du cratère actuellement accessible sans grand danger (4 mai).

Des gaz en débit faible s'échappent à intervalles irréguliers de la voûte du tunnel. Il est certain que ce tunnel n'est pas en relation directe avec les violentes explosions qui provenaient incontestablement de la face sud de la cloison séparant les fontaines n°s 2 et 3.

Il est remarquable que les deux importantes solfatares installées aux apex des deux proéminences et faisant corps avec la cloison, n'ont aucun organe commun avec ce tunnel. En effet, les gaz des solfatares sont lourds et descendent parfois sur les parois coniques des proéminences; leur débit est régulier et continu. Les gaz qui proviennent du tunnel, par contre, sont légers et leur débit est intermittent.

Les gaz solfataris sont également indépendants des gaz explosifs de la fontaine n° 3.

La cloison susdite a une structure interne complexe et elle est très importante car elle renferme des chenaux différents et indépendants les uns des autres, évacuant au moins trois groupes de gaz : inflammables (par le tunnel), solfataris (par les proéminences), explosifs (l'organe émetteur n'est pas encore connu) <sup>(9)</sup>.

Outre ces trois groupes de gaz, la fracture majeure émet des gaz volcaniques « normaux », composés de 80 à 85 % de vapeur d'eau.

#### B. — **Activité du volcan.**

L'activité générale du volcan se maintient à « très forte » : le 8 mai, dès 08 h, elle atteignait déjà « l'exceptionnelle ». D'habitude, cette violence n'était atteinte que progressivement et vers minuit seulement.

En résumé :

Fontaine n° 1 : éteinte depuis le 21 avril;

Fontaine n° 2 : éteinte depuis le 4 mai à 09 h. Activité solfatarienne;

Fontaine n° 3 : activité très violente. On a l'impression d'assister à son paroxysme;

Fontaine n° 4 : semble reprendre vigueur. Les sifflements dus aux obstructions en proviennent indiscutablement.

#### C. — **Débit de gaz.**

Compte tenu de l'extinction des fontaines n° 1 et 2 et de la vitesse ascensionnelle des gaz évaluée actuellement à 15 m/sec, le volume des gaz émis par le cratère s'établit comme suit :

longueur de la fracture majeure active : 50 m,

largeur des cuves (fontaines n° 3 et 4) : 20 m,

vitesse des gaz : 15 m/sec,

$V = 50 \text{ m} \times 20 \text{ m} \times 15 \text{ m/sec} \times 0,5 = 7.500 \text{ m}^3/\text{sec}$  (0,5 étant le coefficient de réduction, voir p. 11).

---

(9) On verra plus loin que les explosions violentes sont émises par un événement circulaire de la même cloison, greffé sur la face opposée à celle du tunnel.

Le débit des gaz émis par le volcan accuse une diminution de 5.000 m<sup>3</sup>/sec par rapport à celui de la troisième phase de l'éruption qui était de 12.500 m<sup>3</sup>/sec.

**D. — Débit de lave.**

1° Le front de lave près de Kakomero à proximité de la route de Rutshuru s'est immobilisé.

2° Le torrent de lave du 13 avril (volcan Muhule), s'encroûtant de l'amont vers l'aval, est visible actuellement à la hauteur du contrefort nord du Baruta.

3° Le 6 mai, au Nord du volcan Muhule, de la lave liquide apparaît à 19 h, accompagnée d'un sifflement strident qui dura jusqu'à 22 h.

Le 7 mai au matin, ce petit champ de lave était déjà consolidé.

**E. — Le cône du Mihaga.**

La photo n° 23 représente le cône du Mihaga le 8 mai. Il ne subira plus de changements autres que sa rapide dégradation (Photo n° 24).

**F. — Résumé.**

1° L'activité du Mihaga reste très violente malgré l'extinction des fontaines n<sup>os</sup> 1 et 2.

2° Le volume des gaz émis par le cratère diminue progressivement.

3° Le débit de lave est impossible à estimer.

4° L'activité solfatarienne suit de quelques heures l'extinction des fontaines.

## CHAPITRE VII.

**CINQUIÈME PHASE. RÉAPPARITION DE LA LAVE LIQUIDE**

(du 19 au 28 mai).

## I. — NARRATION.

Le 19 mai à 18 h 25, de la lave liquide creva la croûte de la coulée orientale de lave consolidée depuis fin mars, et s'épancha à la surface de celle-ci, en direction Sud-Est (voir Fig. 11).

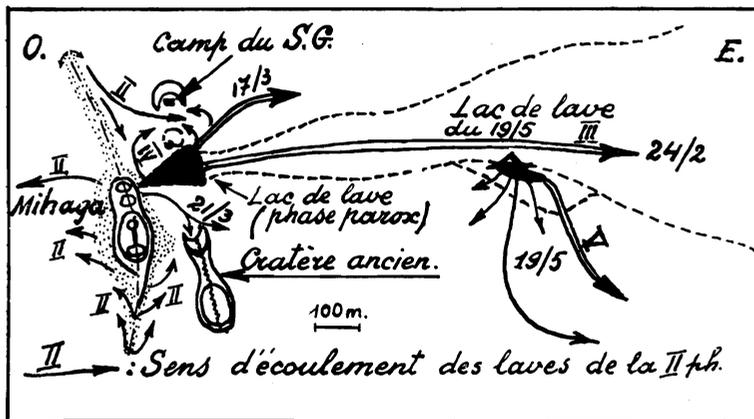


FIG. 11.

Situation approximative du lac de lave du 19 mai 1954.

Un lac de lave se forma à la sortie de la croûte ainsi ouverte. La lave était sous pression, car elle débordait de la crevasse et s'épanchait dans toutes les directions. Ces débordements successifs avec refoulements des croûtes refroidies rapidement vers la périphérie ont eu comme résultats l'endiguement du lac et le relèvement de son niveau. L'extrémité sud-est en restait libre, car c'est par là que se faisait l'écoulement de lave. Celle-ci était nettement plus visqueuse qu'au début de l'éruption (voir Photos n<sup>os</sup> 27, 28, 30, 31 et 32).

## II. — DESCRIPTION DU LAC DE LAVE.

### A. — Situation (carte n° 5).

La photo n° 24 montre à gauche (Est), une longue traînée de gaz s'échappant de la fissure longitudinale ouest-est du bouclier, qui indique le passage de la lave liquide sous-jacente. La crevaison du bouclier s'est produite à 1 km environ à l'Est du cône du Mihaga, à partir de cette fissure, sur le flanc sud-est d'une petite coupole adventive surbaissée (Fig. 12).

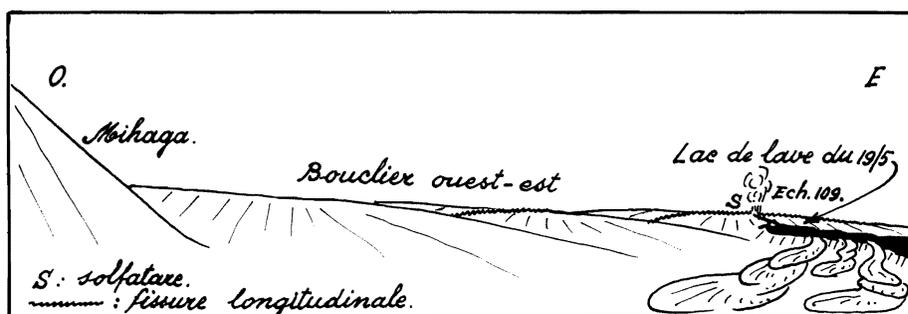


FIG. 12.

Situation du lac de lave du 19 mai 1964 par rapport au bouclier.

Le bouclier consolidé des laves des mois de mars et d'avril à cet endroit s'est ouvert comme une trappe, livrant passage à un nouveau torrent de lave liquide (Photos n°s 27 et 28 et Carte n° 5).

### B. — Les dimensions du lac de lave.

Longueur : 15 m.

Largeur : variable, de 6 à 1 m (partie active : 6 m).

Profondeur : 15 m environ.

La figure 13 schématise la voûte d'émission de la lave.

### C. — Description du lac de lave.

La lave sort d'une voûte représentant la partie apicale restée entière de la coupole ouverte et s'écoule vers le Sud-Est, au-dessus de la lave consolidée du mois d'avril, remplissant les dépressions entre le bouclier et le contrefort nord du Nyiragongo.

Sous la voûte, la lave est animée des mouvements suivants :

1° pulsations verticales de 0,25 m d'amplitude avec une fréquence d'une pulsation toutes les trois minutes environ;

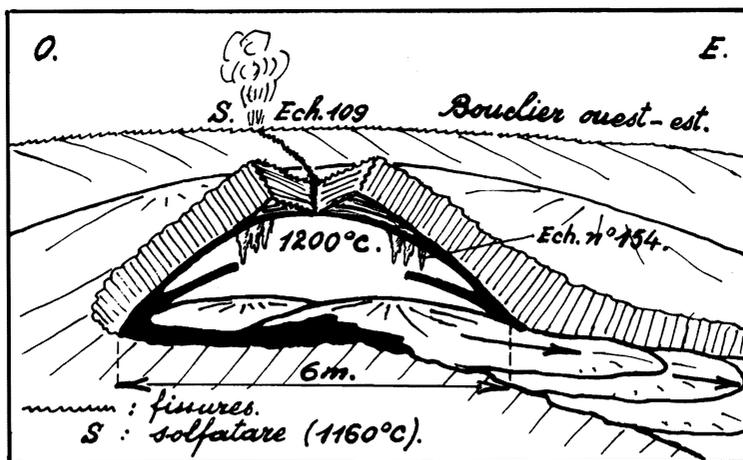


FIG. 13. — Vue sous la voûte d'émission de lave.

- 2° circulation horizontale complexe;
- 3° écoulement régulier vers le Sud-Est.

Les centres d'alimentation du lac de lave sont de véritables cellules de convection plus ou moins hexagonales où la lave monte dans la zone centrale puis se déverse vers la périphérie. De la réunion des laves issues de chaque cellule naissent des courants horizontaux complexes, en même temps que la lave semble replonger en profondeur.

Des flammes très peu colorées fument sous pression lorsque le niveau de la lave s'abaisse et dégage la coupole; elles parcourent la surface du lac en sa partie couverte par la voûte (Photos n<sup>os</sup> 27, 28 et 30 et Fig. 14).

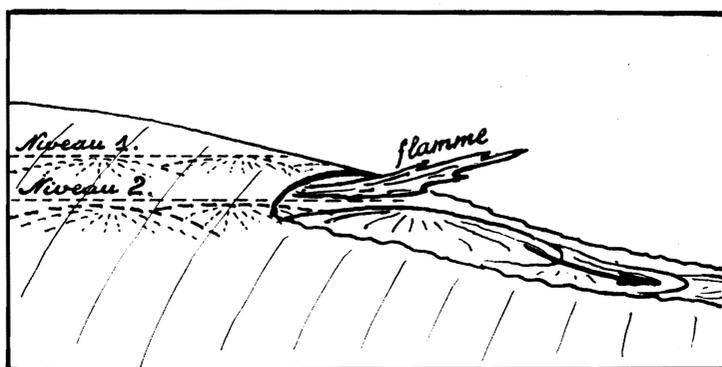


FIG. 14.

- Flamme jaillissant de la voûte d'émission de lave.  
 Niveau 1 : flamme interrompue.  
 Niveau 2 : flamme jaillissante.

**D. — Mouvements horizontaux.**

Les mouvements horizontaux de la lave sous la voûte ne semblent pas obéir à une loi. En effet, le chronométrage de ces mouvements s'établit comme suit :

Écoulement de la lave du Nord au Sud : 1'12".

Renversement du sens de l'écoulement de la lave après la chute du niveau.

Écoulement du Sud au Nord : 12" (le niveau remonte).

Renversement.

Écoulement du Nord au Sud : 3'27" (chute de niveau).

Renversement.

Écoulement du Sud au Nord : 21' (le niveau remonte).

Immobilité : 13".

Renversement.

Écoulement du Nord au Sud : plus de 5'.

Il n'y a donc pas de périodicité dans les mouvements horizontaux de la lave, alors que J. VERHOOGEN (1948) avait constaté le contraire au lac du Tshambene.

Ces mouvements divers n'ont d'ailleurs aucune influence sur la vitesse de l'écoulement de la lave à l'extrémité du lac; celle-ci est constante : 0,3 m/sec.

**E. — Le débit de lave.**

Le débit de ce nouveau torrent de lave a été mesuré dans de bonnes conditions :

largeur du torrent : 5 m,

profondeur du torrent : 15 m (estimation),

vitesse d'écoulement : 0,3 m/sec.

$D = 20 \text{ m}^3/\text{sec}.$

**F. — Température de la lave.**

La température de la lave mesurée sous la voûte le 19 mai s'élevait également à 1.200° C, exactement comme le 20 mars, lors de la phase paroxysmale.

La température de la lave est donc restée constante depuis le début de l'éruption.

En un point de la fissure longitudinale, juste au-dessus de la partie couverte du lac de lave, s'est formée une solfatara à très haute température : 1.135° C (+25° C). L'auteur a réussi à échantillonner un sublimé blanc insoluble qui s'y déposait (éch. n° 109, voir II<sup>e</sup> partie).

Le 27 mai, le niveau du lac de lave est descendu d'un mètre environ, permettant ainsi de nouvelles observations sous la voûte :

1° trois croûtes successives indiquent les différents niveaux atteints par le lac de lave;

2° de nombreuses petites stalactites tapissent la paroi interne de la voûte;

3° les cellules de convection et les mouvements complexes à la surface de la lave sont bien visibles.

La température de la lave sous la voûte, à la date du 27 mai, est encore de 1.200° C.

### III. — DESCRIPTION DU GRATÈRE DU MIHAGA.

Le 27 mai à 18 h, l'activité volcanique se manifestait encore par quelques explosions très fortes à fortes, très rares (une toutes les 15 à 20 secondes) et par des éjections, peu volumineuses, devenant de plus en plus rares (une par minute), suivies de périodes d'inactivité de l'ordre de 5 minutes.

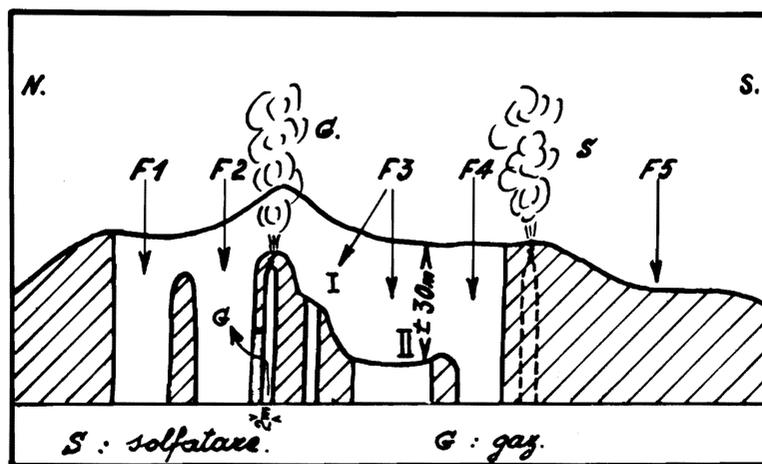


FIG. 15. — Coupe verticale Sud-Nord du cratère Mihaga.

L'approche de toutes les fontaines encore actives et l'observation complète et détaillée de l'intérieur du cratère du Mihaga a pu dès lors être réalisée (Fig. 15).

#### A. — Fontaine n° 1.

La cuve est presque complètement comblée.

**B. — Fontaine n° 2.**

La cuve de cette fontaine était presque comblée le 4 mai (voir plus haut, p. 54). Actuellement, le fond de la cuve est invisible, ce qui suppose un effondrement important de celui-ci.

**C. — Cloison séparant les fontaines nos 2 et 3.**

Cette cloison a dévoilé sa structure interne très complexe lors de son examen après l'extinction de l'activité de la fontaine n° 2. Sa description partielle a été donnée plus haut (p. 54), notamment en ce qui concerne une voûte dont on ne voyait que la partie supérieure débouchant vers la cuve de la fontaine n° 2 et dont le rôle n'avait pu être précisé.

Actuellement, l'éboulement partiel de la partie supérieure de la cloison découvre un compartiment de 2 m environ sur toute la largeur du cratère. Sans nul doute, seuls les gaz passaient par ce compartiment en s'échappant probablement par la voûte, actuellement écroulée avec la partie nord de la cloison.

L'alimentation des solfatares est et ouest, comme il a été signalé plus haut, n'était pas en connexion avec ce compartiment, de sorte que la cloison apparaît plus complexe que ne l'indique la coupe schématique de la figure n° 15.

**D. — Fontaine n° 3.**

La cuve de cette fontaine présente deux centres d'émission :

F3/I : Un événement circulaire de 1 m de diamètre environ greffé sur la paroi sud de la cloison dont il a été question au paragraphe précédent, a ajouté à sa complexité un organe d'extrême importance : cet événement est le siège des terribles explosions qui se sont succédées sans interruption depuis les premiers jours de l'éruption.

Les gaz qui explosent au contact de l'air avec tant de violence ainsi que le produit de l'explosion sont incolores.

F3/II : Un tronçon de la fracture majeure long de 30 m environ apparaît au fond de la cuve, 30 m plus bas que le bord du cratère. Il est bordé de murets d'agglutinats de 1 m de hauteur environ.

Cette fracture encore active débite les gaz habituels (vapeur d'eau surtout) et de la lave, contrairement à l'événement qui ne débite que des gaz.

Les éjections en gerbes, de volume médiocre, sont projetées à 50-75 m de hauteur.

Les explosions sont assez fortes et causent le tourbillonnement de la vapeur d'eau.

**E. — Fontaine n° 4.**

Cette fontaine comporte un centre actif et émet des gaz et des laves. Ce centre est très profond et on peut l'observer de la crête du cratère. Son activité est faible et les bombes éjectées n'atteignent pas le sommet du cône du Mihaga. Les explosions sont faibles et rares.

Dans sa paroi sud, sur un replat de 3 à 4 m de largeur, un compartiment analogue à celui de la cloison séparant les fontaines n°s 2 et 3 a été découvert, grâce à son effondrement le 29 mai à 08 h 30, c'est-à-dire après l'extinction de l'éruption et pendant le développement de la phase solfatarienne (voir plus loin).

**IV. — ÉVOLUTION ET FIN DE L'ÉRUPTION.**

Le 21 mai fut marqué par les signes avant-coureurs de l'extinction de l'éruption : absence d'activité (excepté la montée de la vapeur d'eau) entre 08 h 35 et 09 h 20, aux fontaines n°s 3 et 4, restées les seules encore actives jusqu'à ce jour.

L'activité reprit ensuite et atteignit l'intensité « modérée à forte », le 22 mai à 20 h. Elle diminua ensuite progressivement jusqu'à sa cessation totale, le 28 mai à 19 h 01.

Les extraits du carnet de notes de l'auteur, reproduits ci-après, ont pour but de montrer que l'extinction de l'éruption du Mihaga a été très progressive.

21 mai 1954.

- 09 h 20 : Quelques faibles explosions suivent une longue période d'inactivité totale. Leur fréquence est de l'ordre de 7 secondes.
- 09 h 38 : De grosses éjections précèdent trois très fortes explosions issues de la fontaine n° 3/I.
- 09 h 57 : La reprise d'activité semble se poursuivre : les explosions très puissantes sont fréquentes; les sifflements dus aux obstructions reprennent; les « sifflements de fond » sont interrompus; il y a une abondante production de gaz et de vapeur d'eau.
- 11 h 20 : Des sifflements stridents se font entendre; ils ressemblent à ceux de la phase paroxysmale.
- 12 h 00 : L'activité atteint l'intensité « modérée à faible ». Les éjections sont toujours volumineuses et certaines passent par-dessus le bord du cratère.
- 17 h 00 : L'activité est plus faible que celle notée à 12 h, surtout en ce qui concerne la violence des explosions les plus fortes.
- 18 h 00 : L'activité diminue encore.
- 19 h 30 : Statu quo. Les éjections sont nombreuses, mais elles ne dépassent pas la crête du cratère. Seule l'intensité lumineuse variable de l'aurole au-dessus du cratère en démontre l'existence.
- 22 h 15 : L'activité est en baisse et atteint l'intensité « très faible », mais l'émission de la vapeur d'eau reste encore très abondante.

**22 mai.**

- 07 h 30 : L'activité demeure « très faible ». Les violentes explosions sont rares (quatre en 15 secondes) et semblent plus sourdes. Des éjections très fines sont discernables à quelques mètres au-dessus du cratère. Les gaz brunâtres se mêlent à la vapeur d'eau.
- 12 h 00 : Statu quo, mais l'activité semble être en hausse.
- 20 h 00 : L'activité est « modérée à forte » : les explosions sont fréquentes, les éjections plus volumineuses et plus nombreuses, la quantité des gaz émis est très grande.

**23 mai.**

- 08 h 00 : L'activité est « modérée-faible ».
- 22 h 30 : L'activité semble être en légère hausse.
- 23 h 15 : Après une explosion terrible (ce qui est exceptionnel maintenant), on voit se former au-dessus du cratère :  
— un immense panache, presque noir, voilant complètement la lueur du cratère;  
— une « bouffée » de gaz brunâtre, rapidement dissipée dans l'atmosphère. Un sifflement dû à une obstruction se prolonge pendant 2 minutes 12 secondes.
- 23 h 20 : Une explosion faible provenant de la fontaine n° 3/I dissipe un peu le panache noir; quelques poussières incandescentes brillent au-dessus du cratère et la lueur qui le couronne réapparaît avec une intensité variable. Elle prouve que les éjections continuent à se produire à l'intérieur du cratère.
- 23 h 29 : Une explosion d'intensité « moyenne » précède la projection d'une belle gerbe de lave; le panache est déblayé complètement. L'activité reste faible.

**24 mai.**

- 08 h 00 : L'activité est « modérée à faible » mais remarquablement constante depuis 06 h 00.
- 14 h 00 : Après la pluie qui dura trois heures, l'activité est considérablement plus faible.
- 18 h 00 : Le sol tremble pendant quelques secondes et des craquements issus de la lave consolidée se font entendre. Il semble qu'il s'agisse là du tassement de la lave du grand bouclier.
- 21 h 37 : Statu quo.  
Les températures de la lave, mesurées du bord du cratère, vers la fracture F3/II en activité, sont :  
1.175, 1.175, 1.175, 1.195, 1.195° C (corrigées).

**25 mai.**

- 08 h 00 : Activité en hausse, semble-t-il.
- 11 h 00 : L'activité est toujours en hausse. Les explosions faibles proviennent de la fontaine n° 3/II. Les éjections se suivent et sont volumineuses. Les gaz sont très abondants.
- 21 h 00 : La fontaine n° 3/I commence à son tour à être le siège d'explosions terribles, produites à la cadence d'une toutes les deux à trois secondes.  
L'activité est maintenant « modérée à faible », mais il semble qu'elle soit en baisse.

**26 mai.**

07 h 00 : L'activité est « faible » durant toute la journée.

**27 mai.**

07 h 30 : L'activité est « très faible » : plus d'explosions violentes, peu d'éjections et de volume réduit, de la vapeur d'eau abondante accompagnée de gaz bleuâtre.

12 h 00 : Statu quo. Faibles explosions toutes les 15 à 20 secondes.

18 h 00 : L'inspection du cratère révèle que les fontaines n° 3/II et 4 sont en activité. L'événement n° 3/I semble être inactif aujourd'hui.

19 h 00 : Une faible lueur surgissant et disparaissant aussitôt, indique une très faible activité de la fontaine n° 3/II qui peu à peu, s'éteint également.

19 h 27 : Ejection faible à 50-60 m de hauteur. Il y a donc une reprise d'activité de la fontaine n° 3/II après 27 minutes de repos.

19 h 28 : Une projection d'une douzaine de bombes monte à 50 m de hauteur.

19 h 29 : Une belle gerbe de lave atteint 75 m de hauteur. L'activité est très faible dans l'ensemble.

22 h 00 : Statu quo.

L'aurole lumineuse au sommet du cratère montre que les éjections se poursuivent à l'intérieur du cratère, à raison de une par minute (57 secondes).

**28 mai.**

07 h 00 : Aucune activité. Un peu de vapeur d'eau s'élève encore du cratère, indiquant que l'éruption n'est pas encore finie.

08 h 30-12 h : Statu quo.

12 h 30 : De nouvelles mesures du débit du lac de lave donnent :

$D = 5 \text{ m} \times 10 \text{ m} \times 0,1 \text{ m/sec} = 5 \text{ m}^3/\text{sec}.$

Le débit des gaz estimé approximativement était de 2.000 m<sup>3</sup>/sec.

Le rapport gaz/lave = 2,8 %.

La température de la lave mesurée sous la voûte était de 1.165° C, alors qu'à 06 h, elle atteignait encore 1.200° C. Cette chute de température de la lave signifie que l'éruption est pratiquement terminée. D'ailleurs, vers 18 h, le lac de lave était déjà figé et encroûté.

14 h 44 : Occupé à échantillonner sur la digue de lave sud, l'auteur enregistre douze explosions en trois minutes.

15 h 17 : L'auteur se trouvant sur la crête est du cratère, est surpris par sept explosions successives « modérées » à la fontaine n° 3/II (fracture majeure).

15 h 21 : Six nouvelles explosions faibles en 17 secondes.

18 h 13 : Faible « soupir » de 5 à 6 secondes sans aucune lueur à la fracture 3/II.

18 h 30 : Faible éjection de scories à 5-6 m de hauteur.

19 h 01 : Faible « soupir » d'une seconde venant de l'événement F3/I. Peu à peu la vapeur d'eau disparaît, la lueur soulignant la fracture majeure dans la fontaine F3/II se ternit et disparaît bientôt dans l'obscurité. Il semble que l'éruption soit terminée.

20 h 30 : Aucune activité et aucune émission de vapeur d'eau.

21 h-24 h : Statu quo.

29 mai.

03 h 00 : Statu quo. L'auteur quitte la crête ouest du cratère.

07 h 00 : Aucune activité, mais une énorme colonne de gaz monte de la cuve F3, quittée à 03 h.

Aucune activité ne s'est plus manifestée jusqu'à 12 h 17.

On peut donc considérer que l'éruption du Mihaga a pris fin le 28 mai à 19 h 01.

#### V. — LE CÔNE DU MIHAGA.

A la fin de la cinquième phase, les éjections étaient de petites dimensions et, projetées à faible hauteur, elles retombaient dans le cratère. Elles n'ont donc pas accru la hauteur du cône. Au contraire, sa dégradation commença dès l'apparition de la phase solfatarienne (29 mai) comme le montre la photo n° 24.

On a signalé plus haut que les parois internes des cuves des fontaines éclataient dès qu'elles ne contenaient plus de lave. Dépourvues de ce soutien, les crêtes de ces cuves s'effondrent rapidement. Le cône se tasse ainsi par le haut.

C'est peut-être à ce fait purement mécanique que sont dues les crevasses au sommet du cône du Mihaga qui seront décrites au chapitre suivant.

#### VI. — CONCLUSIONS.

1° Le refroidissement progressif de la lave vers l'aval crée des obstacles à son écoulement.

On a vu que dans ce cas, le niveau du torrent de lave remonte devant l'obstacle et que le torrent se dédouble afin de le contourner. Il est évident que lorsque la lave s'écoule sous une croûte consolidée, le relèvement du niveau du torrent de lave ne peut se faire qu'en rompant cette croûte en un point de faible résistance. C'est ce qui est arrivé dans la zone apicale d'une petite coupole adventive du bouclier, caractérisée par de nombreuses fissures.

2° La lave de la cinquième phase était nettement plus visqueuse que celle du début de l'éruption.

3° La température de la lave est restée constante pendant toute la durée de la cinquième phase. La chute de température enregistrée le 28 mai à 12 h 30 (1.160° C + 25° C) signifiait en fait la fin de l'alimentation du lac de lave et le début du refroidissement de celle-ci.

4° La cinquième phase a permis de prélever un sublimé dont la température de formation de 1.135° C (+ 25° C) est la plus élevée qui ait été enregistrée dans la littérature <sup>(10)</sup>.

(10) Ce sublimé est composé essentiellement d'alumine.

Les circonstances exceptionnelles ont permis de filmer cette solfatare (sur film Kodachrome).

5° La cloison séparant les fontaines n<sup>os</sup> 2 et 3 a montré après son éclatement, une structure interne compartimentée très complexe jouant le rôle de « distributeur de gaz ». On a vu, en effet, que le tunnel de sa paroi nord conduisait les gaz inflammables de la phase paroxysmale, que l'évent greffé à sa paroi sud ne laissait passer que les gaz explosifs, et que d'autres compartiments restés inconnus conduisaient des gaz solfataris aux deux préminences de l'Est et de l'Ouest. Aucun de ces compartiments ne livrait accès à la vapeur d'eau. Celle-ci ne sortait que par la fracture majeure, accompagnée de la lave. Ce fait est remarquable car il établit une sorte de paragenèse : vapeur d'eau-lave, l'arrêt de l'émission de la lave (fin de l'éruption) étant d'ailleurs concomitant de la disparition de la vapeur d'eau.

## CHAPITRE VIII.

### SIXIÈME PHASE (29 mai - ?).

Le 28 mai à 19 h 01, l'éruption du volcan Mihaga a pris fin. L'auteur surveilla de la crête occidentale, l'intérieur de la cuve de la fontaine n° 3, jusqu'à 03 h. Aucun signe d'activité ne s'étant plus produit, il décida de rentrer au camp.

A 07 h le 29 mai, une énorme colonne de gaz s'éleva de l'endroit qu'il avait quitté à 03 h.

Remonté sur la crête du cône du Mihaga, l'auteur observa :

1° Une crevasse de 0,5 m de largeur et profonde d'autant formée sur la bordure du cône autour des cuves des fontaines n<sup>os</sup> 3 et 4 et se raccordant au sommet ouvert de la cloison séparant les fontaines n<sup>os</sup> 2 et 3. Une fumée gris jaunâtre s'en échappait.

2° La température du fond de cette crevasse s'élevait à 950° C (+20° C). Bombes et agglutinats étaient portés au rouge.

3° A cette température, un sublimé blanc était en voie de formation; il tapissait les surfaces externes des bombes et des agglutinats et remplissait les cavités entre ces matériaux.

4° Un compartiment, inconnu jusqu'à ce jour, situé sur un replat de 2 à 3 m de largeur au bord sud du cratère apparut à la suite de l'éboulement de sa partie supérieure.

5° La cloison séparant les fontaines n<sup>os</sup> 2 et 3, éclatée à son sommet, livrait passage à des gaz bleuâtres, ternes, différents de ceux des solfatares. Le volume de ces gaz est insignifiant, de même d'ailleurs que leur vitesse ascensionnelle.

Il semble évident que la haute température régnant dans la fissure, inexistante encore à 03 h, a résulté de réactions chimiques exothermiques entre les gaz volcaniques et l'atmosphère.

Ces sublimés ne seraient donc pas juvéniles.

La figure 16 schématise le sommet du cône du Mihaga.

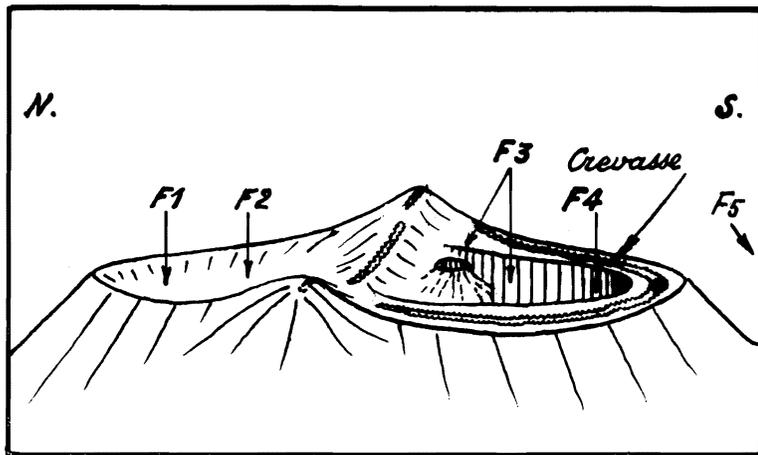


FIG. 16. — Situation des solfatares.

Vers 16 h apparut un nouveau sublimé, jaune rosâtre, recouvrant le sublimé blanc. Sa température de formation était de 905° C (+20° C).

Les conditions d'observation exceptionnellement favorables offraient la possibilité d'une étude complète de la formation des sublimés en fonction de la température. Malheureusement, les observations sur les solfatares ont dû être interrompues à la suite de la réception d'un télégramme du Service Géologique, désignant l'auteur pour une autre mission.

#### Conclusions :

L'épisode solfatarien de l'éruption, par son apparition brusque, son ampleur considérable, la haute température des réactions chimiques exothermiques qui le caractérisent, et l'importance des sublimés déposés, mérite d'être élevé au rang de phase.

Résumons brièvement les faits qui se rapportent à cette phase.

Le 21 avril vers 10 h, lorsque l'auteur aperçut les solfatares s'élevant sur les bords est et ouest de la cuve de la fontaine n° 1, éteinte à 06 h 30', il nota cet événement sans commentaires.

Le 4 mai vers 12 h, des solfatares importantes apparurent aux apex fissurés de deux proéminences, à l'Est et à l'Ouest de la fontaine n° 2, éteinte à 09 h. Ces fissures étaient portées au rouge et un sublimé blanc s'y déposait. L'activité violente de la fontaine n° 3 interdisant toute approche, l'échantillonnage de ce sublimé n'a donc pu être réalisé. L'apparition tardive des solfatares a attiré l'attention de l'auteur.

Enfin, le 29 mai à 07 h, on constatait la présence de solfatares impressionnantes autour de la cuve de la fontaine n° 3, éteinte le 28 mai à 19 h 01'. Le sublimé blanc s'y déposait à la température de 950° C (+20° C).

On peut déduire de ces faits que :

1° Les solfatares ont apparu systématiquement après l'extinction de chaque centre actif composant l'éruption du Mihaga;

2° Elles ont été indépendantes les unes des autres dans le temps et dans l'espace.

On a déjà souligné que les gaz solfatariens arrivaient à la surface par des chenaux différents de ceux des autres gaz (inflammables, explosifs et vapeur d'eau).

Il faut noter qu'une fois l'émission des gaz et de la lave arrêtée, les chenaux correspondants devenaient disponibles pour l'ascension des gaz solfatariens.

3° La séparation de la phase gazeuse de la phase liquide s'opère pendant toute la durée de l'éruption et même au-delà de celle-ci;

4° Les gaz solfatariens représentent la fraction lourde de la phase volcanique gazeuse <sup>(11)</sup>.

L'attention du lecteur a été attirée sur le fait que la vapeur d'eau et la lave accédaient à la surface seulement par la fracture majeure et que leur disparition a été concomitante de l'extinction de l'éruption.

L'association vapeur d'eau-lave acquiert ainsi une importance de premier ordre.

---

(11) Les sublimés déposés à haute température sont des chlorures et des sulfates.

## CHAPITRE IX.

**RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS DE LA PREMIÈRE PARTIE.**

L'auteur se propose de dégager maintenant, des événements décrits dans la première partie de ce Mémoire, les faits qui lui paraissent être essentiels dans le mécanisme de cette éruption volcanique.

**1. Le caractère isotherme de l'éruption.**

Ce fait important ressort des mesures de température de la lave, effectuées dans des conditions exceptionnellement favorables et identiques : sous les voûtes d'émission des laves.

La première mesure de la température réelle de la lave,  $1.200^{\circ}$  C, date du début de la phase paroxysmale (21 mars).

La même température a été enregistrée plusieurs fois entre le 19 et le 28 mai (jour de l'extinction de l'éruption) sous la voûte d'émission de la lave de la cinquième phase.

On a signalé plus haut qu'il en avait été de même lors de l'éruption du Tshambene (J. VERHOOGEN, 1948, p. 177).

La constance de la température de la lave pendant toute la durée de l'éruption est un phénomène plus important que la valeur absolue de la température mesurée.

Le fait que le dernier jour de l'éruption, de la lave à  $1.200^{\circ}$  C se trouvait encore à 1 km du cratère montre que son refroidissement est insignifiant sous une croûte de lave consolidée. Ce refroidissement doit être plus faible encore aux grandes profondeurs.

La température du foyer lavique semble ne pas devoir s'écarter sensiblement de  $1.200^{\circ}$  C, ce qui fixerait la profondeur de celui-ci vers 40 km ou 120 km selon qu'on envisage la loi linéaire ou la loi parabolique de l'accroissement de la température avec la profondeur (Fig. 17).

On s'aperçoit immédiatement qu'il faut appliquer une correction pour diminuer l'important écart entre les deux profondeurs déduites des courbes. Il ne faut pas, sans doute, exagérer cette notion de profondeur absolue, mais considérer surtout les conditions physico-chimiques qui y sont habituellement réalisées, et admettre qu'elles peuvent aussi exister ailleurs, à des niveaux nettement plus élevés sous des influences accidentelles telles que : accumulation locale de l'énergie thermique d'origine nucléaire ou existence de réactions chimiques exothermiques dues au contact de l'eau à l'état hypercritique avec le magma vitreux et « sec ».

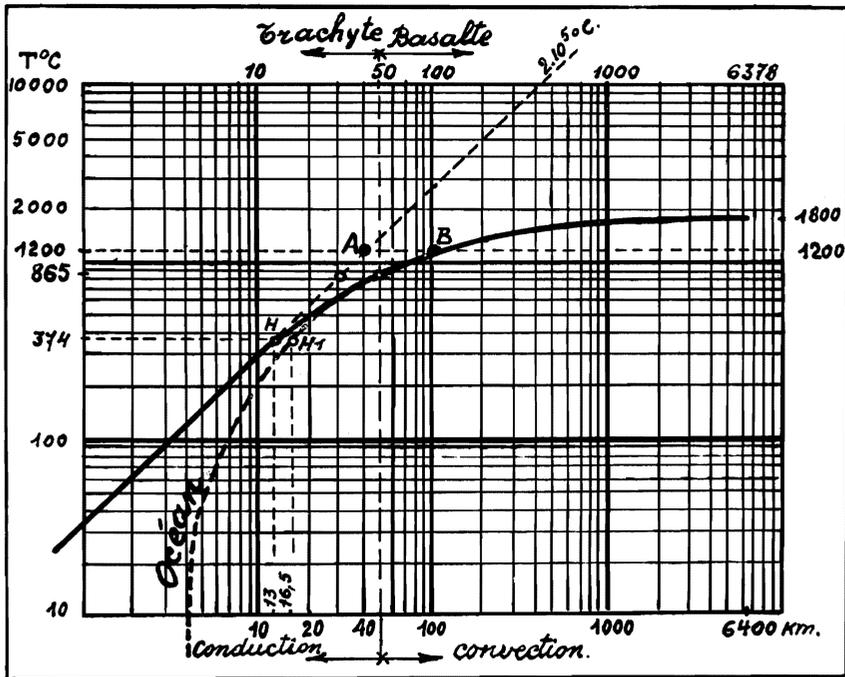


FIG. 17.

Distribution présumée des températures dans l'intérieur du Globe  
(A. DAUVILLIER, 1958, p. 117).

- 1.200° C : température de la lave du Mihaga;
- 865° C : température de fusion hydrothermale du basalte;
- 374° C : point critique de l'eau. H : sous le continent. H<sub>1</sub> : sous l'océan.

On sait que le basalte entre en fusion hydrothermale à 865° C (A. DAUVILLIER, 1958, pp. 115-117), ce qui fixe la profondeur du foyer à 27 km ou à 50 km d'après les mêmes courbes.

On peut donc penser que la température de 1.200° C n'est pas essentielle à l'éruption et n'est pas nécessairement en relation directe avec celle du foyer lavique. Au contraire, des présomptions sérieuses existent quant à la possibilité d'une élévation de la température après le déclenchement de l'éruption et, plus précisément, au moment du contact lave-eau hypercritique, grâce à l'augmentation brusque de la pression qui en résulte.

Le maintien d'une température égale de la lave au cours d'une éruption résulterait de plusieurs facteurs tels que :

- la présence de l'eau hypercritique de composition chimique constante (sels minéraux dissous, vapeurs métalliques, etc.);

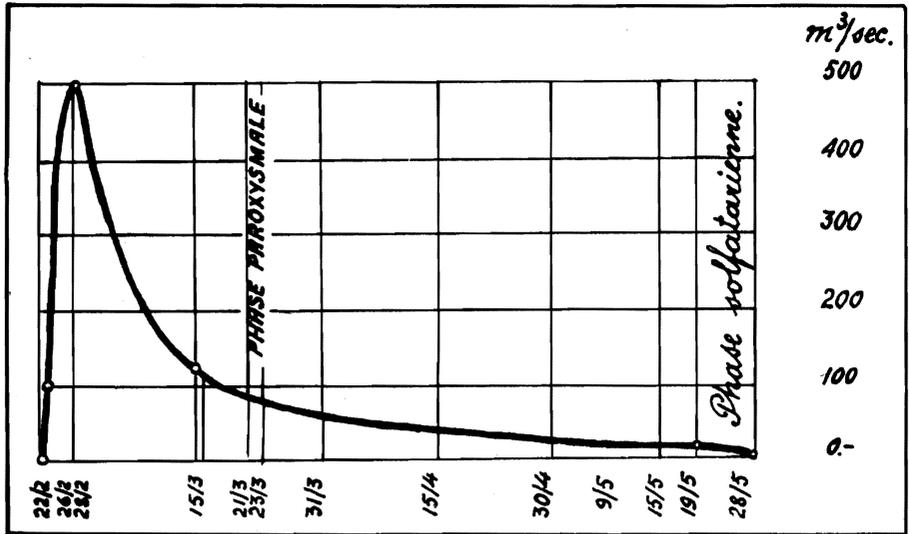


DIAGRAMME n° 1.

$V_l = 0,45 \cdot 10^9 \text{ m}^3$  soit  $0,45 \text{ km}^3$ .

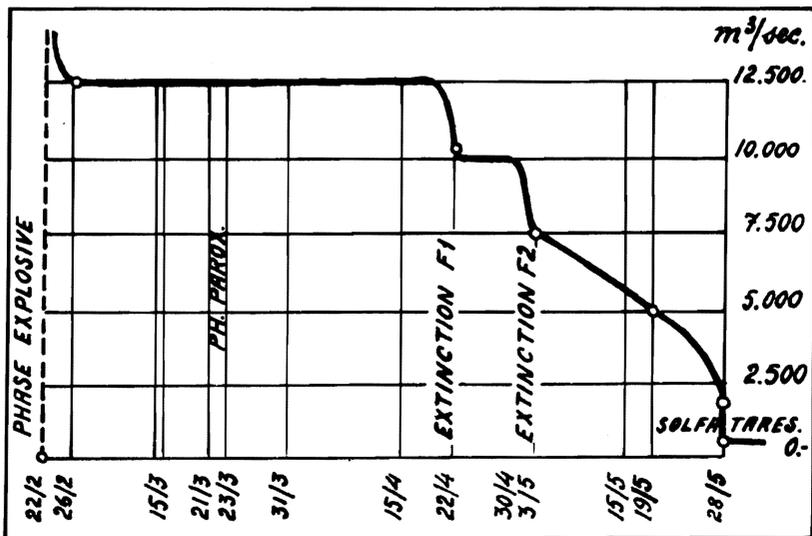


DIAGRAMME n° 2.

$V_g = 60 \cdot 10^9 \text{ m}^3$  soit  $60 \text{ km}^3$ .

- la composition chimique permanente du magma vitreux et sec du foyer;
- les réactions chimiques exothermiques régies par les deux phases en présence, qui seront inévitablement les mêmes;
- dégagement de chaleur proportionnel à la durée de contact des masses réagissantes;
- pertes de chaleur par conduction, par la détente, etc., qui sont constantes pour une éruption donnée.

On verra plus loin (II<sup>e</sup> partie), que le « liquidus du Mihaga », est exempt de toute phase solide (excepté les xénoclastes) lorsqu'il arrive, à 1.200° C, à la surface du sol. D'autre part, le volume de gaz émis au cours de l'éruption a été estimé à 60 km<sup>3</sup>, dont 50 km<sup>3</sup> de vapeur d'eau.

Il en résulte que l'action de l'eau hypercritique sur le magma vitreux consisterait en une suite de réactions avec production de phase gazeuse potentielle uniquement.

#### 2. Le volume de lave émis.

Les mesures de débit de lave correspondant aux diverses phases ont été citées plus haut. Elles permettent l'établissement du diagramme n° 1 représentant le débit de lave en fonction du temps. Ce diagramme, par intégration approximative, donne le volume (VI) de lave émis par le Mihaga.

#### 3. Volume de gaz émis.

Le diagramme n° 2 donnant le débit de gaz (Vg) en fonction du temps a été établi de même façon que celui du « débit lave-temps ». Les mesures du débit de gaz faites périodiquement au cours de l'éruption sont entachées d'erreurs. Cependant, réalisées dans les mêmes conditions et par le même opérateur, les résultats peuvent être comparables. On n'en retiendra donc que l'allure de la courbe et l'ordre de grandeur des débits exprimés.

Le volume de la vapeur d'eau peut être estimé à 80-85 % du volume total de gaz, soit 50 km<sup>3</sup> environ, c'est-à-dire plus de 100 fois le volume de lave.

#### 4. Le rapport pondéral gaz/lave.

Le diagramme n° 3 : « rapport du poids des gaz au poids de la lave » a été établi de la même façon que les deux diagrammes précédents. Il est entaché des mêmes erreurs, mais le rapport de deux grandeurs mesurées approximativement peut être plus correct que les grandeurs elles-mêmes.

La valeur moyenne de ce rapport est :

$$\frac{60.10^9 \text{ m}^3/\text{sec} \times 0,18 \text{ kg}}{450.10^6 \text{ m}^3/\text{sec} \times 2.500 \text{ kg}} = 0.96\%.$$

On retiendra seulement qu'il n'a pas été constant au cours de l'éruption.

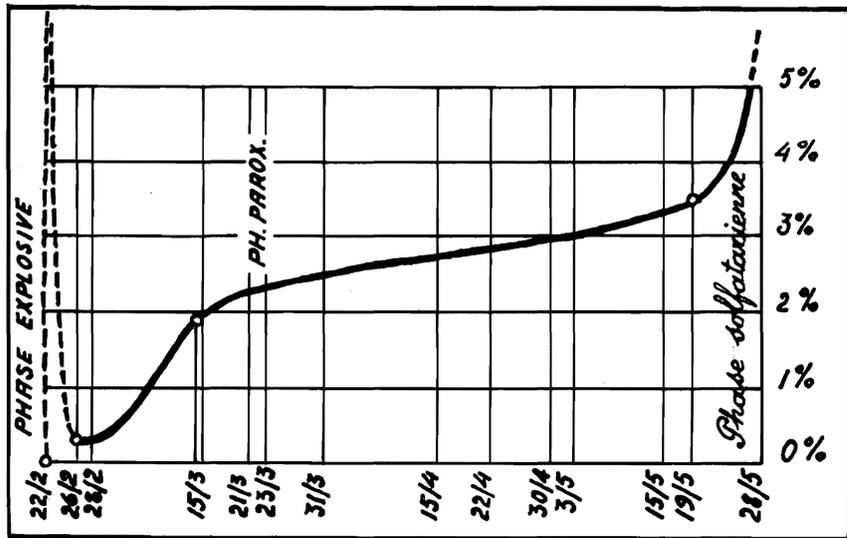


DIAGRAMME n° 3.

### 5. La vapeur d'eau.

Si l'on admet que le volume de la vapeur d'eau à  $1.200^{\circ}\text{C}$  émis par le Mihaga s'élève à  $50.10^9\text{ m}^3$  ou  $50.10^{15}\text{ cm}^3$  et sachant qu'un gramme d'eau à la pression atmosphérique donne environ  $5.000\text{ cm}^3$  de vapeur à  $1.200^{\circ}\text{C}$ , le volume d'eau rejeté par la lave (vapeur d'eau-lave étant une association génétique), s'élèverait à  $10 \times 10^{12}\text{ g}$  ou dix millions de mètres cubes <sup>(12)</sup>.

Il est difficile d'établir par des calculs rigoureux le travail colossal que peut produire la détente d'un tel volume de vapeur d'eau à  $1.200^{\circ}\text{C}$  sous une pression lithostatique de quelque 7.000 atmosphères régnant à 30 km de profondeur environ.

Nos connaissances des propriétés thermodynamiques de l'eau à l'état hypercritique sont assez réduites. On ne peut cependant se défendre d'attribuer à l'eau le rôle primordial dans le mécanisme d'une éruption volcanique. Le fait qu'au Mihaga, en 1954, la vapeur d'eau s'échappait uniquement par la fracture majeure en même temps que la lave, établit entre ces deux éléments essentiels de l'éruption une étroite interdépendance, une paragenèse indéniable. Si l'on estime qu'un  $\text{cm}^3$  de lave est accompagné de plus de  $100\text{ cm}^3$  de vapeur d'eau à haut potentiel énergétique, on arrive à la conclusion que la vapeur d'eau suffirait à elle seule à élever toute la lave jusqu'à la surface du sol. Cela donnerait l'explication de l'absence de toute détente de la vapeur d'eau lorsqu'elle s'échappait du cratère : cette détente aurait été utilisée à remonter la lave.

<sup>(12)</sup> L'explosion de Besimianny en 1956, rejeta  $15.10^6\text{ m}^3$  d'eau (I. TOVAZOVA, 1958).

## 6. L'origine de l'eau.

L'énorme volume d'eau émis au cours de l'éruption — et c'est un fait reconnu pour toutes les éruptions volcaniques du globe — et son association étroite avec la lave, pose deux problèmes fondamentaux :

a) la présence de l'eau est-elle une condition *sine qua non* de toute éruption volcanique ?

b) quelle est l'origine de cette eau ?

Pour répondre à la première question, il suffit d'examiner la distribution géographique des volcans actifs actuels pour constater qu'ils surgissent de l'eau ou des environs de grandes masses d'eau ou de glace.

La réponse à la seconde question semble s'imposer par voie de conséquence : l'origine de l'eau rejetée par le volcanisme est l'hydrosphère (A. DAUVILLIER, 1958, pp. 232-234).

En ce qui concerne le cas particulier du Mihaga, rappelons qu'il se trouve entre les deux volcans géants Nyiragongo et Nyamuragira, situés au centre du graben africain en son tronçon compris entre les lacs Kivu et Édouard.

## 7. Le rôle de l'eau.

L'éruption du volcan Mihaga a pu être alimentée par les eaux lacustres. Celles-ci s'infiltrèrent le long des failles radiales principales du graben et des nombreuses failles conjuguées importantes ou secondaires jusqu'à des profondeurs de l'ordre de 27 à 50 km où l'eau se trouve à l'état hypercritique. L'eau possède alors des propriétés remarquables mises en lumière par des expériences, entre autres celle de filtrer au travers des roches et de dissoudre la silice à raison de 500 g/m<sup>3</sup> de fluide à 400° C et sous une pression de 500 atmosphères (A. DAUVILLIER, 1958, pp. 222 et 225). On se rend compte aisément qu'à 1.200° C et sous une pression de 7.000 atmosphères, les propriétés de l'eau hypercritique soient plus efficaces encore.

Le basalte sec entre en fusion hydrothermale à 865° C, cette température étant réalisée à une profondeur de l'ordre de 30 km. On a signalé plus haut que les réactions chimiques exothermiques qui résultent du contact eau hypercritique-lave sont caractérisées par la production d'une phase gazeuse à l'exclusion de toute phase solide et par conséquent par l'accroissement de la tension de vapeur.

La phase gazeuse ainsi libérée émulsionne immédiatement le magma, augmente démesurément son volume et le transforme en pyromagma plus fluide et de densité plus faible. L'équilibre local est rompu et l'éruption volcanique est amorcée par l'ascension du pyromagma dans la fracture ouverte ou réouverte par l'accroissement de la pression locale. D'autres masses de

magma sec venant au contact de l'eau hypercritique accentuent l'éruption par la formation d'une nouvelle tranche de pyromagma et par la décharge qui en résulte (A. RITTMANN, 1963, p. 324).

L'extinction de l'éruption coïncidera nécessairement avec l'épuisement de la réserve d'eau hypercritique.

C'est ce qui semble s'être produit au Mihaga.

L'éruption suivante ne pourra se reproduire au même endroit que si une nouvelle réserve d'eau atteint l'état hypercritique et vient à son tour au contact du magma sec. Les éruptions se succéderont ainsi suivant le même schéma — très analogue d'ailleurs à celui des geysers — tant que les fractures ouvertes ne seront pas obstruées.

Aucun autre élément ne paraît être essentiel pour amorcer une éruption volcanique. La cause de l'émulsion du magma est également la cause de l'éruption, quel qu'en soit le type. Les phénomènes qui se déroulent à la surface du sol n'en sont que des conséquences.

#### 8. Gaz autres que la vapeur d'eau.

La structure compartimentée de la cloison séparant les fontaines n<sup>os</sup> 2 et 3 a permis de constater que les différents gaz (inflammables, explosifs, solfatariens et inertes) arrivaient à l'air libre par des chenaux propres à chaque groupe de ces gaz, tandis que la vapeur d'eau, génétiquement associée à la lave, s'échappait par la fracture majeure.

Le volume de ces gaz a été estimé à  $10.10^9$  m<sup>3</sup>.

On connaît peu ces gaz, étant donné l'impossibilité d'en prélever au cours de l'éruption. Ni l'événement F3/I, siège d'explosions terrifiantes, ni le tunnel, siège de la flamme pendant la phase paroxysmale, n'étaient accessibles.

Malgré les difficultés d'approche, on a reconnu qualitativement et même quantitativement au Nyiragongo les gaz suivants (M. CHAIGNEAU, H. TAZIEFF et R. FABRE, 1960) :

- l'azote (plus gaz rares), l'anhydride carbonique et l'oxyde de carbone liés par la relation  $\text{CO}_2 = \text{CO} + \text{O}$ , en sont les principaux;
- l'hydrogène, l'ammoniac, l'argon et de nombreux autres gaz à l'état de traces;
- les gaz solfatariens, considérés ici comme étant postérieurs à l'éruption.

Le méthane n'a pas été reconnu au Nyiragongo, mais il a été identifié au Kamtchatka (I.-I. TOVAROVA, 1958). Tous ces gaz sont considérés comme juvéniles, sauf les gaz solfatariens, semble-t-il. Le rôle qu'ils jouent dans le mécanisme de l'éruption volcanique est douteux et ne paraît pas être important. Ces gaz sont ou réducteurs ou inertes en l'absence d'oxygène. Or, on sait que l'oxygène à l'état libre est inexistant en profondeur.

Au contact de l'air, certains gaz se sont révélés explosifs ou inflammables, mais l'énergie ainsi libérée n'a pu être utilisée par l'éruption et n'en est donc pas une des causes.

Le fait que l'azote ionique ait été identifié au Tshambene (J. VERHOOGEN, 1948, p. 183), montre que cet élément a joué le rôle de modérateur plutôt que de moteur de l'éruption.

On a vu que les gaz solfatariens libèrent une énergie thermique appréciable par réaction avec l'oxygène de l'air atmosphérique. Cette énergie n'a pas non plus été utilisée par l'éruption.

Il semble donc que le rôle des gaz autres que la vapeur d'eau soit insignifiant dans le mécanisme de déclenchement d'une éruption volcanique. Occlus dans le magma sec, ils en sont libérés par l'éruption et leur volume s'ajoute à celui de la vapeur d'eau dans l'action ultérieure de l'émulsion du magma (Photo 34).

#### NOTE AJOUTÉE EN COURS DE CORRECTION DES ÉPREUVES.

En ce qui concerne les hypothèses émises dans le paragraphe 1 de ce chapitre, l'auteur, à l'époque de leur rédaction, n'avait pas encore connaissance du Mémoire fondamental de H. S. YODER, Jr. and C. E. TILEY : Origin of Basalt Magmas : An Experimental Study of Natural and Synthetic Rocks Systems (*Papers from the Geophysical Laboratory*, Carnegie Institution of Washington, No. 1387) paru dans *Journal of Petrology*, vol. 3, number 3, October 1962.

## DEUXIÈME PARTIE

### Étude des produits de l'éruption.

#### INTRODUCTION.

La première partie de cette étude a été consacrée à la description des six phases qui caractérisèrent l'éruption de 1954.

Au fur et à mesure de la succession des événements, l'auteur dressait des cartes au 1/5.000<sup>e</sup> sur lesquelles il portait les torrents de lave avec les dates de leur apparition, les directions de leur écoulement, les terrains qu'ils envahissaient et les endroits de prélèvement d'échantillons. L'échantillonnage se poursuivit pendant toute la durée de l'éruption; la collection ainsi constituée en fonction du temps devait permettre de déceler les variations de la composition chimique des laves au cours de l'éruption.

Elle se composait de 128 échantillons de laves, de 32 bombes volcaniques et enclaves énallogènes et de 12 sublimés volcaniques. Ces derniers furent prélevés au cours de leur formation, les températures étant soigneusement relevées.

110 préparations microscopiques et 120 analyses chimiques et spectroscopiques furent exécutées par les Laboratoires du Service Géologique de Bukavu.

L'auteur remercie ses collègues et amis MM. P. HERMAN et E. MINET, spectroscopistes, J. HAINE, C. DELMOTTE et G. VISEUR, chimistes, qui ont exécuté toutes les analyses des laves et des sublimés; il remercie également les auxiliaires indigènes : préparateurs, dessinateurs, secrétaires qui ont participé, chacun selon sa compétence, à la préparation de tous ces produits de l'éruption.

La deuxième partie de ce mémoire est consacrée à l'étude chimico-minéralogique de cet important matériel.

## CHAPITRE PREMIER.

**ÉTUDE DES MINÉRAUX DES LAVES.**I. — **CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.**

Toutes les laves émises en 1954 sont gris foncé à noires, brunes parfois, lorsqu'elles ont été exposées à l'action directe des flammes; toutes sont vacuolaires à des degrés divers et contiennent des petits phénocristaux de plagioclase, de pyroxène, d'olivine et, exceptionnellement, de leucite.

L'étude des 110 préparations microscopiques des laves du Mihaga montre une grande uniformité dans la texture, la structure et la composition minéralogique. Aucune de ces laves n'est entièrement vitreuse; aucune n'est holocristalline. Cependant, entre ces deux limites, tous les stades intermédiaires sont largement représentés.

La structure peut être résumée en quelques mots : les phénocristaux de bytownite, d'augite titanifère, de titanomagnétite, d'olivine, sont distribués d'une façon quelconque dans une pâte microlitique, elle-même composée de labrador, d'augite titanifère et d'olivine, enrobés dans un volume plus ou moins important de verre jaune-brun ou incolore.

Quelques laves seulement contiennent de la leucite. Ce minéral ne se forme que tardivement et dans des conditions qui seront exposées plus loin.

L'étude des phénocristaux à la platine universelle montre qu'ils sont communs à toutes les laves émises en 1954 et, en général, à toutes les laves du système du Nyamuragira. Cependant, contrairement aux laves émises avant 1954, les laves du Mihaga contiennent de l'hypersthène en phénocristaux et en microlites.

Sous le microscope apparaît également la vraie nature des phénocristaux: il ne s'agit pas en l'occurrence d'un premier temps de cristallisation. En général, on observe des débris anguleux et, exceptionnellement, des individus entiers de bytownite, d'augite titanifère, de titanomagnétite et d'olivine.

Ces minéraux semblent avoir été arrachés par la lave à des formations profondes lors de son ascension vers la surface et ils seraient d'origine intratellurique. Ces débris, de toutes tailles, dépassent rarement 2 mm. Les traces de fusion qu'ils montrent dénotent un léger déséquilibre physico-chimique existant entre les phénocristaux cités, constituant les phases solides étrangères et la phase liquide qui, par refroidissement, donne lieu aux laves du Mihaga, avec les minéraux qui leur sont propres, c'est-à-dire ceux qui précipitent à partir de cette phase liquide ou ceux qui se forment tardivement, aux dépens du verre résiduel.

Les phénocristaux sont soit isolés, soit associés entre eux. L'association la plus rare mais la plus significative est celle des quatre minéraux cités plus haut : bytownite, augite titanifère, olivine et titanomagnétite. C'est à ce gabbro qu'il faut, semble-t-il, attribuer l'origine des phénocristaux classiques des laves du Mihaga.

Le terme de xénoclaste paraît plus approprié pour désigner ces débris. Les grains de leucite, par contre, sont de vrais phénoblastes, comme on le montre dans la suite.

Les microphénocristaux des laves du Mihaga se composent des mêmes minéraux que ceux que l'on rencontre en phénocristaux. Leur facies particulier ne permet pas de les confondre avec ceux des microlites qui ont pu atteindre une grande taille, ce qui est fréquent au cinquième stade de cristallinité (voir plus loin).

C'est ainsi que le plagioclase cristallisé à partir du « liquidus du Mihaga », est un labrador titrant 70 à 75 % An; l'augite titanifère, de même origine, ne présente jamais de macle; le facies aciculaire des minéraux précipités à partir de la phase liquide persiste jusqu'à la consolidation finale de la lave, etc.

Les microphénocristaux peuvent donc avoir une double origine et être classés en microxénoclastes et en microphénoblastes.

La pâte microlitique offre à l'observation des facies nombreux et intéressants. Représentant le liquidus du Mihaga proprement dit, son étude présente un intérêt réel pour la compréhension de la structure et de la texture d'un échantillon de lave donné.

Noyés dans la pâte d'une façon désordonnée, on retrouve, en microlites, tous les minéraux déjà connus en phénocristaux et en microphénocristaux, c'est-à-dire : bytownite, augite titanifère, titanomagnétite, leucite parfois, hypersthène. Contrairement aux laves du Gituro de 1948 (C. SOROTSCHINSKY, *in* TAZIEFF 1951), il n'a pas été décelé d'olivine microcristalline contemporaine des autres microlites de précipitation directe à partir du liquidus. L'olivine semble être un minéral essentiellement étranger aux laves propres au Mihaga, si l'on considère tous les phénocristaux de celle-ci comme d'origine intratellurique (xénoclastes).

Le verre présente également des facies variables selon le cas : il peut être incolore, jaune d'or, brun havane, brun violacé. Ces couleurs diverses ne sont pas dues au hasard : l'auteur montrera plus loin qu'il existe une relation étroite entre la couleur du verre, son indice de réfraction et le volume occupé par les microlites dans le volume total de la lave. C'est ainsi que l'indice de réfraction du verre jaune d'or est supérieur à 1,572 de la bytownite, alors que celui du verre incolore est inférieur à l'indice du baume du Canada (1,54).

Outre les minéraux communs cités plus haut, et selon le stade de cristallinité atteint par une lave donnée, apparaissent des minéraux à facies particuliers tels que : fins prismes d'un pyroxène vert, octaèdres d'un mine-

rai noir (magnétite titanifère probablement), octaèdres très fins, ultra-microscopiques, paraissant brunâtres (du même minerai probablement), ainsi que trois types de dendrites, plagioclase en tablettes de sections losangiques ou rectangulaires et enfin, aux dépens du verre résiduel, un pyroxène fibreux qui, au dernier stade de cristallinité, rend la lave holocristalline.

Il reste à signaler que les laves refroidies très rapidement montrent un halo noir à la périphérie des phénocristaux et même des microlites. Grâce aux stades intermédiaires nombreux, on peut suivre la transformation progressive du halo en octaèdres de titanomagnétite. Ce minerai, commun dans les laves basiques, a donc aussi une origine double.

Le tableau ci-contre reprend tous les minéraux et leurs facies, rencontrés dans les laves du Mihaga. Leur description fait l'objet des paragraphes suivants.

## II. — DESCRIPTION DES CONSTITUANTS DES LAVES DU MIHAGA.

### 1. LES PHÉNOCRISTAUX XÉNOCLASTIQUES ET LES PHÉNOBLASTES.

#### A. — Plagioclase.

Sans exception, le plagioclase est la bytownite zonée, la récurrence des zones de même titre en anorthite pouvant atteindre 5 et davantage. Le titre au centre du plagioclase peut varier de 85 à 90 % An, tandis que la zone périphérique ne dépasse pas 75 % An.

En général, les phénocristaux de bytownite présentent un liséré périphérique dont la teneur en An (dans les rares cas où sa détermination à la platine universelle était possible) varie de 65 à 70 %. Cette teneur en An est celle des microlites des laves du Mihaga, précipitées à partir du liquidus. On en déduit que ces minces lisérés périphériques représentent l'accroissement de la bytownite aux dépens du liquidus.

La bytownite est maclée : la macle de l'Albite est la plus fréquente; la macle de Carlsbad est abondante également et la macle double Albite-Carlsbad n'est pas rare.

Les cas d'indétermination (coïncidence des pôles de  $N_p$ ) sont exceptionnels (1 cas sur 80 mesures).

Les grains de bytownite dépassent rarement 2 mm en leur plus grande dimension; en général, ils sont de l'ordre de 0,5 mm. On les trouve isolés, groupés parallèlement, se croisant ou réalisant des groupements étoilés, en amas désordonnés de 1 à 2 mm.

#### B. — Pyroxène.

Le pyroxène en phénocristaux est l'augite à  $\pm 6$  % de  $TiO_2$ . Il est zoné et présente souvent une structure en sablier; celle-ci est très nette lorsqu'on l'étudie à la platine universelle. 16 mesures de l'angle des axes optiques révèlent une légère variation entre 56 et 60°. 2V est positif.

TABLEAU N° 1. — Les constituants des laves du Mihaga.

Constituants	Phénocristaux		Microphénocristaux		Microlites	
	Xéno-clastes	Liquidus Mihaga	Xéno-clastes	Liquidus Mihaga	Xéno-clastes	Liquidus Mihaga
<i>Plagioclases :</i>						
Bytownite ... ..	+	—	+	—	—	—
Labrador ... ..	—	+	—	+	—	+
Labrador en tablettes .	—	—	—	+	—	+
Labrador en losanges ..	—	—	—	+	—	+
<i>Pyroxènes :</i>						
Augite .. ... ..	+	—	+	+	—	+
Vert ... ..	—	—	—	—	—	+
Fibreux . ... ..	—	—	—	—	—	+
Hypersthène . ... ..	?	+	—	+	—	+
<i>Olivine</i> ... ..	+	—	+	—	—	—
<i>Titanomagnétite :</i>						
Grands octaèdres . ...	—	—	—	—	—	+
Octaèdres très fins ...	—	—	—	—	—	+
Dendrites I .. ... ..	—	—	—	—	—	+
Dendrites II . ... ..	—	—	—	—	—	+
Dendrites III ... ..	—	—	—	—	—	+
Trichites ... ..	—	—	—	—	—	+
« Halos » ... ..	—	—	—	—	—	+
<i>Leucite</i> ... ..	—	+	—	+	—	+
<i>Verre</i> . ... ..	—	+	—	+	—	+

+ : présent. — : absent.

Les indices de réfraction, relevés par la présence de l'oxyde de titane, sont :  $\pm 1,740$  suivant  $N_g$  et  $1,715$  suivant  $N_p$ . Le pléochroïsme est extrêmement faible mais la coloration en beige violacé ou brun foncé est forte.

La macle avec plan d'association (100) est fréquente. Les individus d'augite titanifère, généralement trapus, peuvent atteindre 1 à 2 mm de longueur. Ils sont souvent associés à la bytownite ou groupés en amas.

**C. — Olivine.**

La proportion d'olivine est tellement variable d'un échantillon à l'autre qu'on ne peut s'empêcher de considérer la présence de ce minéral dans les laves du Mihaga comme étant due à l'effet du hasard. Dans certaines laves il manque complètement et, contrairement aux laves de 1948, il est introuvable en microcristaux. Dans l'ensemble, l'olivine peut être considérée comme étant un minéral rare et sans signification lithogénétique. 12 mesures à la platine universelle indiquent un angle des axes optiques négatif de  $86^\circ$ , ce qui correspond à une olivine à  $\pm 75\%$  de forstérite.

**D. — Titanomagnétite.**

L'analyse chimique de ce minéral commun à toutes les laves du système du Nyamuragira a été faite à l'Université de Bruxelles. Il titre 3,32 % de  $TiO_2$  (H. TAZIEFF, 1950, note infrapaginale, p. 71).

La titanomagnétite se présente en individus plus ou moins polygonaux, arrondis parfois, s'associant volontiers aux xénoclastes d'augite, d'olivine et de bytownite et aux combinaisons possibles entre ces phénocristaux xéno-clastiques.

**E. — Leucite.**

Ce minéral se forme tardivement aux dépens du verre résiduel de la pâte microlitique. En général, les grands individus isolés de 0,5 à 0,6 mm de diamètre montrent des contours plus ou moins polygonaux, indécis, se délayant progressivement dans la pâte environnante. Ils renferment en inclusions les octaèdres de titanomagnétite de 5 à 10  $\mu$  de côté, des microlites de labrador de 6  $\mu \times 156 \mu$ , des microlites d'augite titanifère de 48  $\mu \times 100 \mu$  et davantage; d'innombrables prismes très fins de pyroxène vert de 5  $\mu \times 25 \mu$ . Ces microlites ont été englobés *in situ* par la croissance des grains de leucite et sont par conséquent antérieurs à ceux-ci. Les plages de leucite ainsi formées sont très caractéristiques.

On en conclut que :

1° la leucite se formant aux dépens du verre de la pâte microlitique est le seul phénocristal (phénoblaste) appartenant réellement à la lave du Mihaga;

2° la cristallisation de la leucite est postérieure à la cristallisation de l'augite titanifère en microphénocristaux, des microlites de labrador, de la titanomagnétite et des fins prismes de pyroxène vert;

3° dans les laves refroidies brusquement, caractérisées par l'absence des minéraux cités sous le 2°, la leucite sera absente également. Autrement dit : l'apparition de la leucite dépend essentiellement du régime de refroidissement d'une lave donnée.

Ce fait explique la rareté relative de la leucite dans les laves du Mihaga ainsi d'ailleurs que dans les laves du Gituro (1948) et du Tshambene (1938-1940).

## 2. LES MICROPHÉNOCRISTAUX XÉNOCLASTIQUES ET LES MICROPHÉNOBLASTES.

### A. — Plagioclase.

Les microphénocristaux de plagioclase se composent uniquement de bytownite, mais la teneur en anorthite est inférieure à celle des phénocristaux et ne dépasse pas 80 % au centre des individus; à la périphérie, la zone d'accroissement finale présente une teneur en An de l'ordre de 70 %, c'est-à-dire celle des microlites également (voir phénocristaux).

Les autres caractéristiques citées à propos des phénocristaux sont valables pour les microphénocristaux.

### B. — Pyroxènes.

Les microphénocristaux de pyroxène se composent principalement d'augite titanifère, mais, comme il a été précisé plus haut, leur origine peut être double. En effet, certains individus ont une origine étrangère, comme l'augite en phénocristaux. Ces individus sont en général zonés, trapus, fissurés parfois, souvent maclés. Les débris de phénocristaux xénoclastiques sont considérés ici comme microphénocristaux xénoclastiques. On les trouve en individus isolés ou associés à la bytownite, à l'olivine, à la titanomagnétite.

Les individus de précipitation directe à partir du liquidus ont un facies plus étiré, et ne sont jamais zonaires ni maclés. Le zonage n'apparaît que lorsque le microlite, par suite de circonstances très favorables de refroidissement, arrive à atteindre une taille exceptionnelle avant la consolidation finale de la lave. Les individus de cette origine sont en général groupés en étoiles mais on en trouve d'isolés ou groupés d'une façon quelconque. La grandeur des microphénoblastes est très variable. La couleur, le pléochroïsme, sont communs à toutes les augites titanifères.

Les microphénocristaux d'hypersthène sont nombreux également dans les laves du Mihaga, sans atteindre cependant — et de loin — l'importance de l'augite. L'hypersthène se présente toujours en individus isolés, jamais maclés ni zonés, avec un facies aciculaire très prononcé (longueur = 10 fois la largeur). Il est incolore. La structure fourchue est toujours très nette, les secteurs basaux, appuyés sur le plan (001) étant constitués de verre brun clair.

L'examen des préparations microscopiques des laves très brusquement refroidies permet de constater que l'hypersthène est un minéral de formation très précoce. En effet, alors que la lave est essentiellement vitreuse, ne contenant aucun autre minéral (phénocristaux xénoclastiques exclus), il

se présente en grands individus exceptionnellement de la taille des phénocristaux, très aciculaires, avec arêtes rectilignes sans défauts, ce qui postule sa précipitation et sa croissance en milieu liquide.

Il est accompagné, à ce stade de cristallinité de la lave (stade I, voir plus loin) de quelques cristallites et microlites de même nature et de même facies. Dans d'autres laves, à un stade de cristallinité légèrement plus avancé, il peut être accompagné de cristallites d'augite titanifère et de quelques sections losangiques d'un minéral indéterminable, tous compris dans l'épaisseur de la préparation microscopique.

Il semble que l'hypersthène soit le seul minéral des laves du Mihaga qui présente deux temps de cristallisation :

1<sup>er</sup> temps : Individus précipités à partir du liquidus à grande profondeur avant d'arriver à la surface : phénocristaux (très rares);

2<sup>e</sup> temps : Individus précipités à partir du liquidus, en sortant de la fracture majeure, lors de la fin de la séparation de la phase gazeuse <sup>(1)</sup> : ce sont des cristallites et microlites, accompagnant les phénocristaux du premier temps.

L'hypersthène, minéral rare qui semble être stable à haute température (+1.200° C), tend à disparaître au fur et à mesure du refroidissement.

#### C. — Titanomagnétite.

Les microphénocristaux de titanomagnétite ont comme origine les halos noirs qui entourent les minéraux (phénocristaux, microphénocristaux et microlites) de formation précoce ou les nuages noirs qui se forment dans le verre. On a fait remarquer plus haut que ces halos se condensent en octaèdres à la périphérie des minéraux (Photo n° 40).

Les microphénocristaux de titanomagnétite ont également une origine double. Ceux qui se développent à moitié à l'intérieur d'un minéral, l'autre moitié étant à l'extérieur, dans la pâte, ont leur origine dans le liquidus du Mihaga. Ils ont en général des formes géométriques régulières et leur nombre est aussi important que celui des xénocristaux.

#### D. — Olivine.

Les microphénocristaux d'olivine sont, en général, constitués de débris de phénocristaux xénoclastiques et très rarement d'individus entiers de petite taille.

Leurs caractères sont ceux des phénocristaux.

---

<sup>(1)</sup> Dans la première partie de ce mémoire, l'auteur a insisté sur le fait que la séparation de la phase gazeuse était achevée lorsque la lave sortait du cratère.

**E. — Leucite.**

Ce minéral tardif des laves du Mihaga se présente en toutes tailles. Son facies est identique à celui décrit plus haut, quelle que soit sa taille.

**3. LES MICROLITES.**

(Tableau n° 2.)

**Remarques préliminaires.**

Les microlites et le verre résiduel représentent incontestablement le liquidus du Mihaga. Ils se sont consolidés à partir de celui-ci, cette consolidation massive étant due à la détente consécutive à l'épanchement de la lave à la surface.

Le fait que plusieurs échantillons de laves brusquement refroidies montrent une texture essentiellement vitreuse (les phénocristaux étant des xénoclastes) démontre que la précipitation de la phase solide est pratiquement nulle lorsque le liquidus à 1.200° C arrive à la surface.

La consolidation débute et se poursuit en fonction des conditions de surface, c'est-à-dire à une pression ne dépassant pas 2 kg/cm<sup>2</sup> (pour les coulées de ±4 m d'épaisseur), et à une température initiale de 1.200° C.

Le refroidissement d'une coulée de lave immobilisée est très lent. En effet, on observe, la nuit surtout, par les fractures béantes dues au retrait par refroidissement, de la lave rouge cerise (±500° C) deux à trois semaines après son épanchement à la surface. Cette lenteur de refroidissement s'explique aisément par le dégagement de la chaleur latente de formation du corps solide à partir du liquide. Elle est approximativement de 0,3 cal/gr 1° C pour le solide à l'état amorphe et de 100 cal/gr 1° C pour l'état cristallin.

Les conclusions qui s'imposent sont donc :

1° à 1.200° C, température constante de la lave pendant toute la durée de l'éruption, aucune cristallisation n'a eu lieu à partir du liquidus;

2° la séparation des diverses phases solides, telles que : labrador, augite titanifère, magnétite, leucite, hypersthène, etc., suivie de leur légère remise en solution, se produit au-dessous de 1.200° C, en un laps de temps qui peut être estimé :

a) à trois semaines (surveillance d'une crevasse ouverte dans une coulée de lave), si la mare de lave cesse d'être alimentée et se refroidit en l'absence de tout mouvement (coulée de la deuxième phase de ±4 m d'épaisseur, entre la fracture majeure et le poste d'observation);

b) à deux mois, si le torrent de lave est en mouvement, sans cesse alimenté et poussé vers l'aval par de la lave à 1.200° C sortant de la fracture majeure (extrémité de la coulée orientale du mois d'avril, à 15 km du centre d'émission où elle était encore à 890° C);

c) les laves les mieux cristallisées doivent être celles qui ont eu le plus long temps de refroidissement, c'est-à-dire celles qui sont les plus éloignées du centre d'émission.

TABLEAU N° 2. — Grandeurs approximatives des microlites.

Minéraux	1 <sup>er</sup> stade en mm	2 <sup>e</sup> stade en mm	3 <sup>e</sup> stade en mm	4 <sup>e</sup> stade en mm	5 <sup>e</sup> stade en mm	6 <sup>e</sup> stade en mm	Remarques
Hypersthène ... ..	0,03×0,01	0,3×0,06	0,5×0,05	0,3×0,035	0,1×0,02	0,64×0,12	Squelettiques
Augite titanifère ... ..	Germes	0,085×0,02	0,12×0,03	0,17×0,04	0,17×0,05	0,2×0,05	—
Pyroxène vert ... ..	—	—	0,04×0,02	0,05×0,01	0,094×0,01	0,1×0,02	—
Pyroxène fibreux ... ..	—	—	—	Non mesurable	0,05×0,0005	0,3×0,005	—
Labrador aciculaire .. ...	—	0,08×0,01	0,085×0,01	0,09×0,015	0,1×0,015	0,175×0,02	—
Labrador en tablettes ...	—	0,05×0,025	0,03×0,015	0,085×0,04	0,1×0,05	0,1×0,05	—
Labrador en losanges ...	—	0,07	0,085	0,09	0,12	0,135	—
Halos noirs . ... ..	—	0,085	—	—	—	—	} Résorbés en octaèdres
Taches noires ... ..	—	0,01×0,01	—	—	—	—	
Octaèdres fins ... ..	—	—	0,05×0,05	0,75×0,75	0,1×0,1	0,137×0,137	—
Octaèdres très fins ... ..	—	—	—	0,01×0,01	—	—	—
Octaèdres ultramicrosc. ...	—	—	0,004×0,004	0,01×0,01	—	—	—
Dendrites I. ... ..	—	—	—	0,03×0,003	0,035×0,003	0,05×0,003	} Longueur × étalement
Dendrites II ... ..	—	—	—	0,09×0,02	0,09×0,02	0,09×0,02	
Dendrites III ... ..	—	—	—	—	—	0,1×0,05	
Leucite ... ..	—	—	—	—	≤ 0,5	0,7	

Cette dernière conclusion est parfaitement vérifiée au Mihaga: les échantillons prélevés à 12 km du centre d'émission le 21 avril 1954, montrent des laves non seulement pratiquement holocristallines, mais contenant toutes de la leucite.

On a vu au chapitre consacré aux phénocristaux que ce minéral apparaissait tardivement aux dépens du verre résiduel. C. SOROTSCHINSKY (*in* TAZIEFF, 1951) et J. VERHOOGEN (1948), avaient déjà noté le comportement bizarre de ce minéral.

La leucite n'apparaît dans une lave que lorsque le temps de refroidissement a été très long. Aucune autre condition ne semble devoir intervenir en ce qui concerne le Mihaga. Il est à noter que la teneur en  $K_2O$  des laves prélevées à 12 km du centre d'émission ne diffère pas sensiblement de celle des laves des première et deuxième phases et qu'elle est nettement inférieure à celle des laves de la phase paroxysmale d'où la leucite est absente.

Un autre cas de refroidissement très lent a été observé dans les conditions suivantes : les torrents de laves de la deuxième phase émis le 23 février le long de la fracture majeure, se recouvrant les uns les autres, ont formé une mare épaisse de 4 m environ, rapidement figée. Le refroidissement s'est donc fait dans l'immobilité totale. Le 27 février, une fente de retrait apparut en un endroit de cette mare, fente par laquelle on apercevait la lave incandescente. Le 10 mars, la lave était encore à  $700^{\circ}C$  et le 17 mars, à  $\pm 500^{\circ}C$  (rouge cerise), bien visible la nuit. Deux mois plus tard, cette fente suffisamment élargie permettait l'échantillonnage sur une épaisseur de 1,75 m. La leucite apparaît à partir de 1,03 m de profondeur seulement (éch. n° 62). Les échantillons n°s 59 à 61 des laves de la partie supérieure de cette mare n'en contiennent pas.

D'après A. LACROIX (1933), la leucite, minéral pyrogène antipneumatogène se forme quand le magma se consolide sans pression et sans intervention de minéralisateurs, ce qui est bien le cas exposé ci-dessus.

Ces considérations permettent de conclure que la leucite serait présente dans toutes les laves déficitaires en  $SiO_2$  du Mihaga, si des temps de refroidissement très longs avaient été réalisés. Il en résulte que les calculs des paramètres magmatiques C.I.P.W.-Lacroix doivent tenir compte de cette réalité, en formant la leucite définitive au lieu de l'orthose provisoire (M.-E. DENAEYER et D. LEDENT, 1954).

Les conditions de refroidissement du liquidus à la surface sont variables selon les cas : projection dans l'air, remplissage d'une cuvette, refoulement vers les berges du torrent des minces croûtes superficielles, débordement du lit du torrent en minces coulées, écoulement sous une voûte de lave déjà consolidée, fissurée ou non, etc. Ces conditions déterminent le temps de refroidissement, c'est-à-dire le temps mis par la lave considérée à traverser

le gradient de température entre 1.200° C et la température ambiante de  $\pm 85^\circ$  C <sup>(2)</sup>.

Ce facteur important détermine aussi les minéraux exprimés d'une lave ainsi que les nombreux facies que présentent les microlites. Inversement, la connaissance des facies et de leur signification permettra de définir la vitesse de refroidissement et, dans certains cas, d'expliquer la présence ou l'absence d'un minéral particulier. C'est la raison pour laquelle la description des microlites sera aussi détaillée que possible.

#### A. — Plagioclase.

Les microlites de plagioclase généralement rencontrés sont du labrador. La teneur en anorthite varie entre 60 et 70 %.

*a) Facies aciculaire.* — Ce facies domine très largement. Il est représenté par de longs individus allongés suivant l'axe Z et maclés suivant la loi de Carlsbad. Leurs extrémités sont généralement effilochées ou fourchues. Ils sont souvent déformés longitudinalement, ce qui rend impossible ou imprécise la détermination de l'angle d'extinction. Ce type de microlite n'est jamais zonaire. On a vu que la température initiale du liquidus, à la surface, était de 1.200° C. Le diagramme classique de N.L. BOWEN indique que le plagioclase précipité à cette température doit avoir une teneur en anorthite de 35 %. Or, la teneur en An des microlites du Mihaga est de 60 à 70 %. Cet écart important s'explique par la surfusion des laves. Leur vitesse de refroidissement est en l'occurrence suffisamment grande pour que les microlites précipitent avec la teneur en anorthite proche de celle du liquidus (F.-J. TURNER et J. VERHOOGEN, 1960, p. 103).

*b) Facies trapu.* — Plusieurs laves contiennent une très faible quantité de microlites à facies trapu (longueur/largeur = 2), qui, malgré leur petitesse (voir Tableau n° 2), montrent un zonage net. Leur teneur en anorthite est légèrement supérieure à celle des microlites aciculaires et voisine de 70 %. Le labrador trapu, en tablettes, se présente toujours en individus isolés et non maclés.

*c) Facies losangique.* — Les laves très rapidement refroidies montrent un plagioclase en très minces tablettes losangiques dont les dimensions varient évidemment avec la vitesse de refroidissement (voir Tableau n° 2).

**Remarque :** Parmi les microlites feldspathiques à facies aciculaire, on rencontre quelquefois des microlites à extinction droite qui pourraient

---

<sup>(2)</sup> 85° C est la température que peut atteindre, en pays tropical, un corps noir (lave), longuement exposé au soleil (les mesures ont été faites vers 14 h).

bien être de la sanidine. Ce minéral a déjà été signalé par L. FINCK (1912) et par LACROIX (1923, III) dans les kivites, ainsi que par A. HOLMES et H.-F. HARWOOD (1937).

#### B. — Augite.

L'augite microlitique est titanifère. Abondante dans les laves du Mihaga, elle se présente en prismes peu aciculaires ( $L/l = 3$  à  $5$ ), non maclés, avec la structure fourchue généralisée. Des traces de remise en solution partielle sont parfois nettes. L'augite est un minéral insensible aux variations des conditions de refroidissement : il montre un facies unique quelle que soit sa grandeur.

#### C. — Pyroxène vert (diopside ?).

Postérieurement à la précipitation de l'augite titanifère, se développe une multitude de très fins prismes d'une augite verdâtre qui marque incontestablement une étape dans l'évolution de la cristallinité des laves. Il est possible que ce soit de l'augite titanifère également (l'angle d'extinction est voisin de  $45^\circ$ ), mais son épaisseur, trop faible, ne fait pas apparaître la couleur beige violacé caractéristique. Ordre de grandeur :  $40 \mu \times 6 \mu$ .

#### D. — Hypersthène.

Les microlites d'hypersthène sont aciculaires, incolores, jamais maclés ni zonés; ils sont toujours fourchus même lorsqu'ils apparaissent dans le verre à l'état de cristallites. Ils sont toujours en individus isolés.

C'est le premier minéral qui se forme à partir du liquidus, à une température proche de  $1.200^\circ \text{C}$ . Le rapport de la longueur à la largeur ( $L/l$ ) de l'individu est assez variable, mais le facies aciculaire reste toujours assez prononcé. La structure fourchue en est très caractéristique : les deux secteurs dont les bases s'appuient sur les plans (001) sont composés de verre brun. Les sections transversales sont caractéristiques également : le centre en est occupé par une gouttelette de verre brun d'autant plus grande que la section est proche du plan (001).

Il est très important de signaler que ce minéral est instable et tend à se résorber au fur et à mesure qu'augmente le temps de refroidissement, étant donné qu'il est en déséquilibre cristallogénétique avec le liquidus.

#### E. — Pyroxène fibreux.

Un peu avant la consolidation complète de la lave et aux dépens du verre résiduel, apparaissent des gerbes de très fins prismes courbes de dimensions variables aux environs de  $20 \mu$  de longueur et de  $1 \mu$  d'épaisseur. Ces prismes forment parfois de très belles touffes<sup>(3)</sup>. Il semble que l'angle d'extinction soit voisin de zéro.

(3) « Bunch of hairs » de WEBSTER (1933), in CLARENS S. ROSS (1962).

**F. — Olivine.**

Les microlites d'olivine ne paraissent pas exister dans les laves du Mihaga.

**G. — Magnétite (titanifère).**

Ce minéral présente sept facies intéressants :

a) octaèdres petits, dont les dimensions dépassent parfois 100  $\mu$ ;

b) octaèdres très petits : de  $\pm 10 \mu$  de côté, formant parfois un véritable semis dans toute la masse de la lave. De même que le pyroxène vert, ces octaèdres constituent une étape dans l'évolution de la cristallinité des laves;

b') octaèdres ultramicroscopiques, paraissant brunâtres;

c) dendrites de premier ordre : simples baguettes, parfois en alignement de bourgeons ultra-fins, parfois légèrement curvilignes; ce genre de dendrites est abondant dans certaines laves dont la cristallinité est déjà assez poussée;

d) dendrites de deuxième ordre : baguettes généralement rectilignes, sur lesquelles se greffent, à angle droit semble-t-il, de très fines aiguilles;

e) dendrites de troisième ordre : ces dendrites se composent d'une arête principale d'où partent, à angle droit, des arêtes de deuxième ordre plus courtes, elles-mêmes servant de support aux arêtes de troisième ordre plus courtes encore, greffées à angle droit sur ces dernières. L'ensemble peut atteindre des dimensions de l'ordre de 0,1 mm  $\times$  0,05 mm;

f) très fines aiguilles courbées (« poils » de C. SOROTSCHINSKY *in* TAZIEFF, 1951, pp. 64-65), de formation hâtive, mais se groupant rapidement en octaèdres. Ces aiguilles se développent souvent aux extrémités des prismes des microlites;

g) halos et petites taches, très précoces également, donnant naissance aux octaèdres et disparaissant rapidement.

**H. — Leucite.**

La leucite en microcristaux est rare et très difficile à identifier. Les quelques rares plages arrondies, incolores et isotropes, nettes en milieu isotrope légèrement coloré en brun (verre résiduel), ont été assimilées à la leucite.

**I. — Néphéline.**

Aucune trace de néphéline n'a été décelée dans les laves du Mihaga.

#### 4. LE VERRE.

Le verre est le constituant le plus important des laves. On a vu en effet que le liquidus arrivait à la surface à la température de 1.200° C à l'état de verre pur ne contenant que les xénoclastes. Refroidi brusquement, tous les minéraux restent à l'état potentiel dans le verre. Celui-ci est jaune doré, et son indice de réfraction est de 1,59.

Par refroidissement lent, tous les minéraux précipitent, s'accroissent et l'indice de réfraction du verre résiduel ainsi purifié tombe à 1,53. Il est alors incolore. Entre ces deux limites extrêmes, il existe une gamme de verres diversement colorés et d'indices différents.

Le premier cas — refroidissement brusque — est réalisé généralement par des bombes projetées. Cependant, plusieurs échantillons de laves formant les croûtes superficielles des coulées, même importantes, sont également vitreux.

Le deuxième cas — refroidissement très lent — est réalisé par les laves du fond des grottes, nombreuses au Mihaga; la formation de ces grottes est due au hasard de l'envahissement d'un terrain. Ces laves sont pratiquement holocristallines.

### III. — CONCLUSIONS.

1. La vitesse de refroidissement d'une lave donnée est le facteur essentiel dont dépendent : le degré de cristallinité, les facies des minéraux, l'apparition de la leucite.

On verra plus loin que la composition chimique des laves a varié au cours de l'éruption de 1954. Cependant, ces variations n'ont pas été suffisantes pour influencer fortement leur composition minéralogique. Par contre, la vitesse de refroidissement apparaît comme étant le facteur essentiel responsable de la minéralogie, de la structure et de la texture d'une lave donnée.

Six stades de cristallinité ont été dégagés après l'étude complète des préparations microscopiques faite uniquement du point de vue de la vitesse de refroidissement; ils seront définis à la fin de ce chapitre.

2. La leucite est un minéral de formation tardive n'apparaissant que lorsque le refroidissement d'une lave a été très lent : par exemple, au fond d'une grotte (troisième phase, à 12 km du centre d'émission); sous une voûte d'émission de lave (cinquième phase); à la base d'une coulée de 3 à 4 m d'épaisseur (deuxième phase).

On voit donc que l'apparition de la leucite dans une lave (pour autant qu'elle soit sous-saturée en silice) ne dépend pas de la phase de l'éruption, ni de la variation éventuelle de la composition chimique caractérisant cette phase. Le fait que la quatrième phase (durée : 15 minutes), très rapide, n'a pas livré de laves à leucite, semble confirmer cette conclusion.

3. La magnétite titanifère dont sept facies différents ont été décrits, est un constituant très important pour l'estimation de la vitesse de refroidissement d'une lave.

En particulier, la précipitation massive de petits octaèdres « fins » constitue une étape typique dans l'évolution de la cristallinité des laves et en caractérise le quatrième stade.

4. Le pyroxène vert et le pyroxène fibreux apportent également une contribution importante à la connaissance de l'ordre d'apparition des minéraux d'une lave donnée ainsi qu'à la précision des stades de cristallinité.

C'est ainsi que le pyroxène vert apparaît au troisième stade et peut se développer jusqu'à former, par endroit, un feutrage serré composé d'aiguilles vertes, aux cinquième et sixième stades.

5. Il existe incontestablement entre l'indice de réfraction du verre d'une lave et son état de cristallinité une relation très étroite dont l'expression graphique approximative est donnée à la fin de ce chapitre.

#### IV. — LES SIX STADES DE CRISTALLINITÉ.

**Premier stade.** Refroidissement brusque.

Les laves de ce stade sont constituées de verre jaune doré, dont l'indice de réfraction atteint 1,59; ce verre ne contient que quelques individus d'hypersthène. C'est le « liquidus du Mihaga » à l'état pur, tel qu'il nous apparaît à 1.200° C, sortant de la fracture majeure (Photo n° 35).

**Deuxième stade.** Refroidissement très rapide.

Le verre jaune doré occupe encore 80 à 90 % du volume total de la lave, mais déjà apparaissent les microlites d'hypersthène avec leur structure typique fourchue; l'augite titanifère en voie de formation est représentée par de nombreux cristallites déjà groupés en étoiles, croisés ou en individus simples; des halos noirs, épais de 20 à 25  $\mu$ , se forment en bordure des phénocristaux, des microphénocristaux et des microlites; des taches noires, diffuses, dont la signification échappe, apparaissent à ce stade (germes de magnétite); on voit en outre de très fines aiguilles noires courbes (« poils »); le labrador apparaît avec déjà ses trois facies typiques: sections losangiques, tablettes, microlites aciculaires maclés. L'indice de réfraction du verre est encore supérieur à 1,572 (bytownite).

(Photos n°s 36, 37, 38, 39 et 40.)

**Troisième stade.** Refroidissement rapide.

Les minéraux apparus au deuxième stade ont pu s'accroître considérablement. L'augite titanifère atteint l'ordre de grandeur de l'hypersthène

dont la croissance semble être ralentie. A la minéralogie du stade précédent viennent s'ajouter : le pyroxène en fins prismes verts, les octaèdres de magnétite formés aux dépens des halos et des taches noires.

Le fait marquant de ce stade est la corrosion (remise en solution) de tous les minéraux du stade précédent et l'apparition des microlites zonés d'augite et du plagioclase en tablettes et en sections losangiques.

L'indice de réfraction du verre, brun clair, moucheté de taches noires brunâtres, est inférieur à celui de la bytownite (1,572), mais supérieur à celui du labrador (1,563).

(Photos n<sup>os</sup> 41 et 42.)

**Quatrième stade.** Refroidissement moyen.

Les minéraux apparus aux stades précédents se sont accrus davantage. On remarque, au microscope, une précipitation massive de fins octaèdres de titanomagnétite en semis denses et réguliers dans toute la masse de la lave. En même temps, on constate l'apparition de fines dendrites de premier ordre et même de deuxième ordre. La leucite y est présumée (douteuse).

Le pyroxène fibreux apparaît aussi nettement, aux dépens de plages de verre. Celles-ci ne représentent plus que 25 % du volume total de la lave. L'hypersthène, instable, continue à être résorbé par le verre. Celui-ci est brun violacé et son indice de réfraction est inférieur à 1,563 (labrador).

(Photos n<sup>os</sup> 43, 44 et 45.)

**Cinquième stade.** Refroidissement lent.

Ce stade est très important car il est caractérisé par l'apparition de la leucite tenant en inclusions l'augite titanifère, l'augite verte, le labrador aciculaire et les petits octaèdres « fins » de titanomagnétite.

Tous les minéraux des stades antérieurs se sont accrus; en particulier, les dendrites dont le développement devient considérable. Le verre devient plus clair, jaune violacé à brun clair et son indice de réfraction est voisin de celui du baume du Canada (1,54).

Le volume du verre représente encore environ 10 % du volume total de la lave.

(Photo n<sup>o</sup> 46.)

**Sixième stade.** Refroidissement très lent.

A ce dernier stade, les laves réalisent pratiquement la texture holocristalline. La quantité de verre devient négligeable. Il est incolore ou légèrement jaunâtre. Son indice de réfraction est inférieur à 1,54 (baume du Canada). Les plages de verre résiduel du stade précédent sont remplacées presque totalement par le pyroxène fibreux du quatrième stade et par les dendrites de titanomagnétite. Les dendrites de troisième ordre apparaissent et caractérisent le sixième stade.

Les microlites des stades antérieurs atteignent une taille qui les rapproche des microphénocristaux xénoclastiques et la distinction entre les deux origines s'efface de plus en plus. L'hypersthène, instable, s'effiloche, et devient squelettique.

Photos n<sup>os</sup> 47 et 48.)

Le tableau n° 3 ci-dessous résume l'apparition et l'évolution des minéraux et des minerais typomorphes des six stades de cristallinité des laves en fonction de la vitesse de refroidissement (xénoclastes non compris).

TABLEAU N° 3.

Minéraux	Cristallinité						Remarques.
	1 <sup>er</sup> stade Brusque	2 <sup>e</sup> stade Très rapide	3 <sup>e</sup> stade Rapide	4 <sup>e</sup> stade Moyen	5 <sup>e</sup> stade Lent	6 <sup>e</sup> stade Très lent	
Hypersthène.	[Diagramme]						Instable aux basses tempécat.
Augite titanif.	[Diagramme]						Stable aux b.t.
Pyroxène vert	[Diagramme]						" " "
" fibreux	[Diagramme]						" " "
Labrador acic.	[Diagramme]						Resorbés
" tablettes	[Diagramme]						" → octaèdres.
" losanges	[Diagramme]						id.
Basal noirs.	[Diagramme]						
Taches noires	[Diagramme]						
"Poils" noirs	[Diagramme]						
Octaèdres fins	[Diagramme]						
" très "	[Diagramme]						
" ultramic.	[Diagramme]						Précipitation massive.
Dendrites 1 <sup>er</sup> ordre	[Diagramme]						
" 2 <sup>e</sup> "	[Diagramme]						
" 3 <sup>e</sup> "	[Diagramme]						
Leucite.	[Diagramme]						
Terre.	Jaune, doré.	Jaune doré tacheté	Brun clair	Brun violacé	Jaune violacé	Jaune à incolore.	
% verre d <sup>s</sup> laves.	100	85	50	25	40	45	
Indices de réfraction.	1,59						
	1,58						
	1,572						
	1,563						
	1,55						
	1,54						
	1,53						
	1,52						
	Apparition, développement maximal et fin de précipitation.						
	Croissance.						

Bytownite.  
Labrador.  
Baume du Canada.

## CHAPITRE II.

## LAVES DE LA PREMIÈRE PHASE.

## RAPPEL DES ÉVÉNEMENTS.

(Carte n° 2.)

Un torrent de lave est émis à partir d'une fracture ancienne, sur le flanc sud-est du Nyamuragira, à une altitude de 2.530 m.

L'éruption a débuté le 21 février 1954 à 02 h et s'est terminée à 11 h, le même jour.

## I. — ÉTUDE MINÉRALOGIQUE.

## 1. ÉCHANTILLON N° 15.

(Pour la situation des échantillons, voir carte n° 2.)

## A. — Description macroscopique.

Lave très compacte (genre « pahoehoe »), gris foncé, faiblement vacuolaire ( $\pm 20\%$  de vide). Sur la surface extérieure luisante, on distingue de nombreux petits minéraux blancs prismatiques.

## B. — Description microscopique.

a) Phénocristaux xénoclastiques et phénoblastes. — Bytownite, augite titanifère, olivine rare, titanomagnétite<sup>(4)</sup>.

b) Microphénocristaux xénoclastiques et microphénoblastes. — Bytownite, labrador, augite titanifère, olivine rare, titanomagnétite<sup>(4)</sup>.

c) Microlites. — Labrador, augite titanifère, hypersthène, pyroxène vert, titanomagnétite en octaèdres très petits, dendrites de premier ordre très rares, « poils »<sup>(4)</sup>. Les minéraux présentent des traces de résorption partielle.

d) Verre. — Le verre est brun clair, d'indice de réfraction compris entre 1,572 de la bytownite et 1,563 du labrador.

e) Minéraux et minerais typomorphes. — Pyroxène vert, octaèdres ultramicroscopiques brunâtres de titanomagnétite, quelques rares « poils ».

---

(4) La description complète de ces minéraux a été faite au Chapitre I (Considérations générales).

*f*) **Conclusion** (voir Tableau n° 3). — C'est une lave de refroidissement rapide ayant atteint le troisième stade de cristallinité. Plus précisément, vu la présence d'octaèdres ultramicroscopiques brunâtres de titanomagnétite, il s'agit de la fin du troisième stade.

L'ordre de grandeur de tous les minéraux présents dans l'échantillon n° 15 figure au tableau n° 2, troisième stade, qui est valable pour toutes les laves du Mihaga ayant atteint ce stade de cristallinité.

## 2. ÉCHANTILLON N° 17.

### A. — **Description macroscopique.**

Lave gris foncé (genre « aa »), à vacuoles aplaties de 10×2 mm. Petits minéraux blancs prismatiques régulièrement distribués dans toute la masse de l'échantillon.

### B. — **Description microscopique.**

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

*b*) **Microphénocristaux xénoclastiques et microphénoblastes.** — Bytownite, labrador, augite titanifère, hypersthène, titanomagnétite.

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

*d*) **Verre.** — Le verre est brun havane violacé, foncé par endroits. Son indice de réfraction est inférieur à 1,563 du labrador.

*e*) **Minéraux et minerais typomorphes.** — Semis de petits octaèdres de titanomagnétite, dendrites de deuxième ordre.

*f*) **Conclusion.** — Cette lave résulte d'un refroidissement « moyen », ayant atteint le quatrième stade, voire le début du cinquième.

## 3. ÉCHANTILLON N° 16.

### A. — **Description macroscopique.**

Croûte mousseuse formant la partie extérieure d'une coulée de lave. Elle est noire, luisante, avec de rares petits minéraux prismatiques blancs.

### B. — **Description microscopique.**

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

*b)* Microphénocristaux xénoclastiques et microphénoblastes (rares). — Bytownite, labrador, augite titanifère, titanomagnétite, hypersthène.

*c)* Microlites (rares). — Augite titanifère, labrador, hypersthène.

*d)* Verre. — Le verre est brun havane, d'indice de réfraction supérieur à 1,572 de la bytownite.

*e)* Minéraux et minerais typomorphes. — Épais halo autour des minéraux, taches noires, « poils », labrador en tablettes rectangulaires et losangiques, nombreux cristallites.

*f)* Conclusion. — Cette lave a été refroidie très rapidement, n'ayant atteint que le deuxième stade de cristallinité.

#### 4. ÉCHANTILLON N° 18.

##### A. — Description macroscopique.

Lave de couleur brique, très vacuolaire (80 % de vide).

##### B. — Description microscopique.

*a)* Phénocristaux xénoclastiques (rares). — Bytownite, augite titanifère, olivine, titanomagnétite.

*b)* Microphénocristaux xénoclastiques (rares). — Mêmes minéraux.

*c)* Microlites. — Absents.

*d)* Verre. — Le verre est jaune doré, légèrement tacheté par endroits. Il représente 90 % du volume total de la lave et son indice de réfraction est supérieur à 1.572 de la bytownite.

*e)* Minéraux et minerais typomorphes. — Aucun minéral ni minéral n'a pu cristalliser à partir du liquidus.

*f)* Conclusion. — La lave a été refroidie brusquement et sa cristallinité est nulle. Elle montre le « liquidus du Mihaga » à l'état pur, ne contenant que les minéraux d'origine intratellurique.

C'est le premier stade de cristallinité typique (voir Photo n° 35).

## II. — ÉTUDE CHIMICO-MINÉRALOGIQUE.

### 1. Composition chimique.

Le tableau n° 4 a donne les analyses chimiques des laves de la première phase.

Ce tableau fait ressortir le caractère des laves du Nyamuragira, qui est l'égalité pondérale approximative de  $K_2O$  et de  $Na_2O$ ; le rapport  $K_2O : Na_2O$

TABLEAU N° 4. — LAVES DE LA PREMIÈRE PHASE.

a) Composition centésimale.

Oxydes	Éch. 14	Éch. 15	Éch. 16	Éch. 17	Éch. 18
Si O <sub>2</sub> ... ..	48,79	49,78	49,60	50,21	45,67
Ti O <sub>2</sub> ... ..	3,00	3,17	3,10	3,17	3,22
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	16,04	13,69	15,04	14,72	16,50
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	8,41	4,14	3,26	2,66	12,22
Fe O ... ..	5,26	9,68	10,02	10,15	3,42
Mn O ... ..	0,17	0,20	0,20	0,20	0,23
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ... ..	0,54	0,62	0,56	0,54	0,94
Mg O ... ..	1,62	2,40	1,72	1,95	1,71
Ca O ... ..	9,53	9,50	9,32	9,48	10,54
Na <sub>2</sub> O ... ..	3,00	3,08	3,30	3,15	1,90
K <sub>2</sub> O ... ..	2,88	2,88	3,14	3,04	2,82
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> ... ..	0,38	0,17	0,13	0,05	0,34
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> ... ..	0,06	0,08	0,04	0,07	0,02
C O <sub>2</sub> ... ..	0,08	0,10	0,05	0,09	0,00
S O <sub>3</sub> ... ..	tr.	0,00	0,00	0,00	0,37
Cl <sup>-</sup> ... ..	0,45	0,45	0,20	0,24	tr.
S <sup>-</sup> ... ..	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00
C ... ..	—	—	—	—	tr.
Totaux .. ..	100,21	99,95	99,69	99,73	99,90
Densités ... ..	1,52 (*)	2,19	1,62 (*)	2,40	1,43 (*)
Analystes ... ..	C. DELMOTTE	C. DELMOTTE	C. DELMOTTE	C. DELMOTTE	G. VISEUR
N° bull. ... ..	73/1954	74/1954	75/1954	76/1954	124/1955

(\*) Densités apparentes.

est proche de l'unité. L'échantillon n° 18 fait exception, ce rapport dépassant 1,5. Le rapport des alcalis peut être légèrement supérieur ou inférieur à l'unité suivant l'échantillon. L'âge de la lave ne paraît jouer aucun rôle dans cette variation (A. MEYER, 1953).

Ce caractère se retrouve dans les laves des autres phases de l'éruption de 1954.

## 2. Composition minéralogique virtuelle.

La partie *b* ci-dessous du même tableau n° 4 donne la composition minéralogique virtuelle des échantillons, calculée d'après les règles C.I.P.W.-Lacroix.

### b) Composition minéralogique virtuelle.

	Éch. 14	Éch. 15	Éch. 16	Éch. 17	Éch. 18	
Q ... ..	6,00	2,04	—	—	4,98	
Or ... ..	17,24	17,24	18,35	17,79	16,68	
Ab ... ..	21,48	23,06	26,20	25,43	16,24	
An ... ..	23,63	16,40	17,79	17,65	28,08	
Hal .. ...	0,82	0,70	0,35	0,35	—	
D {	Ca O . Si O <sub>2</sub> ..	4,76	11,14	10,20	10,62	4,99
	Mg O . Si O <sub>2</sub> ..	4,10	4,40	3,03	3,30	4,30
	Fe O . Si O <sub>2</sub> ..	—	6,86	7,61	7,72	—
Wo .. ...	3,36	—	—	—	2,78	
H {	Mg O . Si O <sub>2</sub> ..	—	1,60	0,45	1,60	—
	Fe O . Si O <sub>2</sub> ..	—	2,64	1,12	3,50	—
O {	2 Mg O . Si O <sub>2</sub> ...	—	—	0,57	0,07	—
	2 Fe O . Si O <sub>2</sub> ...	—	—	1,62	0,20	—
Ma ... ..	8,58	6,03	4,64	3,94	1,86	
Ilm .. ...	5,78	6,08	5,93	6,08	6,08	
Hém ... ..	2,56	—	—	—	10,88	
Py ... ..	—	—	—	—	0,24	
Ap ... ..	1,34	1,34	1,34	1,34	2,02	
Ca ... ..	0,20	0,20	0,10	0,20	—	
H <sub>2</sub> O . ...	0,44	0,25	0,17	0,12	0,36	
Totaux ...	100,29	99,98	99,47	99,91	99,49	

L'examen de ce tableau n° 4b fait apparaître les caractères particuliers des laves de la première phase :

- 1° La silice est souvent excédentaire; en conséquence :
- 2° Les feldspathoïdes sont systématiquement défaut.

### 3. Paramètres C.I.P.W.-Lacroix.

Le tableau n° 5 donne les paramètres C.I.P.W.-Lacroix pour toutes les laves de la première phase.

TABLEAU N° 5. — LAVES DE LA PREMIÈRE 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
14	II	'5	3	3 (4)	3'	1	'3	(3) 4	51
15	(II) III	5	'3	3 (4)	(1) 2	1	2	4	42
16	(II) III	5	'3	3 (4)	2'	1'	2 (3)	4	40
17	(II) III	5	'3	3 (4)	2	1	2 (3)	4	42
18	II'	'5	3 (4)	3	3 (4)	1	3	3	64

On remarquera :

- 1° L'excès général des coupholites sur les barylithes ( $p < III$ );
- 2° les paramètres *q*, tous égaux à 5, indiquent des laves saturées ou à silice légèrement excédentaire (caractère tholéitique);
- 3° les paramètres *s*, égaux à 3 (4), sont caractéristiques des kivites et des shoshonites;
- 4° les paramètres *k*, égaux à 1, expriment l'absence ou la grande pauvreté en olivine virtuelle des laves de la première phase;
- 5° la teneur relativement faible du plagioclase en anorthite ce qui, dans ce cas particulier des laves tholéitiques, peut être considéré comme normal.

### 4. Paramètres de Niggli.

Ils sont donnés au tableau n° 6.

### 5. Conclusion.

Les laves de la première phase sont des shoshonites (éch. nos 14 et 18), passant aux absarokites shoshonitiques (éch. 15 à 17).

TABLEAU N° 6. — LAVES DE LA PREMIÈRE PHASE.  
Paramètres de Niggli.

Paramètres	Éch. 14	Éch. 15	Éch. 16	Éch. 17	Éch. 18
<i>si</i> ... ..	130	130,70	133	134	136
<i>al</i> ... ..	25	21,40	24	23	25
<i>fm</i> .. ...	35	39,40	36	36,50	37
<i>c</i> ... ..	27	26,80	26	27,20	29
<i>alk</i> .. ...	13	12,70	14	13,30	9
<i>c/fm</i> ... ..	0,75	0,68	0,72	0,75	0,78
<i>ti</i> ... ..	6,00	6,30	6,30	6,40	6,10
<i>mg</i> .. ...	0,18	0,24	0,19	0,22	0,17
<i>o</i> ... ..	0,48	0,21	0,18	0,15	0,61
<i>k</i> ... ..	0,40	0,38	0,38	0,39	0,50
<i>si'</i> .. ...	150	151	156	153	136
<i>qz</i> ... ..	-20	-20,30	-23	-19	0,00

## CHAPITRE III.

## LAVES DE LA DEUXIÈME PHASE.

## RAPPEL DES ÉVÉNEMENTS.

(Carte n° 3.)

Le 23 février 1954, à 04 h, de violentes explosions accompagnent l'ouverture d'une fracture de 1.500 m de longueur et de plus ou moins 1 m de largeur, à 2.250 m d'altitude, au point le plus bas de la selle entre le Nyiragongo et le Nyamuragira. Cette fracture est composée de quatre tronçons en relais. L'intersection du deuxième et du troisième tronçon est occupée par le cône du Mihaga.

## I. — ÉTUDE MINÉRALOGIQUE.

## 1. ÉCHANTILLON N° 2.

## A. — Description macroscopique.

Lave à surface continue, gris foncé, luisante, faiblement vacuolaire, les vacuoles ne dépassant pas 2 mm de diamètre. La surface externe de cette lave montre de nombreux petits minéraux prismatiques blancs.

## B. — Description microscopique.

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

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

*c)* Microlites (rares). — Labrador aciculaire et en tablettes rectangulaires ou losangiques, augite titanifère, hypersthène; titanomagnétite en octaèdres ultra-microscopiques, « poils », halos noirs, taches noires en voie de disparition au profit des octaèdres.

*d)* Verre. — Le verre est jaune doré, brunâtre, tacheté. Son indice de réfraction est supérieur à 1,572 de la bytownite.

*e)* Minéraux et minerais typomorphes. — Labrador losangique, halos et taches en voie de cristallisation, « poils », octaèdres ultramicroscopiques.

*f) Conclusion.* — Cette lave a été refroidie rapidement et son stade de cristallinité correspond au passage du deuxième au troisième stade. Cependant, les minéraux ne présentant pas encore de traces de corrosion, il y a lieu de classer la lave à la fin du deuxième stade.

## 2. ÉCHANTILLON N° 3.

### A. — Description macroscopique.

Lave en graton, gris foncé, faiblement vacuolaire, contenant de nombreux petits minéraux prismatiques blancs.

### B. — Description microscopique.

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

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

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

*d) Verre.* — Le verre est brun clair violacé, d'indice de réfraction voisin de 1,563 (labrador).

*e) Minéraux et minerais typomorphes.* — Semis d'octaèdres très petits, dendrites de deuxième ordre.

*f) Conclusion.* — Cette lave a été refroidie lentement et a pu réaliser le quatrième stade de cristallinité.

## 3. ÉCHANTILLON N° 30.

### A. — Description macroscopique.

Lave à surface continue, gris foncé, à vacuoles étirées pouvant atteindre et dépasser 10 cm, accompagnées d'autres vacuoles plus petites mais plus nombreuses (1 à 3 mm).

Les petits minéraux prismatiques blancs sont régulièrement distribués dans toute la masse de l'échantillon. Le prélèvement de cette lave a été fait à 1 km à l'Ouest du centre d'émission (voir Carte n° 3).

### B. — Description microscopique.

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

*b)* Microphénocristaux xénoclastiques et microphénoblastes. — Bytownite, labrador, augite titanifère, hypersthène, olivine.

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

*d)* Verre. — Le verre est jaune violacé, légèrement brunâtre. Son indice de réfraction est légèrement supérieur à celui du baume du Canada.

*e)* Minéraux et minerais typomorphes. — Semis d'octaèdres très petits, pyroxène vert, pyroxène fibreux, dendrites.

*f)* Conclusion. — L'examen du tableau n° 3 permet de constater que les minéraux typomorphes énumérés ci-dessus sont communs aux quatrième et cinquième stades. Cependant, la leucite qui caractérise le cinquième stade est absente dans l'échantillon n° 30.

La lave appartient donc au quatrième stade de cristallinité.

#### 4. ÉCHANTILLON N° 59.

##### A. — Description macroscopique.

Lave en croûte mousseuse de 5 cm d'épaisseur constituant la surface extérieure d'une épaisse coulée. Celle-ci a été échantillonnée sur une épaisseur de 1,75 m, grâce à une crevasse due au retrait par refroidissement.

##### B. — Description microscopique.

Minéralogiquement, cette lave est identique à celle décrite au chapitre 2, échantillon n° 16, du deuxième stade de cristallinité.

#### 5. ÉCHANTILLON N° 65.

##### A. — Description macroscopique.

Lave compacte, faiblement vacuolaire et régulièrement parsemée de petits minéraux prismatiques blancs. Cet échantillon a été prélevé à 1,75 m de profondeur, dans la crevasse d'où provient l'échantillon n° 59 ci-dessus.

##### B. — Description microscopique.

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

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

c) *Microlites*. — Labrador, augite titanifère, pyroxène vert, pyroxène fibreux, petits octaèdres, semis d'octaèdres très petits, dendrites de premier et de deuxième ordre.

d) *Verre*. — Le verre brun havane violacé représente environ 10 % du volume de la lave. Son indice de réfraction est inférieur à 1,563 (labrador) et supérieur à 1,54 du baume du Canada.

e) *Minerais et minéraux typomorphes*. — Leucite.

f) *Conclusion*. — Cette lave a été refroidie lentement et elle présente une cristallinité du cinquième stade. On remarquera l'absence de dendrites de troisième ordre et l'indice de réfraction supérieur à 1,54 du baume du Canada.

**Remarque importante.**

La crevasse ouverte dans une coulée de lave de la deuxième phase sur 1,75 m de profondeur a permis de prélever sept échantillons, correspondant à des stades de refroidissement de plus en plus lent, de haut en bas.

L'étude microscopique de ces laves donne, en résumé, les résultats suivants :

Échantillon n° 59. Croûte extérieure : 2<sup>e</sup> stade de cristallinité (v. plus haut);

Échantillon n° 60. 0,54 m de profondeur : 4<sup>e</sup> stade de cristallinité;

Échantillon n° 61. 0,77 m de profondeur : 4<sup>e</sup> stade de cristallinité;

Échantillon n° 62. 1,03 m de profondeur : 5<sup>e</sup> stade de cristallinité à leucite rare;

Échantillon n° 63. 1,22 m de profondeur : 5<sup>e</sup> stade de cristallinité à leucite;

Échantillon n° 64. 1,50 m de profondeur : 5<sup>e</sup> stade de cristallinité à leucite;

Échantillon n° 65. 1,75 m de profondeur : 5<sup>e</sup> stade de cristallinité à leucite abondante.

L'influence de la vitesse de refroidissement sur la cristallinité de la lave apparaît nettement dans ce cas précis. En particulier, la leucite n'apparaît qu'à 1 m de profondeur. Cette épaisseur de couverture est donc indispensable pour réaliser un refroidissement suffisamment lent, favorable à la formation de la leucite dans le cas d'une coulée épaisse.

6. Échantillon n° 45.

**Métamorphisme dû à l'action directe des flammes volcaniques : Ipnisme**

(Th. G. SAHAMA, 1961).

**A. — Description macroscopique.**

C'est un échantillon remarquable et exceptionnel. Il s'agit d'une bombe volcanique projetée par le cratère n° 9 de la fracture majeure (voir Carte

n° 3) et retombée dans une fracture secondaire qui fut le siège d'une intense combustion de gaz d'origine volcanique et qui était comparable à un four à coke.

Cette bombe porte des traces de fusion partielle sur sa face lisse, exposée à l'action directe des flammes.

En général, les bombes volcaniques sont vitreuses et leur stade de cristallinité ne dépasse pas le deuxième. Il paraissait donc intéressant d'étudier l'action des flammes sur la cristallinité de la lave.

#### B. — Description microscopique.

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

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

c) Microlites (très rares). — Labrador aciculaire, augite titanifère, hypersthène, pyroxène vert, développement exceptionnel du pyroxène fibreux, octaèdres de titanomagnétite, semis d'octaèdres très petits, dendrites de premier et de deuxième ordre.

d) Verre. — Il ne reste presque plus de verre. Il est remplacé par le pyroxène fibreux dont le volume peut être estimé à 90 % du volume total de la lave.

e) Minéraux et minerais typomorphes. — Semis d'octaèdres très petits, pyroxène fibreux, dendrites.

f) Conclusion. — Les minéraux typomorphes de cette lave sont ceux du quatrième stade de cristallinité. Cependant, plusieurs remarques s'imposent.

1° Le pyroxène fibreux apparaît normalement au quatrième stade, alors que dans la lave étudiée, il représente un volume de 90 % de celle-ci, proportion inconnue dans les autres laves du Mihaga.

2° Le pyroxène fibreux, dont le développement maximum caractérise le sixième stade, se substitue au verre résiduel dont le volume total ne représente que  $\pm 5$  % du volume total de la lave (voir Tableau n° 3).

3° L'extrême pauvreté de la lave en microlites caractérise le deuxième stade de cristallinité. A ce stade, le volume de verre peut atteindre 90 % du volume total de la lave.

4° Toutes les bombes du Mihaga montrent le deuxième stade de cristallinité, à quelques exceptions près (bombes à cristallinité nulle, du premier stade).

On en conclut que le métamorphisme dû à l'action des flammes se traduit :

*a)* en surface, par la fusion de la face exposée de la bombe;

*b)* en profondeur, par le passage de la cristallinité de la bombe du deuxième stade à la fin du quatrième stade. On remarquera que la température de réchauffement a été insuffisante pour permettre la précipitation du labrador aciculaire; que le refroidissement n'a pas été suffisamment lent pour permettre la formation de la leucite (cinquième stade).

Il en est résulté ce paradoxe : la lave est presque holocristalline au quatrième stade de refroidissement, les 25 % de verre qu'elle aurait dû contenir normalement ayant été remplacés par le pyroxène fibreux.

La structure de cette lave est exceptionnelle (Photos n<sup>os</sup> 49 et 50).

## II. — ÉTUDE CHIMICO-MINÉRALOGIQUE.

### 1. Composition chimique.

Les analyses chimiques des laves décrites sont consignées dans le tableau n<sup>o</sup> 7 *a*.

On remarquera que le rapport pondéral  $K_2O/Na_2O$  est légèrement supérieur à l'unité, sauf pour l'échantillon n<sup>o</sup> 30. Dans l'ensemble, la somme des alcalis est légèrement supérieure à celle des laves de la première phase. La variation des teneurs des constituants chimiques principaux des laves au cours de l'éruption sera étudiée plus loin.

### 2. Composition minéralogique virtuelle.

La partie *b* du tableau n<sup>o</sup> 7 donne cette composition pour toutes les laves décrites.

On remarquera immédiatement la différence essentielle entre les laves de la deuxième phase et celles de la première phase : les laves de la deuxième phase contiennent toutes de la néphéline virtuelle, alors que ce feldspathoïde faisait systématiquement défaut dans la composition virtuelle des laves de la première phase.

### 3. Paramètres C.I.P.W.-Lacroix.

Ces paramètres, pour toutes les laves décrites, figurent au tableau n<sup>o</sup> 8.

Les paramètres *p* se rapprochent au moins de III, qui exprime l'égalité pondérale approximative des coupfolites et des barylites.

Les paramètres *q* ( $=L/F$ ), qui varient de 5 à 6, sont ici l'expression de l'existence de feldspathoïde virtuel (et non du quartz comme pour les laves de la première phase).

Les laves de la deuxième phase accusent donc un plus grand déficit en silice. La lave n<sup>o</sup> 30 atteint le paramètre 6.

Les paramètres  $s$  sont tous voisins de 3. Ils expriment la quasi-égalité en poids de  $K_2O$  et de  $Na_2O$ , typique des laves du Nyamuragira (kivites et shoshonites) (M.-E. DENAEYER et D. LEDENT, 1954).

Les paramètres  $k$  sont légèrement plus élevés que ceux des laves de la première phase, ce qui dénote une augmentation du volume de l'olivine dans les laves de la deuxième phase.

TABLEAU N° 7. — LAVES DE LA DEUXIÈME PHASE.

a) Composition centésimale.

Oxydes	Éch. 2	Éch. 3	Éch. 30	Éch. 45	Éch. 59	Éch. 65
Si O <sub>2</sub> ... ..	45,36	45,47	45,18	45,98	45,48	45,89
Ti O <sub>2</sub> ... ..	3,37	3,30	3,37	2,65	2,73	3,21
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .. ...	16,48	16,51	12,96	13,96	12,98	15,43
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .. ...	2,39	3,61	5,51	8,47	8,50	8,53
Fe O ... ..	10,08	9,07	10,04	7,04	8,85	6,50
Mn O ... ..	0,30	0,20	0,23	0,22	0,18	0,18
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ... ..	0,80	0,75	0,55	0,55	0,30	0,40
Mg O ... ..	4,16	4,09	4,11	4,24	3,70	4,06
Ca O ... ..	9,70	10,00	10,38	9,79	10,27	9,48
Na <sub>2</sub> O ... ..	3,15	3,15	3,47	2,65	3,15	2,80
K <sub>2</sub> O ... ..	3,30	3,40	3,45	3,02	3,25	3,00
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> .. ...	0,30	0,36	0,28	1,00	0,31	0,27
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> .. ...	0,05	0,03	0,07	0,18	0,06	0,06
C O <sub>2</sub> ... ..	tr.	tr.	0,04	0,06	0,06	0,06
S O <sub>3</sub> ... ..	tr.	tr.	0,00	tr.	tr.	0,00
Cl <sup>-</sup> ... ..	0,30	0,10	tr.	tr.	tr.	tr.
S <sup>-</sup> ... ..	0,021	0,007	tr.	tr.	tr.	tr.
Graph. . ...	—	—	0,00	0,00	0,00	0,00
Totaux ... ..	99,66	100,05	99,64	99,81	99,82	99,87
Densités ... ..	2,206	2,40	2,38	1,72 (*)	1,96 (*)	2,19
Analystes ... ..	C. DELMOTTE	C. DELMOTTE	G. VISEUR	G. VISEUR	G. VISEUR	G. VISEUR
N° bull. ... ..	106/1954	107/1954	54/1954	37/1955	121/1954	27/1955

(\*) Densités apparentes.

## b) Composition minéralogique virtuelle.

	Éch. 2	Éch. 3	Éch. 30	Éch. 45	Éch. 59	Éch. 65	
Or ... ..	19,46	20,02	20,57	17,79	19,46	17,79	
Ab ... ..	11,53	10,48	7,99	20,31	12,71	20,69	
An ... ..	22,24	20,85	9,45	17,24	11,40	20,57	
Né ... ..	7,10	8,80	11,57	1,21	7,60	1,56	
Hal ... ..	0,47	0,12	—	—	—	—	
D {	Ca O . Si O <sub>2</sub> ... ..	8,47	9,74	15,89	11,48	15,31	9,74
	Mg O . Si O <sub>2</sub> .. ...	4,00	5,10	8,30	8,66	9,30	8,40
	Fe O . Si O <sub>2</sub> ... ..	4,36	4,36	7,13	1,64	5,15	—
Wo ... ..	—	—	—	—	0,35	—	
H {	Mg O . Si O <sub>2</sub> .. ...	—	—	—	—	—	—
	Fe O . Si O <sub>2</sub> ... ..	—	—	—	—	—	—
O {	2 Mg O . Si O <sub>2</sub> ... ..	4,48	3,57	1,40	1,36	—	1,26
	2 Fe O . Si O <sub>2</sub> . ...	5,30	3,26	1,22	0,27	—	—
Ma ... ..	3,48	5,34	7,89	12,30	12,30	12,29	
Ilm ... ..	6,54	6,23	6,38	5,02	5,17	6,08	
Hém . ... ..	—	—	—	—	—	—	
Py ... ..	—	—	—	—	—	—	
Ap ... ..	2,02	2,02	1,34	1,44	0,67	1,01	
Ca ... ..	—	—	0,10	0,10	0,10	0,10	
H <sub>2</sub> O .. ... ..	0,35	0,39	0,35	1,18	0,37	0,33	
Totaux ... ..	99,80	100,28	99,58	100,00	99,89	99,82	

## 4. Paramètres de Niggli.

Ces paramètres figurent au tableau n° 9.

Les paramètres *gz* indiquent un déficit en silice de —40 environ contre —20 des laves de la première phase.

Le paramètre *si* est de ±110, contre ±130 des laves de la première phase.

Les paramètres de Niggli accusent donc également le caractère nettement plus basique des laves de la deuxième phase par rapport à celles de la première phase.

TABLEAU N° 8. — LAVES DE LA DEUXIÈME 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
2	(II) III	5 (6)	3	3'	2	2 (3)	2	3'	65
3	(II) III	(5) 6	3	3'	2	2	2	3	67
30	III	6	2	3 (4)	2	1'	(2) 3	3'	54
45	III	5	3	3'	3'	1'	(2) 3	3	46
59	III	(5) 6	2'	3'	2 (3)	1	(2) 3	2 (3)	47
65	(II) III	5	3	3'	3	1'	2'	3	50

TABLEAU N° 9. — LAVES DE LA DEUXIÈME PHASE.  
Paramètres de Niggli.

Paramètres	Éch. 2	Éch. 3	Éch. 30	Éch. 45	Éch. 59	Éch. 65
<i>si</i> ... ..	108	107,50	105	109	105	110
<i>al</i> ... ..	23	23	18	19	18	22
<i>fm</i> .. ...	40	39,30	43	45	45	43
<i>c</i> ... ..	25	25,40	26	25	25	24
<i>alk</i> .. ...	12	12,30	13	11	12	11
<i>c/fm</i> ... ..	0,62	0,65	0,61	0,56	0,55	0,56
<i>ti</i> ... ..	6,01	5,82	5,85	4,71	4,71	5,73
<i>mg</i> .. ...	0,37	0,37	0,33	0,34	0,27	0,34
<i>o</i> ... ..	0,11	0,17	0,22	0,34	0,15	0,35
<i>k</i> ... ..	0,41	0,41	0,39	0,43	0,41	0,41
<i>si'</i> .. ...	148	149,20	152	144	148	144
<i>qz</i> ... ..	-40	-41,70	-47	-35	-43	-34

### 5. Conclusions.

Les laves de la deuxième phase sont des kivites (à leucite exprimée), ou des kivitoïdes (à leucite potentielle) (M.-E. DENAEYER, 1960).

Cependant, les échantillons n°s 45 et 65 ont les paramètres d'une absarokite shoshonitique. Ce caractère les rapproche des laves de la première phase.

## CHAPITRE IV.

## LAVES DE LA TROISIÈME PHASE.

## RAPPEL DES ÉVÈNEMENTS.

(Carte n° 4.)

Le 23 février 1954, après une courte période d'instabilité, l'éruption s'est fixée au point le plus bas de la selle entre les volcans géants Nyiragongo et Nyamuragira. Le torrent principal de lave a pris résolument la direction Est.

## I. — ÉTUDE MINÉRALOGIQUE.

## 1. ÉCHANTILLON n° 32.

## A. — Description macroscopique.

Lave gris foncé, compacte, légèrement enroulée sur elle-même et montrant de nombreuses aspérités à sa surface extérieure. On constate l'existence de nombreux petits minéraux prismatiques blancs.

## B. — Description microscopique.

*a) Phénocristaux xénoclastiques et phénoblastes.* — Bytownite, augite titanifère, hypersthène, olivine, titanomagnétite, leucite rare.

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

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

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

*e) Minerais et minéraux typomorphes.* — Leucite rare, dendrites d'ordre 3.

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

## 2. ÉCHANTILLON n° 34.

A. — **Description macroscopique.**

Lave enroulée sur elle-même, gris foncé, vacuolaire, à vacuoles aplaties, étirées. Les minéraux prismatiques blancs sont abondants et sont régulièrement distribués dans toute la masse de la lave.

B. — **Description microscopique.**

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

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

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

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

e) Minerais et minéraux typomorphes. — Les dendrites de troisième ordre.

f) Conclusion. — Cette lave réalise la cristallinité du cinquième stade, mais la leucite est absente.

**Remarque.**

Les échantillons n°s 32 et 34 ont été prélevés dans une petite grotte d'environ 2 m<sup>3</sup> et de 1 m de profondeur, au Sud du camp du Service Géologique. Cette coulée de la troisième phase venait de recouvrir le champ de lave chaotique de la deuxième phase où ont été prélevés les échantillons n°s 5, 6 et 7. Cet endroit a été à son tour recouvert par la lave de la quatrième phase (voir Cartes n°s 3, 4 et 5).

## 3. ÉCHANTILLON n° 35.

A. — **Description macroscopique.**

Lave gris foncé, vacuolaire, pliée, tordue, ne contenant que peu de petits minéraux prismatiques blancs.

B. — **Description microscopique.**

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

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

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

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

e) *Minerais et minéraux typomorphes*. — Pyroxène fibreux, dendrites de deuxième ordre.

f) *Conclusion*. — Cette lave atteint le cinquième stade de cristallinité ou la fin du quatrième.

**Remarque importante.**

Les échantillons n<sup>os</sup> 32, 34 et 35 examinés ici ont été prélevés au même endroit et présentent le même aspect physique (croûtes moussues non comprises). Ce sont donc des laves ayant parcouru la même distance et ayant joui des mêmes conditions de refroidissement. Elles présentent le même stade de cristallinité.

Les échantillons n<sup>os</sup> 90 et 91 dont la description suit, ont été prélevés à 12 km du centre d'émission, au même endroit également. On verra que leurs stades de cristallinité sont identiques également.

#### 4. ÉCHANTILLON N<sup>o</sup> 90.

**A. — Description macroscopique.**

Lave grise, compacte, faiblement vacuolaire, parsemée de petits minéraux prismatiques blancs régulièrement distribués.

Le torrent de lave à cet endroit était encore à 870° C (+20° C).

**B. — Description microscopique.**

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

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

c) *Microlites (volumineux)*. — Labrador, augite titanifère, hypersthène, pyroxène vert, pyroxène fibreux, petits octaèdres de titanomagnétite, semis d'octaèdres très petits, dendrites de troisième ordre abondantes.

d) *Verre*. — Le verre est brun clair, partiellement remplacé par le pyroxène fibreux. Son indice de réfraction est voisin de celui du baume du Canada (1,54). Le volume du verre est de l'ordre de 10 % du volume de la lave.

e) Minerais et minéraux typomorphes. — Leucite, dendrites abondantes de troisième ordre.

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

#### 5. ÉCHANTILLON N° 91.

Cette lave est identique à la lave n° 90 y compris la très grande abondance des dendrites qui forment, par endroits, un feutrage serré (voir Photo n° 45).

Conclusion importante. — Les laves équidistantes du centre d'émission sont identiques (les laves en croûte ou recuites étant exclues).

#### 6. ÉCHANTILLON N° 165.

##### A. — Description macroscopique.

Lave gris d'acier, compacte, faiblement vacuolaire, avec de nombreux petits minéraux prismatiques blancs.

Cette lave a été prélevée à 12 km du centre d'émission, comme les échantillons précédents, mais au fond d'une grotte de  $\pm 3$  m de profondeur.

##### B. — Description microscopique.

a) Phénocristaux xénoclastiques et phénoblastes. — Bytownite, augite titanifère, hypersthène squelettique rare, olivine, leucite abondante, titanomagnétite.

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

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

d) Verre. — Le verre est jaune à incolore, de volume très réduit (moins de 5 %). Son indice de réfraction est inférieur à 1,54 (baume du Canada).

e) Minerais et minéraux typomorphes. — Leucite abondante, dendrites de troisième ordre, pyroxène fibreux.

f) Conclusion. — Cette lave a été refroidie très lentement et réalise le sixième stade de cristallinité des laves pratiquement holocristallines.

**Remarque importante.**

Le torrent de lave à 870° C (+20° C) arriva à Kikomoro, à 12 km à l'Est du centre d'émission, le 17 avril 1954. Le temps de refroidissement a donc été très grand (du 23 février au 17 avril).

Toutes les laves prélevées à cette distance contiennent de la leucite et atteignent le cinquième stade de cristallinité. Cependant, seules les laves prélevées au fond d'une grotte de  $\pm 3$  m de profondeur sont entièrement cristallines. Elles représentent le sixième stade de cristallinité (Photos nos 47 et 48). La profondeur joue donc un rôle important.

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

Le tableau n° 10 donne les analyses chimiques des six laves de la troisième phase décrites ci-dessus (partie *a* du tableau).

Comme pour les deux phases précédentes, les considérations émises sur les oxydes  $K_2O$  et  $Na_2O$  sont valables pour les laves de la troisième phase. Notamment, le rapport en poids  $K_2O/Na_2O$  oscille autour de l'unité (kivites et absarokites shoshonitiques).

**2. Composition minéralogique virtuelle.**

La partie *b* du tableau n° 10 donne les compositions minéralogiques virtuelles de toutes les laves analysées.

On remarquera la grande analogie des laves de la troisième et de la deuxième phase.

**3. Paramètres C.I.P.W.-Lacroix.**

Ces paramètres sont donnés au tableau n° 11. Il y a une grande analogie également entre les paramètres des laves des deuxième et troisième phases. Les paramètres *p*, tous égaux à III, expriment l'égalité pondérale approximative des coupholites et des barylites.

**4. Paramètres de Niggli.**

Ces paramètres sont donnés au tableau n° 12.

On voit que les paramètres *si* et *qz* des laves des deuxième et troisième phases sont presque identiques et égaux respectivement et approximativement à 110 et à -40.

**5. Conclusion.**

Les laves de la troisième phase sont des kivites typiques (leucite exprimée) ou des kivitoïdes (pas de leucite exprimée) ou des absarokites shoshonitiques (éch. nos 35, 90 et 91).

TABLEAU N° 10. — LAVES DE LA TROISIÈME PHASE.

a) Composition centésimale.

Oxydes	Éch. 32	Éch. 34	Éch. 35	Éch. 90	Éch. 91	Éch. 165
Si O <sub>2</sub> ... ..	46,30	45,09	45,29	47,00	46,75	46,04
Ti O <sub>2</sub> ... ..	2,86	3,15	3,75	3,13	3,37	3,41
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	13,35	11,02	11,04	11,40	11,00	13,73
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	4,27	7,22	8,25	6,43	6,33	6,36
Fe O ... ..	10,61	10,85	10,61	10,59	10,57	9,68
Mn O ... ..	0,22	0,20	0,18	0,17	0,19	0,19
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ... ..	0,44	0,55	0,51	0,44	0,61	0,30
Mg O ... ..	4,22	4,25	4,50	4,27	4,17	3,57
Ca O ... ..	10,48	10,67	9,89	10,15	10,82	9,87
Na <sub>2</sub> O ... ..	3,22	3,20	2,67	2,95	2,85	3,35
K <sub>2</sub> O ... ..	3,30	3,29	2,67	3,07	3,00	3,07
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> ... ..	0,35	0,32	0,24	0,14	0,18	0,23
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> ... ..	0,05	0,03	0,06	0,06	0,05	0,10
C O <sub>2</sub> ... ..	0,03	0,03	0,01	0,04	0,02	0,06
S O <sub>3</sub> ... ..	0,00	0,00	0,00	tr.	tr.	tr.
Cl <sup>-</sup> ... ..	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
S <sup>-</sup> ... ..	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Graph. ... ..	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Totaux . ... ..	99,70	99,87	99,67	99,84	99,91	99,96
Densités ... ..	2,64	2,78	2,71	2,69	2,73	2,77
Analystes ... ..	G. VISEUR					
N° bull. ... ..	56/1954	58/1954	59/1954	82/1954	83/1954	80/1955

## b) Composition minéralogique virtuelle.

	Éch. 32	Éch. 34	Éch. 35	Éch. 90	Éch. 91	Éch. 165	
Or ... ..	19,46	19,46	16,12	18,35	17,79	18,35	
Ab ... ..	9,69	9,82	18,05	17,16	16,25	14,81	
An ... ..	12,23	5,83	10,01	8,62	8,34	13,10	
Né ... ..	9,51	9,44	2,41	4,33	4,26	7,31	
D {	Ca O . Si O <sub>2</sub> ... ..	15,31	17,98	14,85	16,13	17,40	14,15
	Mg O . Si O <sub>2</sub> .. ...	7,20	9,10	8,60	8,20	9,00	7,60
	Fe O . Si O <sub>2</sub> ... ..	7,92	8,44	5,54	7,53	7,92	6,07
Wo ... ..	—	—	—	—	—	—	
H {	Mg O . Si O <sub>2</sub> .. ...	—	—	—	—	—	
	Fe O . Si O <sub>2</sub> ... ..	—	—	—	—	—	
O {	2 Mg O . Si O <sub>2</sub> ...	2,38	1,05	1,89	1,68	0,98	0,91
	2 Fe O . Si O <sub>2</sub> . ...	2,75	0,61	1,02	1,22	0,82	0,71
Ma ... ..	6,26	10,44	12,06	9,28	9,28	9,28	
Ilm ... ..	5,47	5,92	7,14	6,08	6,38	6,53	
Hém . ... ..	—	—	—	—	—	—	
Py ... ..	—	—	—	—	—	—	
Ap ... ..	1,01	1,34	1,34	1,01	1,34	0,67	
Ca ... ..	0,10	0,10	—	0,10	—	0,10	
H <sub>2</sub> O .. ... ..	0,40	0,35	0,30	0,20	0,23	0,33	
Totaux ... ..	99,69	99,88	99,33	99,89	99,99	99,92	

TABLEAU N° 11. — LAVES DE LA TROISIÈME 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
32	III	'6	2'	3 (4)	2	(1) 2	2 (3)	3'	55
34	III	6	2	3 (4)	2	1	(2) 3	3 (4)	37
35	III	5	2'	3 (4)	(2) 3	1'	2 (3)	3	36
90	III	5'	2	3'	2	1'	2 (3)	3'	33
91	III	5'	2	3'	2	1	(2) 3	3'	34
165	III	(5) 6	2 (3)	3 (4)	2 (3)	1	2 (3)	3 (4)	47

TABLEAU N° 12. — LAVES DE LA TROISIÈME PHASE.

Paramètres de Niggli.

Paramètres	Éch. 32	Éch. 34	Éch. 35	Éch. 90	Éch. 91	Éch. 165
<i>si</i> ... ..	108	102	104	110	109	109
<i>al</i> ... ..	19	15	14,9	16	15	19
<i>fm</i> .. ...	43	47	50,8	47	47	44
<i>c</i> ... ..	26	26	24,4	26	27	25
<i>alk</i> .. ...	12	12	9,9	11	11	12
<i>c/fm</i> ... ..	0,60	0,55	0,48	0,55	0,57	0,57
<i>ti</i> ... ..	5,04	5,30	6,48	5,64	5,89	6,11
<i>mg</i> .. ...	0,34	0,30	0,31	0,32	0,31	0,29
<i>o</i> ... ..	0,17	0,26	0,28	0,24	0,24	0,26
<i>k</i> ... ..	0,40	0,42	0,40	0,41	0,41	0,40
<i>si'</i> .. ...	148	148	140	144	144	148
<i>qz</i> ... ..	-40	-46	-35	-34	-35	-39

## CHAPITRE V.

## LAVES DE LA PHASE PAROXYSMALE.

## RAPPEL DES ÉVÉNEMENTS.

(Carte n° 4.)

L'éruption de 1954 entra dans sa phase paroxysmale le 20 mars à 22 h 33 par l'émission d'une énorme quantité de lave qui forma un lac à l'extérieur du cratère. Elle se termina à 1 h 37 le 24 mars, par l'arrêt des violentes projections de flammes de la fontaine n° 1.

En même temps on notait une quantité inhabituelle de gaz.

## I. — ÉTUDE MINÉRALOGIQUE.

## 1. ÉCHANTILLON N° 128.

## A. — Description macroscopique.

Lave noire, luisante, fortement vacuolaire contenant de nombreux petits minéraux prismatiques blancs. L'échantillon a été prélevé sur la rive du lac de lave.

## B. — Description microscopique.

*a)* Phénocristaux xénoclastiques et phénoblastes. — Bytownite, augite titanifère, hypersthène (peu), olivine, titanomagnétite.

*b)* Microphénocristaux xénoclastiques et microphénoblastes. — Bytownite, labrador (rare), hypersthène, titanomagnétite.

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

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

*e)* Minerais et minéraux typomorphes. — Apparition du pyroxène fibreux.

*f)* Conclusion. — Lave du quatrième stade de cristallinité, à refroidissement « moyen ».

## 2. ÉCHANTILLON N° 129.

A. — **Description macroscopique.**

Lave noire, luisante, fortement vacuolaire (vacuoles de 1 mm à 1 cm de diamètre), contenant de nombreux petits minéraux prismatiques blancs.

B. — **Description microscopique.**

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

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

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

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

e) Minerais et minéraux typomorphes. — Apparition du pyroxène fibreux.

f) Conclusion. — Lave du quatrième stade de cristallinité.

## 3. ÉCHANTILLON N° 130.

A. — **Description macroscopique.**

Lave gris foncé, vacuolaire (vacuoles de diamètre variable de 1 à 10 mm) contenant de nombreux petits minéraux prismatiques blancs.

B. — **Description microscopique.**

Cette lave est en tous points analogue à la précédente.

**Remarque.**

Les trois échantillons étudiés dans ce chapitre ont été prélevés à l'emplacement du lac de lave. Étant pratiquement à la même distance du centre d'émission, ils sont pratiquement identiques. Le quatrième stade de cristallinité a pu être atteint grâce au torrent de lave nord-est qui passait au-dessous de l'endroit de prélèvement.

## II. — ÉTUDE CHIMICO-MINÉRALOGIQUE.

### 1. Composition chimique.

Le tableau n° 13 *a* donne les analyses chimiques des laves sous revue. Son examen fait apparaître une forte quantité de  $K_2O$  et de  $Na_2O$  (teneur maximale des laves du Mihaga), le rapport pondéral de ces oxydes restant toujours voisin de l'unité.

On remarquera également la présence dans les trois laves de  $CO_2$ , Cl et S, une forte augmentation de la teneur en  $SiO_2$  et une diminution sensible de la teneur en  $Al_2O_3$  par rapport aux phases initiales et finales (voir Tableau n° 22 des valeurs moyennes, p. 149).

### 2. Composition minéralogique virtuelle.

La partie *b* du tableau n° 13 donne la composition minéralogique virtuelle des laves examinées.

La pauvreté extrême en anorthite calculée est remarquable : elle est la conséquence d'une chute de la teneur de ces laves en  $Al_2O_3$ . A ce point de vue on peut appeler les laves de la phase paroxysmale « déficitaires en alumine »; de ce fait, une grande quantité de CaO passe dans le diopside.

Le déficit de silice se traduit par la présence de feldspathoïde virtuel (néphéline), ce minéral étant systématiquement absent dans les laves de 1954.

### 3. Paramètres C.I.P.W.-Lacroix.

Ces paramètres sont donnés au tableau n° 14 qui montre également la pauvreté des laves en chaux feldspathisable par les paramètres  $r \leq 2$ .

La dernière colonne du tableau montre les teneurs très basses du plagioclase virtuel en anorthite. Ces teneurs sont les plus basses enregistrées pour les laves du Mihaga.

### 4. Paramètres de Niggli.

Le tableau n° 15 donne les paramètres de Niggli pour les laves sous revue. Les paramètres *alk* sont les plus élevés de toutes les laves du Mihaga.

La teneur en alcalis des laves du Mihaga a passé par un maximum pendant la phase paroxysmale.

### 5. Conclusions.

Les laves de la phase paroxysmale sont des kivitoïdes (absence de leucite), caractérisées par une faible teneur en  $Al_2O_3$ . Toutefois la lave n° 129 est voisine des absarokites shoshonitiques par son paramètre  $q=5'$ .

TABLEAU N° 13. — LAVES DE LA PHASE PAROXYSMALE.

a) Composition centésimale.

Oxydes	Éch. 128	Éch. 129	Éch. 130
Si O <sub>2</sub> ... ..	48,86	49,04	49,00
Ti O <sub>2</sub> ... ..	3,17	3,17	3,17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .. ...	11,80	12,79	11,19
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .. ...	4,06	4,58	1,98
Fe O ... ..	9,88	9,41	12,16
Mn O ... ..	0,20	0,20	0,20
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ... ..	0,58	0,56	0,56
Mg O ... ..	3,48	3,78	4,25
Ca O ... ..	9,38	9,21	9,22
Na <sub>2</sub> O .. ...	3,94	3,51	3,94
K <sub>2</sub> O ... ..	3,90	3,50	3,66
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> .. ...	0,25	0,22	0,50
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> .. ...	0,09	0,07	0,08
C O <sub>2</sub> ... ..	0,11	0,05	0,05
S O <sub>3</sub> ... ..	tr.	tr.	tr.
Cl <sup>-</sup> ... ..	0,19	0,31	0,35
S <sup>-</sup> ... ..	0,01	0,01	0,008
Graph. . ...	—	—	—
Totaux ... ..	99,90	100,41	100,32
Densités ... ..	2,19	2,70	2,80
Analystes ... ..	C. DELMOTTE	C. DELMOTTE	C. DELMOTTE
N° bull. ... ..	78/1954	79/1954	80/1954

## b) Composition minéralogique virtuelle.

	Éch. 128	Éch. 129	Éch. 130	
Or ... ..	22,80	20,57	21,68	
Ab ... ..	16,77	21,22	14,67	
An ... ..	3,89	8,90	3,34	
Né ... ..	8,24	4,40	8,80	
Hal ... ..	0,35	0,47	1,17	
D {	Ca O . Si O <sub>2</sub> ... ..	16,12	13,69	16,01
	Mg O . Si O <sub>2</sub> .. ...	7,30	7,00	6,90
	Fe O . Si O <sub>2</sub> .. ...	8,71	6,34	9,11
Wo ... ..	—	—	—	
H {	Mg O . Si O <sub>2</sub> .. ...	—	—	—
	Fe O . Si O <sub>2</sub> .. ...	—	—	—
O {	2 Mg O . Si O <sub>2</sub> ... ..	0,98	1,75	2,59
	2 Fe O . Si O <sub>2</sub> ... ..	0,92	1,74	5,10
Ma ... ..	6,03	6,73	3,02	
Ilm ... ..	6,08	6,08	6,08	
Ap ... ..	1,34	1,34	1,34	
Ca ... ..	0,20	0,10	0,10	
H <sub>2</sub> O ... ..	0,34	0,29	0,58	
Totaux ... ..	100,07	100,35	100,49	

TABLEAU N° 14. — LAVES DE LA PHASE PAROXYSMALE.

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
128	III	'6	1 (2)	3 (4)	2	1	(2) 3	3 (4)	19
129	III	5'	2	3 (4)	2	1 (2)	2 (3)	3'	31
130	III	6	1 (2)	3 (4)	'2	2	2 (3)	(2) 3	19

TABLEAU N° 15. — LAVES DE LA PHASE PAROXYSMALE.

Paramètres de Niggli.

Paramètres	Éch. 128	Éch. 129	Éch. 130
<i>si</i> .. ... ..	121,20	122	120
<i>al</i> .. ... ..	17,30	19	16,20
<i>fm</i> .. ... ..	41,90	42	44,60
<i>c</i> .. ... ..	25,10	25	24,10
<i>alk</i> .. ... ..	15,70	14	15,10
<i>c/fm</i> .. ... ..	0,60	0,59	0,54
<i>ti</i> .. ... ..	5,98	5,98	5,87
<i>mg</i> .. ... ..	0,31	0,33	0,35
<i>o</i> .. ... ..	0,19	0,20	0,08
<i>k</i> .. ... ..	0,39	0,39	0,38
<i>si'</i> .. ... ..	162,80	156	160,40
<i>qz</i> . ... ..	-41,60	-34	-40,40

## CHAPITRE VI.

## LAVES DE LA QUATRIÈME PHASE.

## RAPPEL DES ÉVÉNEMENTS.

(Carte n° 5.)

Le 21 avril à 06 h 30, de la lave très fluide gicla d'une fracture située à l'emplacement de l'ancien tunnel et en quelques secondes, elle arriva à 2 m de la tente du Service Géologique, placée à 400 m du Nord-Est du cratère. En même temps, la fontaine n° 1 cessait toute activité. La coulée est supposée être le contenu expulsé de la cuve refermant cette fontaine.

Cet épisode très bref dura un quart d'heure à peine.

## I. — ÉTUDE MINÉRALOGIQUE.

## 1. ÉCHANTILLON N° 110.

## A. — Description macroscopique.

Lave en croûte de l'extrémité nord de la coulée.

1° Surface externe : fine pellicule de lave couverte de stries d'étirement recouvrant une lave vacuolaire.

2° Surface interne : lave compacte, peu vacuolaire, du genre chaotique.

## B. — Description microscopique.

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

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

c) Microlites. — Labrador, augite titanifère, hypersthène, titanomagnétite en petits octaèdres, pyroxène vert (rare), semis lâche de petits octaèdres, dendrites de deuxième ordre très fines et rares.

d) Verre. — Le verre est brun havane. Son indice de réfraction est  $\pm 1,563$  (labrador).

e) Minerais et minéraux typomorphes. — Apparition du pyroxène vert.

f) Conclusion. — Cette lave a été refroidie rapidement : elle appartient à la fin du troisième stade de cristallinité.

## 2. ÉCHANTILLON N° 111.

A. — **Description macroscopique.**

L'échantillon a été prélevé au-dessous du précédent.

Lave moyennement vacuolaire saupoudrée de fins petits minéraux prismatiques blancs. On voit également à la loupe ( $\times 10$ ) quelques débris d'olivine.

B. — **Description microscopique.**

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

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

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

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

e) Minéraux et minerais typomorphes. — Semis d'octaèdres très petits, dendrites de deuxième ordre.

f) Conclusion. — La lave a subi un refroidissement « moyen », et a atteint le quatrième stade de cristallinité.

## 3. ÉCHANTILLON N° 121.

A. — **Description macroscopique.**

Cet échantillon a été prélevé au-dessous d'une croûte mousseuse (éch. n° 120), à l'endroit même de la fracture d'où la lave a giclé.

Lave gris foncé, étirée, (Photo n° 26), le nombre de vacuoles allant croissant de l'intérieur vers l'extérieur. De petits minéraux blancs sont régulièrement distribués dans toute la masse de la lave. Ça et là, on distingue un peu d'olivine.

B. — **Description microscopique.**

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

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

*c) Microlites.* — Labrador, augite titanifère, hypersthène, pyroxène vert (rare), titanomagnétite en petits octaèdres, semis d'octaèdres ultramicroscopiques.

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

*e) Minerais et minéraux typomorphes.* — Octaèdres ultramicroscopiques, pyroxène vert rare.

*f) Conclusion.* — Lave du troisième stade de cristallinité, refroidie rapidement.

#### 4. ÉCHANTILLON N° 122.

##### A. — Description macroscopique.

Lave très vacuolaire, gris foncé, en draperie autour d'un relief formé de laves de la troisième phase (Photo n° 26). Les petits minéraux blancs sont régulièrement distribués dans toute la masse de la lave.

##### B. — Description microscopique.

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

*b) Microphénocristaux.* — Bytownite, augite titanifère, olivine, hypersthène (rare), titanomagnétite.

*c) Microlites (rares).* — Labrador aciculaire, en tablettes rectangulaires et losangiques, augite titanifère, titanomagnétite en petits octaèdres, « poils ».

*d) Verre.* — Le verre est brun (lame trop épaisse), formant environ 80 à 85 % du volume total de la lave. Son indice de réfraction est supérieur à 1,572 (bytownite).

*e) Minerais et minéraux typomorphes.* — Labrador en tablettes, abondant.

*f) Conclusion.* — Lave refroidie très rapidement ayant atteint le deuxième stade de cristallinité.

## II. — ÉTUDE CHIMICO-MINÉRALOGIQUE.

### 1. Composition chimique.

Les analyses chimiques des laves de la quatrième phase sont données au tableau n° 16 *a*.

Ce tableau permet de relever quelques différences sensibles avec les laves de la phase paroxysmale :

- 1° les laves de la quatrième phase sont plus pauvres en silice;
- 2° elles sont plus ferromagnésiennes;
- 3° elles sont plus pauvres en alcalis.

### 2. Composition minéralogique virtuelle.

La partie *b* du tableau 16 donne cette composition pour les laves sous revue.

On constate que les laves n°s 110 et 111 (paramètre  $q=5$ ), diffèrent des laves n°s 121 et 122 (paramètre  $q=6$ ). Les premières pourraient représenter les laves du fond de la cuve de la fontaine n° 1; les dernières, la mousse supérieure de celle-ci, c'est-à-dire de la lave légèrement différenciée par gravité.

### 3. Paramètres C.I.P.W.-Lacroix.

Ces paramètres sont consignés au tableau n° 17.

Ce tableau montre également, par les paramètres  $q$ ,  $r$ ,  $k$  surtout, la différence entre les deux catégories de laves.

La teneur en anorthite du plagioclase virtuel de la quatrième phase est nettement supérieure à celle de la phase précédente. Cependant, cette teneur reste beaucoup plus basse que celle du plagioclase exprimé (75 % en moyenne).

On reviendra plus loin sur ce caractère propre à l'éruption de 1954.

### 4. Paramètres de Niggli.

Ces paramètres figurent au tableau n° 18.

Ils dénotent notamment, une plus faible teneur en alcalis ( $alk=10-13,5$ ) que les laves de la phase précédente ( $alk=10-15,70$ ).

### 5. Conclusion.

La quatrième phase aurait émis, dans l'hypothèse d'une différenciation par gravité, des absarokites shoshonitiques [III.5.3.3 (4)] et des kivitoïdes [III.6.2.3 (4)].

TABLEAU N° 16. — LAVES DE LA QUATRIÈME PHASE.

a) Composition centésimale.

Oxydes	Éch. 110	Éch. 111	Éch. 121	Éch. 122
Si O <sub>2</sub> ... ..	45,16	46,24	46,89	45,73
Ti O <sub>2</sub> ... ..	3,70	3,62	2,02	2,77
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .. ...	12,47	14,41	12,60	10,90
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .. ...	6,70	5,16	6,14	8,21
Fe O ... ..	10,71	10,52	10,37	9,59
Mn O ... ..	0,23	0,22	0,22	0,17
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ... ..	0,68	0,55	0,27	0,40
Mg O ... ..	4,64	4,21	3,15	4,41
Ca O ... ..	9,71	9,44	10,61	10,28
Na <sub>2</sub> O .. ...	2,85	2,63	3,60	3,42
K <sub>2</sub> O ... ..	2,67	2,48	3,62	3,50
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> .. ...	0,20	0,28	0,28	0,32
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> .. ...	0,03	0,02	0,03	0,07
C O <sub>2</sub> ... ..	0,02	0,02	0,01	0,07
S O <sub>3</sub> ... ..	tr.	tr.	tr.	tr.
S .. ...	tr.	tr.	tr.	tr.
Cl . ... ..	tr.	tr.	tr.	tr.
Graph. . ...	0,00	0,00	0,00	0,00
Totaux ... ..	99,77	99,80	99,81	99,84
Densités ... ..	2,27	2,69	2,21	2,09
Analystes ... ..	G. VISEUR	G. VISEUR	G. VISEUR	G. VISEUR
N° bull. ... ..	62/1954	63/1954	2/1955	3/1955

## b) Composition minéralogique virtuelle.

	Éch. 110	Éch. 111	Éch. 121	Éch. 122	
Or ... ..	16,12	14,46	21,13	20,77	
Ab ... ..	18,08	22,01	8,91	10,95	
An ... ..	13,34	20,29	7,78	4,17	
Né ... ..	3,27	—	11,64	9,66	
Hal ... ..	—	—	—	—	
D {	Ca O . Si O <sub>2</sub> ... ..	12,64	9,51	17,98	18,33
	Mg O . Si O <sub>2</sub> ... ..	6,90	4,90	7,70	10,90
	Fe O . Si O <sub>2</sub> ... ..	5,28	4,36	10,30	6,46
Wo ... ..	—	—	—	—	
H {	Mg O . Si O <sub>2</sub> ... ..	—	0,70	—	—
	Fe O . Si O <sub>2</sub> ... ..	—	0,53	—	—
O {	2 Mg O . Si O <sub>2</sub> .. ..	3,22	3,43	0,14	0,07
	2 Fe O . Si O <sub>2</sub> ... ..	2,65	3,57	0,61	—
Ma ... ..	9,74	7,42	8,82	11,83	
Ilm ... ..	6,99	6,84	3,80	5,32	
Ap ... ..	1,68	1,34	0,67	1,01	
Ca ... ..	—	—	—	0,10	
H <sub>2</sub> O ... ..	0,23	0,30	0,31	0,39	
Totaux ... ..	100,14	99,66	99,79	99,96	

TABLEAU N° 17. — LAVES DE LA QUATRIÈME 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
110	III	5'	(2) 3	3 (4)	2 (3)	2	2'	3'	42
111	III'	5	3	3 (4)	2 (3)	2	2	3'	48
121	III	6	2	3 (4)	2	1	1 (2)	(3) 4	47
122	III	6	(1) 2	3 (4)	2'	1	'3	3	27

TABLEAU N° 18. — LAVES DE LA QUATRIÈME PHASE.

Paramètres de Niggli.

Paramètres	Éch. 110	Éch. 111	Éch. 121	Éch. 122
<i>si</i> .. ... ..	104	111	110	104
<i>al</i> .. ... ..	17	20	17,40	15
<i>fm</i> ... ..	49	46	42,50	47
<i>c</i> .. ... ..	24	24	26,60	25
<i>alk</i> ... ..	10	10	13,50	13
<i>c/fm</i> ... ..	0,49	0,52	0,63	0,53
<i>ti</i> .. ... ..	6,38	6,47	3,52	4,79
<i>mg</i> ... ..	0,30	0,33	0,26	0,32
<i>o</i> .. ... ..	0,24	0,20	0,25	0,29
<i>k</i> .. ... ..	0,38	0,38	0,40	0,40
<i>si'</i> . ... ..	140	140	154	152
<i>qz</i> . ... ..	-36	-29	-44	-48

## 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 <sub>2</sub> ... ..	46,33	46,43	43,98	45,76	44,86
Ti O <sub>2</sub> ... ..	3,22	3,17	3,00	3,21	3,05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	13,70	11,27	16,72	14,07	14,63
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ... ..	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 <sub>2</sub> O ... ..	2,77	2,77	2,60	2,52	2,42
K <sub>2</sub> O ... ..	2,57	2,62	2,82	2,90	2,82
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> ... ..	0,31	0,33	0,39	0,28	0,35
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> ... ..	0,04	0,04	0,47	0,09	0,05
C O <sub>2</sub> ... ..	0,00	0,01	0,05	0,11	0,04
S O <sub>3</sub> ... ..	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				
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 <sub>2</sub> ..	11,72	14,85	8,12	14,04	12,76
	Mg O . Si O <sub>2</sub> ..	5,90	8,10	7,00	6,50	6,70
	Fe O . Si O <sub>2</sub> ..	5,54	6,20	—	7,69	5,68
Wo .. ... ..	—	—	—	0,58	—	
H {	Mg O . Si O <sub>2</sub> ..	—	—	—	—	—
	Fe O . Si O <sub>2</sub> ..	—	—	—	—	—
O {	2 Mg O . Si O <sub>2</sub> ...	3,64	2,24	1,54	—	1,12
	2 Fe O . Si O <sub>2</sub> ...	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 <sub>2</sub> 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.

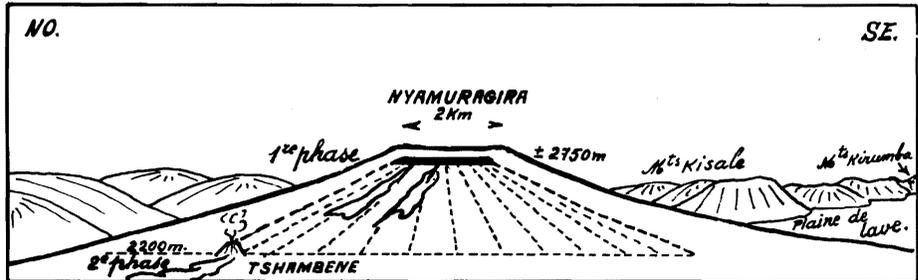


FIG. 18. — Éruption de 1938-1940.

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.

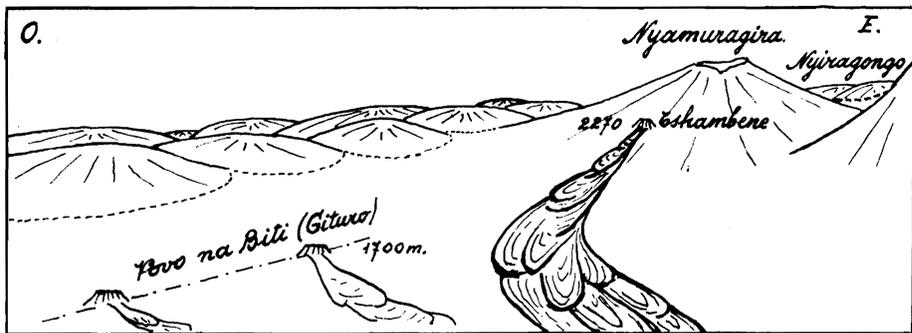


FIG. 19. — Éruption de 1948.

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).

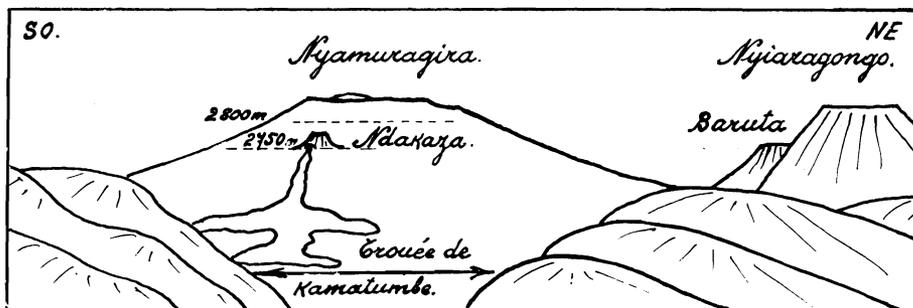


FIG. 20. — Eruption de 1951-1952.

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).

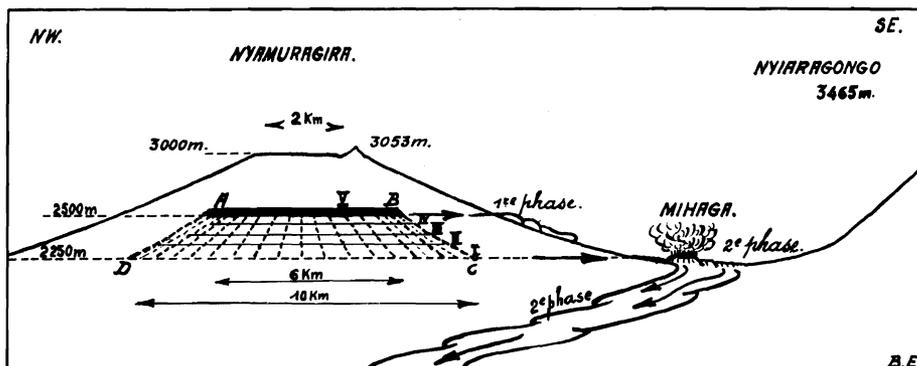


FIG. 21. — Éruption de 1954.

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.

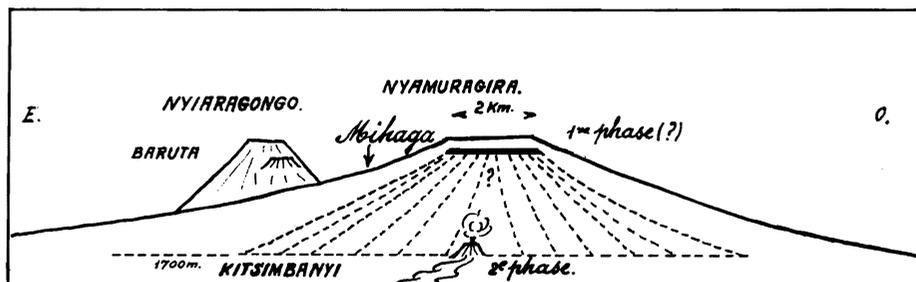


FIG. 22. — Éruption de 1958.

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 =  $460.10^6 \text{ m}^3$ .

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

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 <sub>2</sub> 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 <sup>re</sup> 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 O<sub>2</sub> 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 a v a n t 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 O<sub>2</sub> des laves.

Nyamuragira : 2.550 m. Teneur en Si O<sub>2</sub> : 48,77 % <sup>(5)</sup>.

Kliuchevsky : 4.800 m. Teneur en Si O<sub>2</sub> : 54,48 %.

b) Fixation de l'éruption à basse altitude avec la teneur minimale en Si O<sub>2</sub> des laves.

Nyamuragira : 2.250 m. Teneur en Si O<sub>2</sub> : 45,56 % <sup>(6)</sup>.

Kliuchevsky : 900 m. Teneur en Si O<sub>2</sub> : 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

<sup>(5)</sup> Moyenne du tableau n° 4.

<sup>(6)</sup> Moyenne du tableau n° 7.

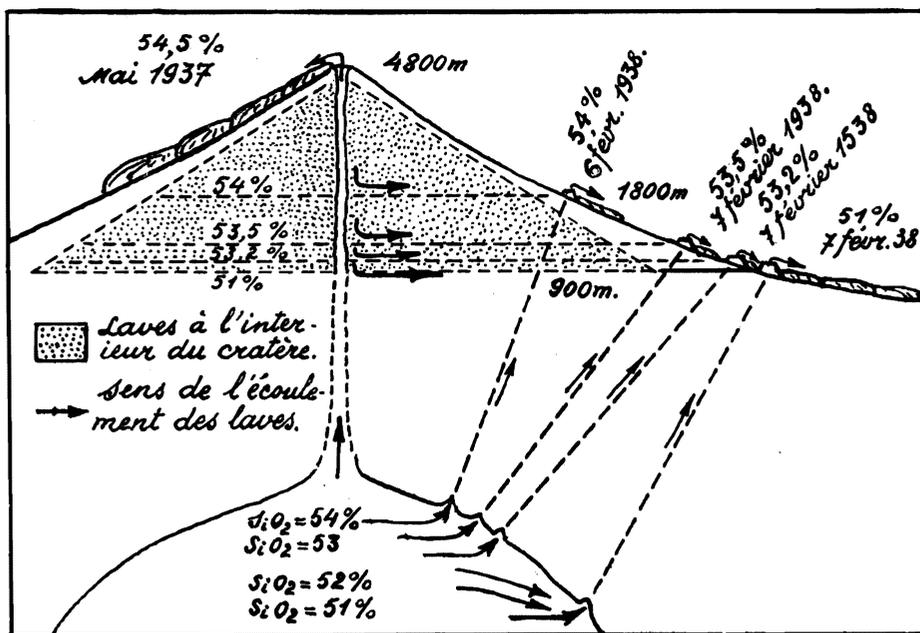


FIG. 23.

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 <sub>2</sub>	Remarques
Biliukai ... ..	900 m	51,03	1 <sup>re</sup> phase : Si O <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> maximale

On voit que l'évolution de la teneur en  $\text{Si O}_2$  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 <sup>re</sup>	2 <sup>e</sup>	3 <sup>e</sup>	Parox.	4 <sup>e</sup>	5 <sup>e</sup>
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 <sub>3</sub> ) ... ..	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 <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .. ... ..	15,19	14,72	11,92	11,92	12,59	14,08
% K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O ... ..	5,84	6,29	6,10	7,48	6,19	5,36
% Si O <sub>2</sub> ... ..	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: K<sub>2</sub>O + Na<sub>2</sub>O, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Si O<sub>2</sub>. 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  $\text{Ca SiO}_3$  du diopside et en  $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$  et minimales en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Le fait que la teneur en  $\text{Ca SiO}_3$  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  $\text{Ca SiO}_3$  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 :

$p$	$q$	$r$	$s$
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 %).

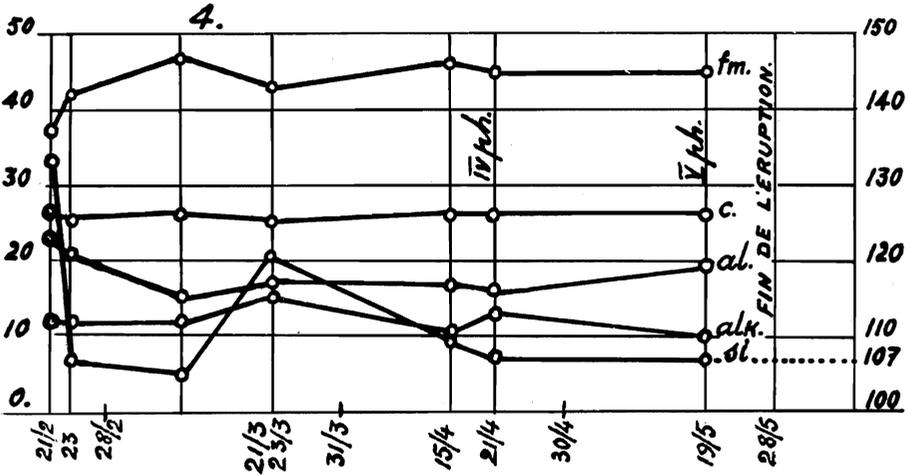


DIAGRAMME n° 4.

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  $\text{Na}_2\text{O}$  sur  $\text{K}_2\text{O}$  (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 :

$$\text{II à (II) III, } '5 \text{ à } 5, '3 \text{ à } 3(4), 3 \text{ à } 3(4).$$

La lave n° 14 a comme paramètres :

$$\text{II} . '5 . 3 . 3(4)$$

et la lave n° 18 a les suivants :

$$\text{II}' . '5 . 3(4) . 3.$$

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<sup>re</sup> 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 ( $<1.000^{\circ}\text{C}$ ),

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 <sub>2</sub> .....	51,70	Analyste : G. VISEUR. Bull. n° 26/1955. Ds. : 2,49.
Ti O <sub>2</sub> .....	0,75	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	35,81	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	3,31	
Fe O .....	1,91	
Mn O .....	tr.	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	0,07	
Mg O .....	0,11	
Ca O .....	0,21	
Na <sub>2</sub> O .....	2,35	
K <sub>2</sub> O .....	3,45	
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> .....	0,10	
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> .....	0,01	
C O <sub>2</sub> .....	0,03	
S O <sub>3</sub> .....	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 <sup>(8)</sup> .....	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.

---

<sup>(8)</sup> La formule de la cordiérite stable en présence du liquidus, dans le système ternaire Mg O — Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — SiO<sub>2</sub>, d'après W. SCHREYER et J.-F. SCHAIRER (1961), est : 2 Mg O.2 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.5 Si O<sub>2</sub>.

## 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 déliquescant 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<sup>os</sup> 126-125-134-133.(Carte n<sup>o</sup> 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<sup>o</sup> 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<sup>o</sup> 126) : dépôt grisâtre très homogène, granuleux et pulvérulent.

Température de prélèvement : 31° C.

Couche moyenne (éch. n<sup>o</sup> 125) : dépôt jaune blanchâtre, pulvérulent et très homogène.

Température de prélèvement : 85° C.

Couche inférieure (éch. n<sup>o</sup> 134) : dépôt mauve rougeâtre, pulvérulent, assez homogène.

Température de prélèvement : 90° C.

(Éch. n<sup>o</sup> 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<sup>o</sup> 23 (a et b).

TABLEAU N<sup>o</sup> 23 a. — Composition centésimale.

Oxydes	Éch. 126	Éch. 133	Éch. 125	Éch. 134
Si O <sub>2</sub> ... ..	69,21	37,92	59,29	36,87
Ti O <sub>2</sub> ... ..	4,04	3,46	4,30	3,59
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .. ...	0,70	12,94	0,50	8,14
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .. ...	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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ... ..	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 <sub>2</sub> O .. ...	0,23	2,01	0,39	0,54

Oxydes	Éch. 126	Éch. 133	Éch. 125	Éch. 134
K <sub>2</sub> O ... ..	0,27	2,64	0,48	1,92
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> .. ..	7,48	3,45	6,02	7,15
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> .. ..	4,86	1,26	4,28	2,51
C O <sub>2</sub> ... ..	tr.	0,00	tr.	0,00
S O <sub>3</sub> ... ..	2,63	6,87	12,66	21,66
S .. ..	7,16	0,00	4,48	n. d.
Cl <sup>-</sup> ... ..	0,29	0,76	0,33	0,86
Fl <sup>-</sup> ... ..	0,03	1,25	0,09	0,07
N H <sub>4</sub> <sup>+</sup> .. ..	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<sup>os</sup> 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 <sub>2</sub> ... ..	56,97	57,18
Ti O <sub>2</sub> ... ..	1,50	0,74
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	0,33	0,53
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .. ...	0,35	0,81
Fe O ... ..	n. d.	n. d.
Mn O ... ..	0,00	0,00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ... ..	0,22	0,25
Mg O ... ..	0,22	0,16

Oxydes	Éch. 131	Éch. 132
Ca O ... ..	10,86	10,46
Na <sub>2</sub> O ... ..	0,15	0,69
K <sub>2</sub> O ... ..	0,24	0,57
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> ... ..	9,97	8,04
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> ... ..	3,71	2,26
C O <sub>2</sub> ... ..	0,00	0,00
S O <sub>3</sub> ... ..	16,23	18,90
Cl <sup>-</sup> ... ..	0,22	0,18
S ... ..	0,00	0,08
F .. ... ..	0,04	0,04
N H <sub>4</sub> ... ..	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<sup>os</sup> 26, 154 ET NDAKAZA.(Cartes n<sup>os</sup> 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<sup>o</sup> 26 : Longues stalactites (des stalagmites existent également), prélevées à l'intérieur du cratère éphémère n<sup>o</sup> 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).

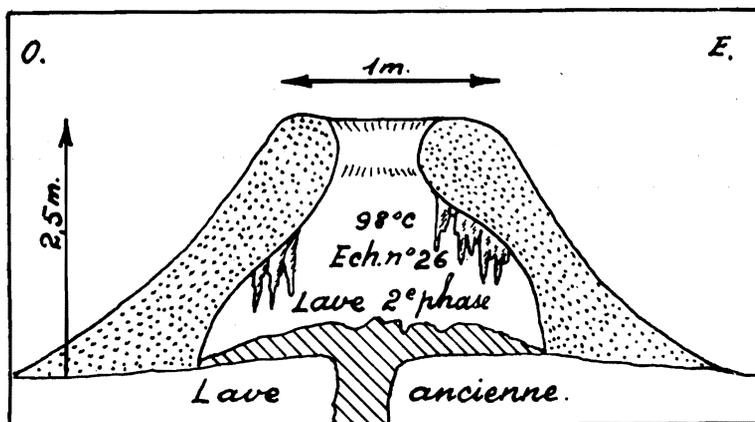


FIG. 24.

Coupe Ouest-Est du cratère éphémère n<sup>o</sup> 3 de la fracture majeure, zone nord.

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

Éch. n<sup>o</sup> 154 : Stalactites tapissant la surface interne de la voûte d'émission de lave de la cinquième phase (voir Photo n<sup>o</sup> 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.

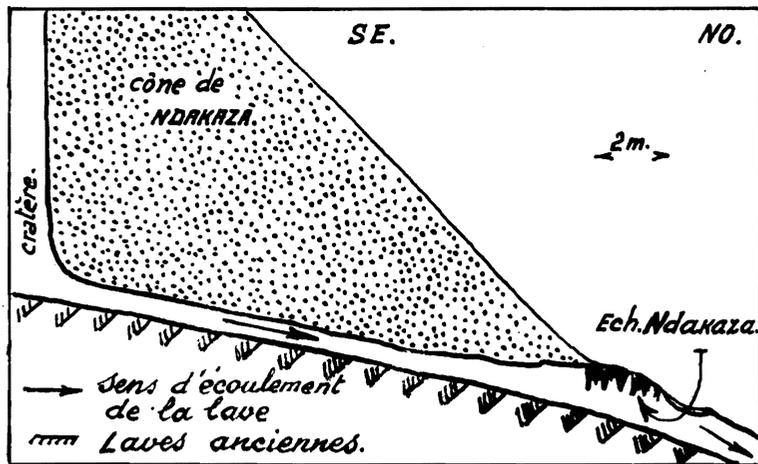


FIG. 25.

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 <sub>2</sub> ... ..	—	—	0,00
Ti O <sub>2</sub> ... ..	—	—	0,03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	—	—	0,22
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .. ..	Si O <sub>2</sub> + R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 2,77	—	1,73
Fe O ... ..	—	—	n. d.
Mn O ... ..	—	—	0,01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ... ..	—	—	0,75
Mg O ... ..	1,42	—	1,24
Ca O ... ..	0,51	0,47	0,11
Na <sub>2</sub> O ... ..	35,61	38,77	24,10
K <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> O <sup>+</sup> ... ..	—	0,00	0,00
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> ... ..	—	0,00	0,00
C O <sub>2</sub> ... ..	—	0,00	0,00
S O <sub>3</sub> ... ..	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 <sub>4</sub> ... ..	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 <sub>2</sub> ... ..	9,91	Éléments essentiels . ... ..	Na, K
Ti O <sub>2</sub> ... ..	0,42	0,2 à 0,1 % ... ..	Mg
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	1,30	0,1 à 0,05 % ... ..	Fe, Al
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	5,18	0,05 à 0,01 % .. ...	Ca
Mn O ... ..	0,01	0,01 à 0,005 % ... ..	Pb
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ... ..	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 <sub>2</sub> O ... ..	17,75	< 0,0005 % ... ..	Ag
K <sub>2</sub> O . ... ..	21,00		
S O <sub>3</sub> . ... ..	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  $S O_3$  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<sup>os</sup> 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<sup>o</sup> 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<sup>(9)</sup>. Un sublimé jaune recouvrait un sublimé rosâtre qui lui-

TABLEAU N<sup>o</sup> 27 a. — **Composition centésimale.**

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

(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  $SO_3^{--}$  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 :

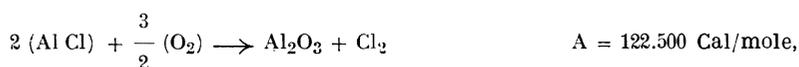
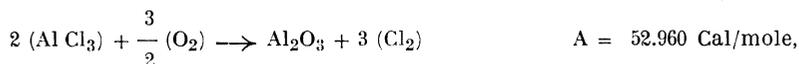
1° A très haute température (1.160° C, éch. n° 109, tabl. n° 27, a) le sublimé qui se dépose est caractérisé par une teneur très élevée en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (61,08 %) et en Ca O (9,68 %).

$\text{Na}_2\text{O}$  (6,63 %) et  $\text{K}_2\text{O}$  (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  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (affinités de réaction à 1.150° C, d'après O. KUBASCHEWSKI et E. EVANS, 1960) :



gaz            gaz            solide    gaz

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

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

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.

<sup>(10)</sup> Il est possible que  $\text{Al}_2\text{O}_3$  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  $\text{SO}_3$ .

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 <sup>(11)</sup>.

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  $\text{Al}_2\text{O}_3$  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 %
$\text{SO}_3$ . . . . .	35,76 %	54,47 %	54,81 %
Ca O ... ..	0,11 %	0,47 %	0,51 %
$\text{H}_2\text{O}$ . . . . .	—	0,00 %	0,00 %

Les sulfates anhydres se forment donc à 925° C.

Parmi ces sulfates figurent l'anhydrite ( $\text{CaSO}_4$ ) 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 ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) 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  $\text{SO}_3$  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  $\text{SO}_3$ ) 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  $\text{Al}_2\text{O}_3$  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 <sub>3</sub> .. .. .	18,90 %.
Cl .. .. .	0,18 %.
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> . . . . .	8,04 %.

Le gypse se forme donc à 115° C <sup>(12)</sup>.

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 <sup>(13)</sup>.

<sup>(12)</sup> DENAEYER, M. E. et LEDENT, D. (1952), p. 232.

<sup>(13)</sup> 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 F<sub>3</sub>) (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 NH<sub>4</sub>.

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		Gypse	-----		
Soufre				Aphthitalite			██████████	██████████	██████████
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 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (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 <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	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 <sub>2</sub> O	1,87	21,00	5,25	0,57	0,48	2,64	0,27
Na <sub>2</sub> 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 <sub>3</sub>	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.